

STEM-undervisning i gymnasiet:

Integration af fysik og matematik



Brian Krog Christensen,
Silkeborg Gymnasium

Abstract: I artiklen diskuteres begrebet STEM-undervisning, idet der argumenteres mod etablering af en forståelse af STEM-undervisning der er ekskluderende i forhold til mange praktisk gennemførlige og perspektivrige faglige samspil. Derpå præsenteres resultaterne af et femårigt udviklingsprojekt i gymnasiet, hvor fagene matematik C og fysik C forsøgsvis er blevet integreret i ét fag. Udviklingsprojektet viser at elevernes holdning og selvoplevede kompetence i forhold til matematik og fysik gennemgår en positiv udvikling i forbindelse med den fagintegrerede undervisning. Desuden er der klare indikationer på et øget læringsudbytte. Afslutningsvis anføres nogle perspektiver i forhold til at bygge videre på erfaringerne fra forsøget.

Hvad skal vi mene med STEM-undervisning?

Virkeligheden er ikke organiseret på samme måde som skolen. Langt hovedparten af undervisningen i fx gymnasiet foregår i lektioner der i skemaet er angivet som ét fag, fx biologi eller matematik. Men væsentlige, relevante og interessante problemer fra virkeligheden er typisk komplekse og kalder på flere fag. Et af de mest oplagte eksempler er det epokale nøgleproblem "klimaforandringer" der selvsagt – i en uddannelsessammenhæng hvor der sigtes mod elevens dannelse til ansvarlige, kritisk tænkende og aktivt kompetent handlende demokratiske borgere – med fordel kan analyseres og diskuteres med inddragelse af en mangfoldighed af fag dækkende samtlige fakulteter. Klimaforandringer er således et eksempel på det Pleasant kalder et "STEM-relevant problem" (Horst & Laursen, 2022), idet det rummer delproblemer relateret til både naturvidenskab (science), teknologi, engineering og matematik, samtidig med at det rummer etiske, økonomiske, sociale og politiske aspekter.

Det er meget ræsonnabelt at Pleasant argumenterer for at hvis STEM-undervisning skal forberede elever på at forholde sig kvalificeret til virkelighedens komplekse problemer, bør der lægges vægt på tilgange der også favner de dimensioner af problemerne der ikke rummes af STEM-fagene. Men det er vigtigt at være opmærksom på at der nogle gange i undervisningssammenhænge opstår problemer når gode og idealistiske idéer og intentioner møder hverdagen på skolerne. Pleasant argumenterer

for det første for en forståelse af STEM-undervisning der fordrer en grad af inddragelse af alle de tilgange der dækkes af de fire bogstaver i akronymet STEM. Den STEM-forståelse er i sig selv en udfordring ved praktisk afvikling af undervisningsforløb, og der er slet ikke enighed om en sådan definition af STEM-undervisning (Hjort et al., 2022). Nogle mener som Pleasant at alle fire discipliner skal involveres før man kan tale om STEM-undervisning, mens andre mener at to discipliner er tilstrækkeligt, og endelig er der for nogle et krav om inddragelse af matematik (Hjort et al., 2022). For det andet har det forholdsvist vidtrækkende konsekvenser hvis man på kvalificeret vis skal inddrage etiske, sociale, økonomiske og politiske aspekter i (de fleste) STEM-undervisningsforløb. For naturligvis kan en biologi- og en matematiklærer på et vist niveau inddrage eksempelvis en etisk perspektivering i forbindelse med et tværfagligt forløb i biologi og matematik. Men hvis de omtalte ikke-STEM-aspekter skal behandles kvalificeret og med passende dybde, kræver det typisk den faglige tyngde der besiddes af en lærer der er uddannet inden for etik, økonomi, politik osv. Dermed opererer Pleasant med en forestilling om STEM-undervisningsforløb der for at leve op til idealet involverer lærere og fag dækkende naturvidenskab, teknologi, engineering, matematik, humaniora og samfundsvidenskab. Det kan man med den nuværende gymnasieordning godt håndtere i praksis gennem helt særlige foranstaltninger, fx på en temadag. Men som målsætning for den almindelige og daglige undervisningspraksis er det nok urealistisk med de eksisterende rammer og bekendtgørelser på gymnasier. Dvs. at Pleasant opererer med en beskrivelse af "god og rigtig STEM-undervisning" som i realiteten rummer præmisser der er relativt ekskluderende i forhold til daglig undervisningspraksis.

Men er det ikke ligegyldigt hvilken definition og hvilke idealer man opstiller for STEM-undervisning? For med Pleasants forståelse af STEM-undervisning eller varianter af denne vil et tværfagligt forløb, der eksempelvis kun involverer fagene biologi og matematik, om fx COVID-19-pandemien blot ikke være i kategorien "god og rigtig STEM-undervisning". Men erfaringen tilsiger at man skal være varsom med betingelserne. Der er gennem tiden set mange eksempler på undervisningsforløb, eksamensspørgsmål, projektopgaver mv. hvor en del af indholdet har virket kunstigt påklistret, eller hvor der har manglet faglig dybde i behandlingen af visse aspekter fordi der har været (en oplevelse af) et krav om inddragelse af et bestemt sæt af perspektiver og fag eller en forestilling om at to eller flere fag skulle tillægges lige stor vægt. Dertil kommer at hvis den pågående diskussion om definitionen af STEM-undervisning fører til en forståelse af begrebet som ekskluderer forløb der ikke rummer alle fire discipliner i STEM – og måske ligefrem har inddragelse af flere andre fakulteter som betingelse – så risikerer man at ressourcerne til udvikling af STEM-didaktik, forsøgsprojekter i STEM-undervisning mv. ikke får den (forhåbentlig) fortjente mulighed for spredning til og påvirkning af den brede undervisningspraksis. Simpelthen fordi der

i en skolehverdag i praksis ofte vil være nogle begrænsninger når mange lærere skal samarbejde på tværs af fag og fakulteter.

Lad os fastholde idealet i undervisningen om at behandle komplekse, vigtige og for eleverne relevante problemer med inddragelse af flere discipliner, fag og fakulteter. Men lad os samtidig vælge en pragmatisk definition af STEM-undervisning der kan rumme at en sag behandles med inddragelse af fx kun to fag som matematik og biologi. Med en sådan forståelse af STEM-undervisning præsenteres i det følgende resultatet af et flerårigt STEM-udviklingsprojekt i gymnasiet baseret på et meget tæt samspil mellem fagene fysik og matematik.

FYMA – om integration af fagene fysik og matematik i gymnasiet

Gennem fire skoleår i perioden 2014-18 har fagene fysik C og matematik C for syv studieretningsklasser på Silkeborg Gymnasium som et forsøg været afviklet som et toårigt undervisningsforløb i ét integreret fag benævnt "FYMA". Dvs. i stedet for eksempelvis at have matematik C i 1. g og fysik C i 2. g har eleverne haft FYMA i både 1. g og 2. g.

Undervisningen i FYMA har foregået efter en forsøgslæreplan der integrerer læreplanerne for matematik C og fysik C. Kernestof og faglige mål for FYMA har således rummet indhold og mål for de to separate fag.

Undervisningen i FYMA har været forestået af lærere med undervisningskompetence i både fysik og matematik. Et forudgående pilotprojekt med en enkelt klasse, hvor to lærere underviste i henholdsvis fysik og matematik, indikerede at det er en fordel at læreren mestrer begge de fag der skal integreres. Dette er i overensstemmelse med forskning, som viser at praktisk integration af fag ofte begrænses hvis underviserne ikke har både faglig og pædagogisk-didaktisk viden om begge fag (Kurt & Pehlivan, 2013).

En mere uddybende præsentation af FYMA-forsøget findes i en tidligere artikel i MONA (Christensen, 2018).

Hvorfor FYMA?

De væsentligste årsager til iværksættelse af forsøget med integration af fysik og matematik:

1. En ikke ubetydelig del af de elever der vælger studieretninger med matematik og fysik på det laveste niveau, oplever i forbindelse med matematik C-undervisningen i 1. g faget som temmelig abstrakt og spørger ganske rimeligt: "Hvad skal vi egentlig bruge det her til?" Når de samme elever har fysik C i 2. g, hvor der med fordel kan trækkes på matematik C-kompetencerne fra 1. g, kniber det for en del elever

med at bringe grundlæggende færdigheder i spil. Ulriksen et al. (2009) fremhæver at det for elever med en såkaldt gymnasiefremmed baggrund, hvor ingen af forældrene har taget en gymnasial uddannelse, er særlig vigtigt at opleve relevans i undervisningen:

“Et væsentligt element er at give begrundelser for indholdet: Hvorfor skal man overhovedet lære det her?” (Ulriksen et al., 2009, s. 203).

“Et væsentligt punkt er altså at eksplicite målet med den konkrete opgave, dvs. hvad meningen er med arbejdet, og f.eks. hvordan sammenhængen er med andre fag” (Ulriksen et al., 2009, s. 205).

2. Ved integration af fagene kan man forvente en synergieffekt der medfører en styrkelse af elevernes faglige kompetencer. I fysik får man meget hurtigt brug for matematik, fx til kvantitative analyser i forbindelse med eksperimentelle undersøgelser osv. Forventningen var således at man kunne nå dybere ned i fysikken, samtidig med at eleverne reelt bliver bedre til matematik gennem en øget praktisk anvendelse og ved at åbne for en eksperimenterende tilgang til problemstillinger, fx i forbindelse med projektforbånd.
3. Gennem FYMA har man mulighed for at drage nytte af en række kendte fordele ved tværfaglig undervisning (Schnack, 1997). Tværfaglig undervisning kan fx være særlig *motiverende* ved at muliggøre en mere dækkende behandling af et virkelighedsrelevant tema, og fysik C rummer potentielt set en række af sådanne temaer, fx “musik og lyd” eller “klima”. Desuden kan det tværfaglige arbejde *reducere stof- og måltrængslen* ved at udnytte overlap mellem fagene mht. kompetencemål mv. Dertil kommer at den tværfaglige undervisning har potentiale til at *skabe sammenhæng* i et gymnasieforløb præget af mødet med mange forskellige lærere samt faglig og skemamæssig fraktionering.
4. Der var på gymnasiet en del lærere med undervisningskompetence i både fysik og matematik, hvoraf nogle – bl.a. med udgangspunkt i gode erfaringer fra fagintegration i forbindelse med det tidligere “naturfag”, der før 2005 integrerede fysik, kemi og matematik for sproglige studenter – havde lyst til at undersøge potentialerne i ovennævnte punkter og problemfrit kunne veksle mellem de to fag.

Evalueringsmetode

Forsøget med FYMA er blevet evalueret ved at eleverne i seks af de syv forsøgsklasser anonymt har besvaret to spørgeskemaer. Det første spørgeskema blev besvaret helt i begyndelsen af studieretningsforløbet, hvor FYMA-undervisningen blev iværksat,

og det har fungeret som en forundersøgelse der bl.a. bruges til at afdække elevernes forventninger til og tanker om det forestående fagintegrerede forløb. De samme seks klasser har halvandet år senere, altså umiddelbart før afslutningen af 2. g, besvaret et spørgeskema der har til formål at evaluere forløbet. Der har været henholdsvis 152 og 142 respondenter i de to spørgeskemaundersøgelser, svarende til svarfrekvenser på henholdsvis 82 % og 88 % i forhold til antallet af elever i de seks klasser på undersøgelsestidspunkterne. Desuden har alle de fem lærere der har undervist et eller to FYMA-hold i forsøgsperioden, gennem et spørgeskema karakteriseret forløbet og vurderet udbyttet heraf. Endelig er der foretaget en sammenligning mellem standpunktskaraktererne i FYMA og henholdsvis matematik C og fysik C for klasser med samme studieretning som nogle af FYMA-klasserne.

Hvordan foregik fagintegrationen?

Undervisningen i FYMA blev planlagt efter fagintegrerede mål der harmonerer med målene for de enkelte fag. Men kernestoffet for de to fag skulle stadig dækkes, så hvordan blev fagintegrationen håndteret i praksis? Der findes ikke i litteraturen en almindelig accepteret definition af integration mellem fysik og matematik, hvilket til dels afspejler at der ikke findes en veldefineret grænse mellem de to fag (Lederman & Niess, 1997, s. 57).

Loning opererer med følgende kategorisering af undervisningen (Loning & De-Franco, 1997):

1. Uafhængig matematik
2. Matematikfokus, hvor fysikbegreber anvendes til at støtte matematikbegreber
3. Balanceret matematik og fysik, hvor begreberne fra fysik og matematik integreres
4. Fysikfokus, hvor matematikbegreber anvendes for at støtte fysikbegreber
5. Uafhængig fysik.

I FYMA-forsøget har det mht. undervisningspraksis været op til de enkelte undervisere at sammentænke fagene. Der har således ikke været en bestemt model for undervisningen som er blevet fulgt på de syv FYMA-hold. Det betyder at det i forhold til Lonings kategorisering har været muligt for lærerne at veksle mellem forskellige grader af fagligt samspil. Baseret på et indgående kendskab til begge fag har lærerne gjort det der for dem føles mest naturligt. Eleverne har typisk ikke fået at vide at "nu arbejder vi med noget der er mest fysik" osv. For eleverne har det "bare" været FYMA-undervisning. Men selvom det ikke har været et mål i sig selv, har eleverne naturligvis været i stand til at identificere en række af undervisningsaktiviteterne som enten fysik- eller matematikorienterede.

Lærerevalueringen viser at de fem undervisere har afviklet forløb der dækker over alle Lonings kategorier, idet hovedvægten har været på kategorierne 2, 3 og 4. Det typiske har således været at der ikke er blevet lagt vægt på "rene" fysik- eller matematikforløb. To af lærerne beskriver praksis således:

"Typisk integreres fagene ved at man har et fysikfagligt tema der med fordel kan behandles efter indførelse af en række matematiske begreber. Når matematikken er på plads, kan den så anvendes til databehandling, løsning af opgaver mv." (Lærer 3).

"Jeg har ikke ofte introduceret nye begreber i både matematik og fysik på samme tid – men haft noget nyt i det ene fag og så udvidet eller gentaget tidligere materiale fra det andet fag." (Lærer 5).

Eksempel på aktivitet i FYMA-undervisningen

I matematiklærerplanen spiller matematisk modellering en central rolle, idet matematik C-læreplanen, der var integreret i FYMA-læreplanen, rummer krav om behandling af lineær og eksponentiel sammenhæng samt potenssammenhæng. Fysiklæreplanen foreskriver at eleverne bl.a. skal arbejde med energiformer og energiomsætninger.

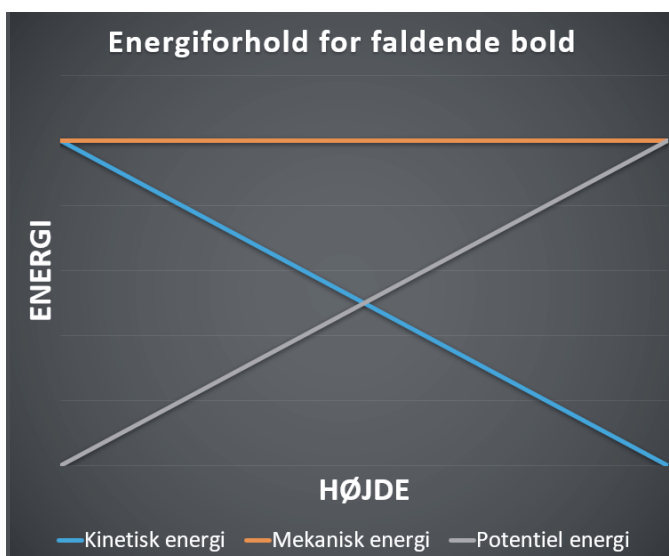
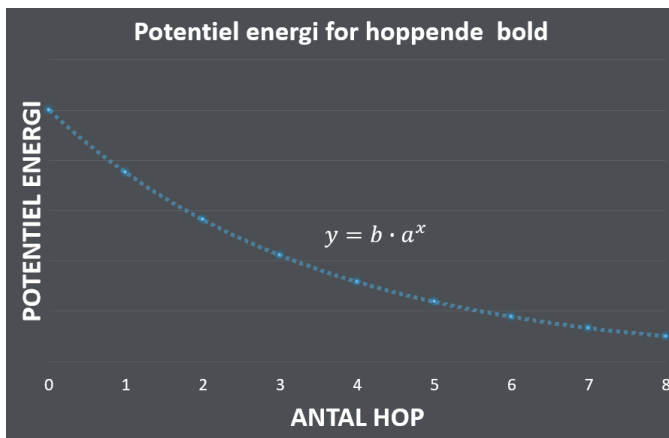
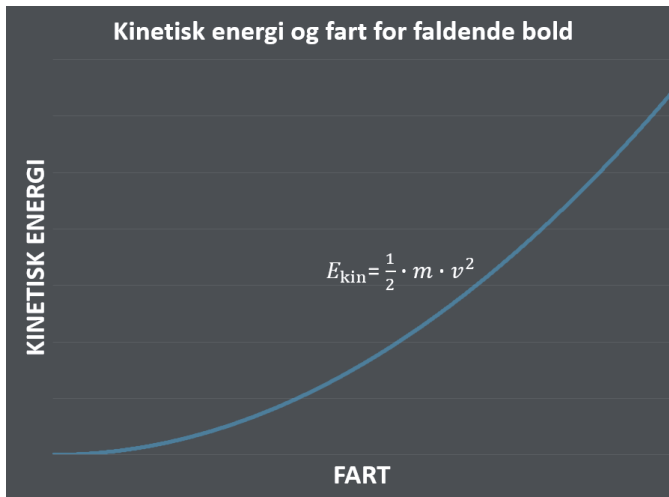
Et simpelt forsøg hvor eleverne eksperimentelt undersøger energiforholdene i forbindelse med en bold der falder til jorden og hopper nogle gange, kan bruges til at arbejde med en række elementer af ovennævnte fagområder, hvilket er illustreret på figur 1.

Betydning af fagintegrationen

Hvilken betydning har fagintegration mellem matematik og fysik for elevernes læring, interesse for fagene og holdning til at sammentænke fagene som i FYMA? Svarene på de forskellige kategorier i det spørgsmål er helt givet ikke uafhængige af hinanden. For hvis man gennem fagligt samspil kan øge elevernes interesse og oplevelsen af relevans, vil en øget motivation kunne fremme såvel læring som en positiv vurdering af netop det faglige samspil.

Ifølge Becker medfører integration af matematik i naturfagsundervisning en forbedring af elevernes oplevelse af matematikkens relevans:

"Integration af matematik med science, teknologi og engineering (STE) giver elever en sammenhæng hvori de kan danne meningsfyldte forbindelser mellem matematik og STE-fag. Matematik er allerede til stede i STE, og integrerende tilgange kan bygge bro mellem abstrakte matematikbegreber og praksis i STE" (Becker & Park, 2011, s. 25, egen oversættelse).



Figur 1. Ved analyse af energiforhold for en hoppende bold kan anvendes lineær sammenhæng (inkl. ligefrem proportionalitet og konstantfunktion), potenssammenhæng og eksponentiel sammenhæng.

En del elever kommer på gymnasiet med den opfattelse af sig selv at de grundlæggende er dårlige til matematik. De har gennem uheldige oplevelser med matematik fået etableret et selv billede hvor de føler sig dumme til matematik (Ulriksen et al., 2014, s. 66). Boaler er på linje hermed i beskrivelsen af matematikkens tilbøjelighed til negativ påvirkning af elevernes tro på egne evner:

“Matematik har, mere end noget andet fag, magten til at knuse elevernes gejst. Når elever får den idé at de ikke kan finde ud af matematik, opretholder de ofte resten af livet et negativt forhold til matematik” (Boaler, 2016, s. x og xii, egen oversættelse).

Det kan således være væsentligt at få styrket elevernes self-efficacy, og i den forbindelse kan elevers oplevelse af nytte og interesse være betydningsfuld. Undersøgelser viser nemlig at der er en gensidig positiv påvirkning mellem interesse og self-efficacy, og at denne kobling er særlig stærk inden for naturfagene og matematik (Bong et al., 2015).

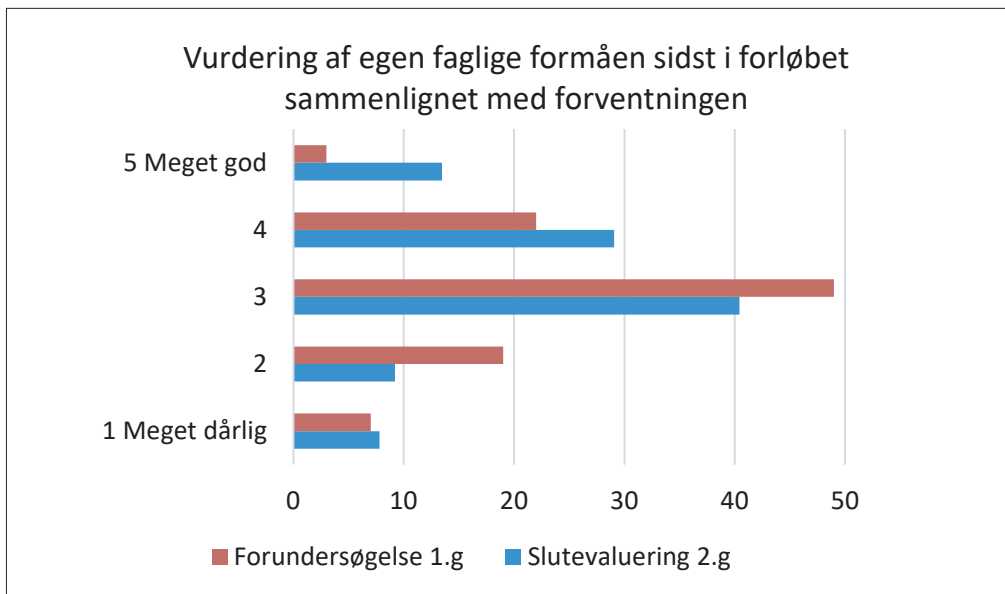
Næsten alle (89 %) af de elever der har haft FYMA, tilkendegiver at de opfatter matematik som et nyttigt redskab til at forstå og beskrive naturfænomener i fysik. Og eleverne oplever at fagene har gensidig gavn af hinanden, idet 64 % af eleverne mener at de bliver bedre til matematik ved at bruge det i fysikfaglige sammenhænge, mens 24 % af eleverne ikke oplever at blive bedre til matematik. Mange elever giver udtryk for at det faglige samspil giver mening for dem:

“Jeg synes det fungerer rigtig godt, til trods for at de naturfaglige fag ikke er min spidskompetence. Jeg finder det rigtig svært, men at bruge matematikken i praksis gør det for mig mere relevant, og det hjælper mig med at bevare fokus, til trods for at jeg er i den dårligere ende i klassen. Dog er der stadigvæk mulighed for at klare sig godt når man fx som mig forstår sig godt på astronomi. Matematikken bliver derfor nemmere at forstå, da den bliver koblet på konkrete eksempler og muligheder.” (Elev).

Det eksperimentelle arbejde med efterfølgende matematisk analyse har et særligt potentiale som fagintegrerende og relevansskabende element, og eleverne har en meget positiv opfattelse af det eksperimentelle arbejde i FYMA, idet kun 6 % udtrykker sig negativt derom.

En betydelig del af eleverne i FYMA-forsøgsklasserne har absolut ikke fysik og matematik som deres foretrukne fag. Dette kommer fx til udtryk ved at omkring 20 % af eleverne i både forundersøgelse og slutevaluering tilkendegiver at de ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet. Det afspejler bl.a. at det særligt i forhold til matematik er velkendt at en del elever gennem grundskolen har mistet troen på egen formåen (Ulriksen et al., 2014), og analysen viser da også at

særligt elever der har svært ved fagene fysik og matematik, foretrækker at de ikke er obligatoriske. Men en del elever tilkendegiver at det faktisk er gået bedre fagligt i FYMA end de forventede ved indgangen til forløbet. Udviklingen i elevernes oplevelse af egen formåen er illustreret på figur 2. Svarene kan tolkes således at 26 % af eleverne ved begyndelsen af FYMA-forløbet havde en lav self-efficacy, og at denne andel gennem forløbet reduceres betydeligt, samtidig med at andelen af elever med tiltro til egne evner i forhold til fysik og matematik vokser fra 25 % til 42 %.



Figur 2. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar på spørgsmålet “Hvor god tror du at du vil være til at klare de faglige krav i fysik og matematik (FYMA)?” i begyndelsen af 1. g og spørgsmålet “Hvor god synes du at du har været til at klare de faglige krav i fysik og matematik (FYMA)?” sidst i 2. g.

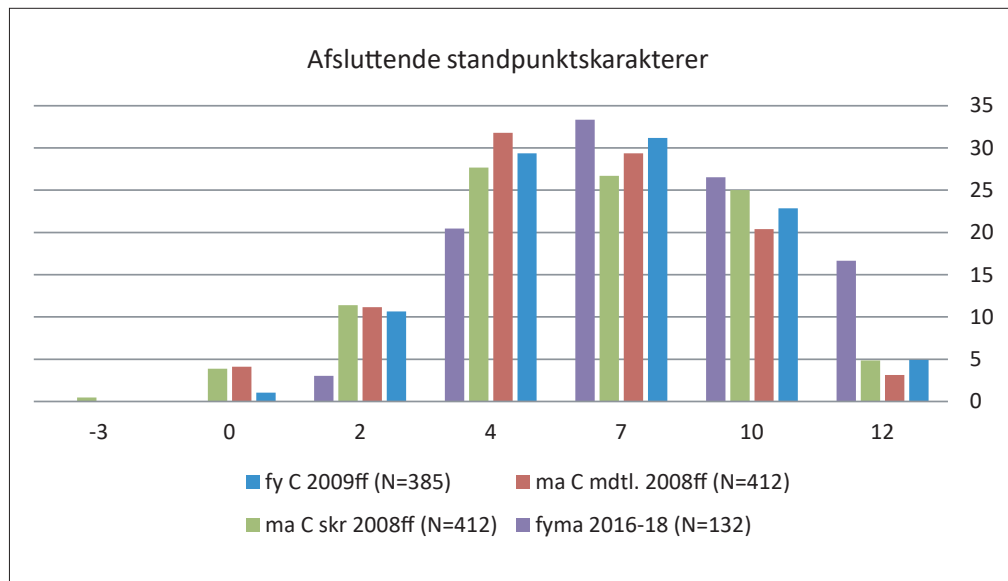
Lærerne der har været involveret i forsøget, er enige i elevernes vurdering af at de faglige resultater er gode. Det er ikke overraskende, idet udviklingen i elevernes oplevelse af egen faglige formåen naturligvis delvist afspejler lærernes signaler, fx i form af karakterer. Lærerne vurderer generelt at elevernes typiske faglige udbytte gennem et toårigt FYMA-forløb øges i forhold til de faglige mål for både fysik C og matematik C, når de sammenligner med undervisning i etårige forløb i henholdsvis fysik C og matematik C. Et eksempel på et lærerudsagn:

“Det er fx nemmere for eleverne at skulle tænke kritisk over en model, hvis den er lavet over egne data – og her reflektere over måleusikkerheder og fejlkilder.” (Lærer 4).

FYMA-forsøget har omfattet 132 elever med studieretningsfagene musik A og engelsk A (60 elever) eller engelsk A, samfundsfag B og psykologi B (72 elever). Eleverne har været fordelt på fem klasser. Figur 3 viser en sammenligning af de afsluttende standpunktskarakterer i FYMA for disse 132 elever og de afsluttende standpunktskarakterer i hvert af fagene fysik C og matematik C for de ca. 400 elever der har haft samme studieretningsfag i perioden 2008-15. Kernestoffet for FYMA er identisk med kernestoffet i fysik C og matematik C, og de faglige mål i FYMA-læreplanen afspejler ret præcist de faglige mål i de separate læreplaner. Det er fx de samme faglige begreber som eleverne skal kende og være i stand til at anvende. Tilsvarende skal eleverne fx i FYMA, som ved fysik C, kunne lave en eksperimentel undersøgelse med en efterfølgende matematisk analyse af data. Men hvis undersøgelsen af data fx giver anledning til opstilling af en eksponentiel model, kan der i FYMA laves en matematisk efterbehandling der normalt ikke ville indgå i fysik C-undervisningen, men som kan rummes inden for rammerne af matematik C. Når læreren skal vurdere eleven i form af en FYMA-karakter, sker det på samme grundlag som ved karaktergivning i henholdsvis fysik C og matematik C, idet læreren med sit kendskab til begge fag kan vurdere graden af målopfyldelse i forhold til hvert af de to fag. På den baggrund vurderes det rimeligt at sammenligne det faglige udbytte af FYMA på den ene side og fysik C og matematik C på den anden side gennem de opnåede karakterer. Dog må det konstateres at FYMA er en anden ramme for arbejdet med udvikling af elevernes fysik- og matematikkompetencer, og det kan give en vis forskydning af vægtingen af forskellige indholdselementer i forhold til undervisning i de separate fag. Det mest markante er formodentlig den øgede brug af tal- og symbolbehandling i tilknytning til fysiske problemstillinger. Det kan ikke udelukkes at den mulige forskydning kan influere lidt på karaktergivningen.

Fordelen ved at vurdere elevernes faglige udbytte af fagintegration gennem standpunktskaraktererne er at disse fremkommer som resultat af en længerevarende og mangefacetteret proces der giver lærerne mulighed for at vurdere eleverne i forhold til en bred vifte af kompetencer. Standpunktskarakteren afspejler således både elevernes forståelse af (tvær)faglige begreber, elevernes evne til at anvende disse i analysen af forskellige problemstillinger, elevernes kompetencer mht. empirisk arbejde, elevernes evne til faglig formidling og perspektivering osv. Standpunktskaraktererne udgør således et kvantitativt mål for elevernes læring der ikke blot er et nedslag på ét (tvær) fagligt emne, som det typisk er tilfældet ved en mundtlig eksamen. Af figur 3 fremgår det at eleverne opnår højere karakterer i FYMA end i henholdsvis fysik og matematik. Gennemsnittet for mundtlige og skriftlige karakterer i matematik C er henholdsvis 6,0 og 6,3, mens gennemsnittet for fysik C er 6,4. Dette karakterniveau afspejler klart at eleverne på de angivne studieretninger typisk har relativt svært ved at nå de faglige mål i fysik og matematik. Gennemsnittet for FYMA-karaktererne er 7,9. Karakterløftet er statistisk signifikant og afspejler at lærerne vurderer at eleverne faktisk i højere grad når de

faglige mål gennem FYMA. Det kan fx være at den tværfaglige ramme har medvirket til at elevernes evne til at tolke og diskutere matematiske modeller er blevet styrket. Men der må naturligvis tages forbehold for den bias der kan være hos lærere der deltager i et udviklingsprojekt med forventninger om gode faglige resultater. Dog er forskellen så markant at der med rimelighed kan konstateres en vis positiv læringseffekt.

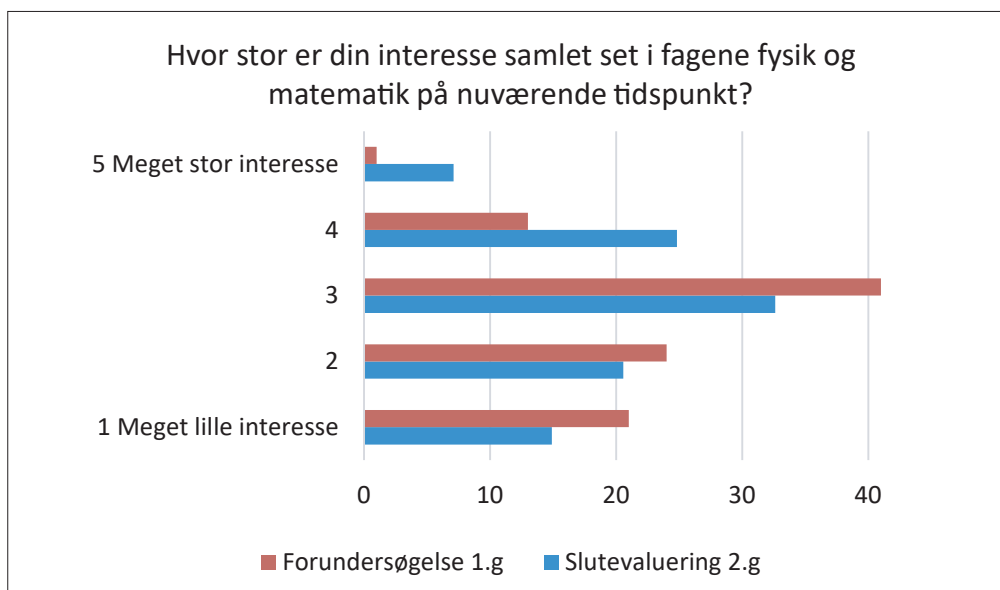


Figur 3. Sammenligning mellem FYMA og fysik og matematik af den procentvise fordeling af afsluttende standpunktskarakterer (årskarakterer) for elever med studieretningsfagene musik A og engelsk A samt engelsk A, samfundsfag B og psykologi B. I matematik C får eleverne både en skriftlig (skr.) og en mundtlig (mdtl.) standpunktskarakter.

En betydelig del af eleverne tilkendegiver at de gennem FYMA-forløbet har fået styrket deres interesse for fysik og matematik, mens en lille del (16 %) har fået reduceret interessen for fagene. Nettoresultatet af udviklingen i interessen fremgår af figur 4.

Den positive udvikling afspejler at blot 17 % af eleverne giver udtryk for at der i FYMA er arbejdet med uinteressante emner. Elever der ikke mener at fysik og matematik skal være obligatoriske fag i gymnasiet, er ikke overraskende overrepræsenteret i gruppen med reduceret interesse. En elev beskriver udviklingen således:

“Jeg synes det er meget federe at have det som et samlet fag. Jeg har oplevelsen af at begge fag hver for sig for mig ikke har skabt meget interesse eller været specielt spændende i folkeskolen samt på grundforløbet. Men ved at slå dem sammen har de suppleret hinanden på en positiv måde og øget min interesse for begge fag, og det er blevet mere overskueligt af at de har været ét fag.” (Elev).



Figur 4. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet “Hvor stor er din interesse samlet set i fagene fysik og matematik på nuværende tidspunkt?”.

Kan fagintegration anbefales?

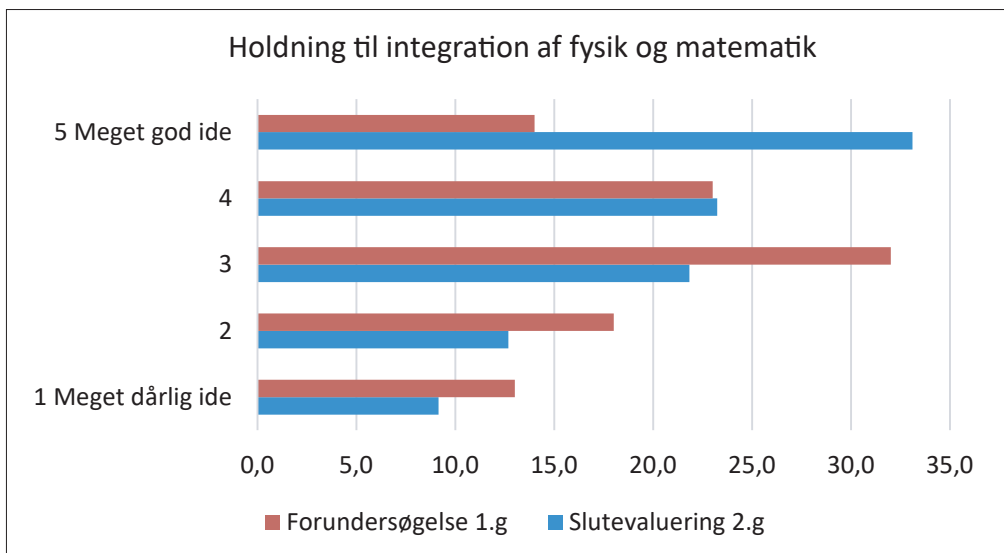
Der er naturligvis elever der er skeptiske i forhold til at møde et helt nyt fag som FYMA, og selvom det ikke er målet (og måske slet ikke er muligt) at eleverne skal kunne skelne fysik- og matematikdelen af FYMA fra hinanden, er der elever der er utrygge ved fagintegrationen. I et pilotprojekt til det omtalte forsøg med FYMA blev de to fag integreret uden at sigte mod en fagintegreret eksamen. Baggrunden herfor var at Undervisningsministeriet i første omgang godkendte ansøgningen om fagintegreret undervisning, men ikke ansøgningen om en fagintegreret eksamen. Dette medførte at eleverne både i forbindelse med den daglige undervisning og i evalueringen udtrykte et klart behov for svar på spørgsmålet: “Hvilket fag er det vi arbejder med nu?” Spørgsmålet er på linje med det indtryk man nogle gange får både i og uden for uddannelsessystemet – nemlig at overskriften i forbindelse med en undervisningsaktivitet er vigtig. Men det er (naturligvis) ikke betegnelser som “matematik” eller “fysik” der er væsentlige – det er derimod de kompetencer eleverne udvikler, og disse kan ofte ikke blot tilskrives ét fag.

Pilotprojektet illustrerede det velkendte forhold at eksamen med fordel kan indrettes så den afspejler den ønskede daglige undervisningspraksis, idet den ellers vil have en negativ tilbagevirkning på praksis.

Langt de fleste elever vurderer fagintegrationen i FYMA positivt. Fx skriver en elev:

“Jeg synes at FYMA har været et oplagt fag for os i forhold til vores studieretning, da vi har både matematik og fysik på C-niveau. På vores studieretning har vi et ry for at være knap så gode til matematik, så derfor er det jo en gave for os have matematik over to år, men stadig på C-niveau – og så endda med brug af fysikken indblandet i faget. Genialt! Vi lærer at tænke langt bredere end bare $2 + 2 = 4$ – nu kan vi også hive eksempler fra fysikken frem og dermed få et langt større visuelt billede af det.” (Elev).

Når man sidst i 2. g spørger eleverne om de foretrækker et fagintegreret FYMA-forløb frem for enkeltfaglige forløb i fysik og matematik, er langt flere positive over for idéen end det modsatte, idet 55 % er tilhængere, mens 21 % er modstandere. I gruppen af modstandere er der en overrepræsentation af elever der slet ikke synes at de skal undervises i fysik og matematik. Der er desuden, ikke overraskende, en stærk korrelation mellem elevernes FYMA-karakter og holdningen til sammenlægningen, idet elever med en høj karakter har den mest positive indstilling. Figur 5 viser at eleverne sidst i FYMA-forløbet har en væsentlig mere positiv vurdering af integrationen af de to fag end i begyndelsen af det næsten toårige forløb.



Figur 5. Sammenligning af den procentvise fordeling af elevernes svar i forundersøgelse og slutevaluering på spørgsmålet “Er det en god idé at slå undervisningen i fysik og matematik sammen i faget FYMA?”.

Lærerne der har undervist i FYMA, er enige i elevernes positive vurdering af fagintegrationen og anbefaler at der på baggrund af forsøgserfaringerne arbejdes på at gøre det muligt at udbyde FYMA i stedet for separat undervisning i fysik C og matematik C. En lærer udtrykker sig bl.a. således i vurderingen af synergien mellem fagene:

“Matematik på C-niveau har godt af at blive konkretiseret, og der er fysik jo en evig kilde til konkrete eksempler på de abstrakte potensfunktioner og trekantsberegninger der for nogle elever ofte bliver indholdsløse “stiløvelser” i ren matematik.” (Lærer 2).

En anden af FYMA-lærerne fortæller:

“En gruppe af mine dygtige FYMA-elever valgte i 3. g at hæve matematik til B-niveau ved at have matematik B som valgfag. Et stykke inde i 3. g var jeg vikar for matematik B-valgholdet, og i den forbindelse gav flere af de tidligere FYMA-elever udtryk for at de savnede den stærke kobling som de kendte fra FYMA, mellem emnerne i matematik, aktuelt på det tidspunkt differentialregning, og virkeligheden.” (Lærer 1)

Konklusion og perspektiv

FYMA-udviklingsforsøget indikerer klart at der kan være et motivations- og læringsmæssigt perspektiv i at integrere fagene fysik C og matematik C. Men siden forsøget blev afviklet, er der gennemført en gymnasiereform der med elevernes fordeling på studieretninger indebærer at en meget lille andel af eleverne har matematik på C-niveau. Så selvom fysik C stadig er et obligatorisk fag, vil udvikling af et integreret fysik-matematikfag på basis af fysik C og matematik C blot være relevant for de ca. 2 % af STX-eleverne der har en fagsammensætning præget af sprogfag.

En del af de elever der har et anstrengt forhold til matematik og naturvidenskab, og som før 2017-reformen befandt sig på en studieretning med matematik C, vælger nu en studieretning hvor der indgår matematik på B-niveau. Det er fx studieretningerne samfundsfag A og engelsk A samt musik A og engelsk A. I forhold til matematik B på STX har det helt givet været medvirkende til at forstærke de lærings- og motivationsmæssige udfordringer der er konstateret i matematik i forbindelse med gymnasiereformen. Men udfordringerne i forhold til matematik begrænser sig ikke til matematik B på gymnasiet. Der opleves ligeledes en række udfordringer i grundskolen og på erhvervsuddannelserne samt ved overgangen mellem forskellige uddannelsesstrin, fx ved overgangen mellem gymnasiet og de videregående uddannelser. Børne- og undervisningsministeren har derfor nedsat en ekspertgruppe med repræsentanter fra grundskolen, erhvervsuddannelserne, gymnasiet, universiteterne og professionshøjskolerne. Ekspertgruppen, hvori undertegnede indgår, har haft til opgave at kortlægge udfordringerne i forhold til matematik samt fremsætte en række forslag til tiltag der kan imødekomme disse. Ekspertgruppen konstaterer bl.a. at der på alle uddannelsesområder er udfordringer i forhold til elevernes basale matematikfærdigheder, særligt inden for aritmetik og algebra, samt i forhold til at etablere en matematikundervisning der er motiverende for eleverne, og som giver eleverne en oplevelse af at de kan mestre matematik.

For at imødekomme udfordringerne anbefaler ekspertgruppen (BUVM, 2022) bl.a. at der på gymnasieniveau iværksættes et udviklingsarbejde med fokus på hvordan matematisk modellering, gerne med fokus på både anvendelsesorientering og samspil med andre fag, kan bruges til at løse virkelige problemer. Desuden anbefaler ekspertgruppen, bl.a. med udgangspunkt i erfaringerne fra FYMA-udviklingsprojektet, at der oprettes en forsøgsordning for udvalgte STX-klasser, hvor fysik C og matematik B integreres i ét nyt samlet fag, og hvor eksamen i det integrerede fag afspejler at eleverne er undervist i ét fag. Anbefalingerne afspejler en overbevisning om at der kan være motivations- og læringsmæssige gevinster at hente ved i endnu højere grad at hente virkeligheden ind i skolen – og ved at bevæge sig ud af undervisningslokalet.

Referencer

- 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(5-6), s. 23-37.
- Bong, M., Lee, S.K. & Woo, Y.-K. (2015). The Roles of Interest and Self-Efficacy in the Decision to Pursue Mathematics and Science. Kapitel 2 i: A. Renninger, M. Nieswandt & S. Hidi (red.), *Interest in Mathematics and Science Learning*. American Educational Research Association.
- BUVM (2022). *Fælles udvikling af matematik – ekspertgruppe for matematik*. Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/aktuelt/pdf22/sep/220919-rapport-faelles-udvikling-af-matematik.pdf>.
- Christensen, B.K. (2018). FYMA – om integration af to fag. *MONA*, 2018(3).
- Horst, S. & Laursen, K.B. (2022). Hvordan kan STEM-undervisning håndteres? *MONA*, 2022(2).
- Hjort, M.F., Kristensen, M.L.A., Larsen, D.M. & Seidelin, L. (2022). STEM-didaktik – et internationalt, systematisk review om STEM-undervisningens didaktik. *MONA*, 2022(1).
- Kurt, K. & Pehlivan, M. (2013). Integrated Programs for Science and Mathematics: Review of Related Literature. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(2), s. 116-121.
- Lederman, N.G. & Niess, M.L. (1997). Integrated, Interdisciplinary, or Thematic Instruction? *School Science and Mathematics*, 97(2), s. 57-58.
- Loning, R.A. & DeFranco, T.C. (1997). Integration of Science and Mathematics: A Theoretical Model. *School Science and Mathematics*, 94(2), s. 212-215.
- Schnack, K. (1997). Hvorfor tværfaglighed? I: B. Knudsen & S. Larsen (red.), *Tværfaglighed på vej*. Alinea.
- Ulriksen, L., Murning, S. & Ebbensgaard, A.B. (2009). *Når gymnasiet er en fremmed verden*. Samfundslitteratur.