

Undersøgellesbaseret undervisning: 6F-modellen – dens tilblivelse og udvikling i Danmark



Lene Møller Madsen,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik, Kbh.
Universitet



Robert Evans,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik, Kbh.
Universitet



Jesper Bruun,
Institut for
Naturfagernes
Didaktik,
Kbh.
Universitet

Abstract: Denne artikel giver et indblik i hvordan undervisere kan tilrettelægge og gennemføre undersøgellesbaseret undervisning inden for naturfagene. Artiklen baserer sig på vores anvendelse af 6F-modellen i den naturfagsdidaktiske undervisning for kommende gymnasielærere vi er involveret i på Københavns Universitet. Vi beskriver udviklingen og brugen af 6F-modellen samt udfolder og didaktisk begrunder et konkret eksempel på et 6F-forløb målrettet fagene naturvidenskabeligt grundforløb og biologi. Med artiklen ønsker vi at øge kendskabet til 6F-modellen, dels for at kvalificere dialogen om undersøgellesbaseret undervisning og dels for at udbrede anvendelsen af undersøgellesbaseret undervisning i ungdomsuddannelserne.

Introduktion

Hvorfor er man egentlig begyndt at male tagene i New York hvide? Sådan kan indledningen til et undersøgellesbaseret forløb i naturvidenskabeligt grundforløb (NV) lyde på et af landets stx-gymnasier. I hvert fald hvis læreren har taget et af de fagdidaktiske kurser som vi på Institut for Naturfagernes Didaktik (IND) gennem de sidste 12 år har udbudt. På disse kurser anvender vi 6F-modellen som vi sammen med de studerende har udviklet og forbedret løbende gennem årene – hele tiden med udgangspunkt i den internationale forskning om undersøgellesbaseret undervisning (Inquiry Based Science Education, IBSE).

Med denne artikel vil vi gerne give et nuanceret indblik i 6F-modellen, samt hvordan den skal forstås og bruges – en viden der os bekendt tidligere udelukkende har været beskrevet dels i vores studerendes bachelor- og specialeprojekter (se referencelisten) og dels i enkelte publikationer hvor der trækkes på beskrivelserne af 6F-modellen i de studerendes projekter (fx Frisdahl, 2014). Derudover er det et stort ønske for os gennem artiklen at øge kendskabet til 6F-modellen der dels kan kvalificere dialogen

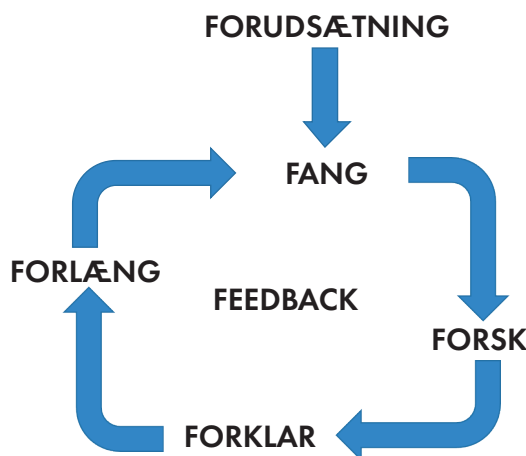
om undersøgelserbaseret undervisning, dels udbrede kendskabet til og anvendelsen af undersøgelserbaseret undervisning i ungdomsuddannelserne.

Vi starter med at beskrive 6F-modellen, dens enkelte faser og sammenhænge mellem dem. Kernen i artiklen er dens beskrivelse af og læringsmæssige argumentation for et 6F-forløb omhandlende spørgsmålet: Hvordan fanger en frø sin føde? Dette udfoldede eksempel har til hensigt at give konkret indsigt i hvilke rammer 6F-modellen giver for et undersøgelserbaseret undervisningsforløb. Efterfølgende beskriver vi det internationale udgangspunkt for 6F-modellen, dens relation til læringsteorier og begrundelser. Afslutningsvis diskuterer vi modellens anvendelse på ungdomsuddannelserne.

6F-modellen og dens enkelte faser

6F-modellen er en undervisningsmodel, altså en model man kan bruge til at planlægge, organisere og dokumentere sin undervisning. Modellen har 6 faser som vi kalder Forudsætning, Fang, Forsk, Forklar, Forlæng og Feedback, deraf navnet 6F-modellen (se figur 1). Vi beskriver her de 6 faser i generelle vendinger (findes i en tidligere version i Ulriksen et al., 2013). Næste afsnit, "En 6F-lektion", eksemplificerer nærmere indholdet af hver fase.

Udgangspunktet for at anvende 6F-modellen er at udarbejde læringsmål for den aktivitet som 6F-modellen anvendes til at planlægge og gennemføre. Læringsmålene er styrende for indholdet i de enkelte faser og sammenhænge mellem dem. Dermed er elevernes arbejde rammesat inden for de læringsmål som læreren har opsat for aktiviteten.



Figur 1. 6F-modellen med de enkelte faser og deres sammenhænge.

Forudsætning: Læreren får gennem spørgsmål og mindre opgaver indsigt i elevernes eksisterende og formulerbare forståelse af fænomener, processer osv., og disse synliggøres. Dette kan ske gennem åbne spørgsmål (eksempelvis: Hvad tror I?), ved at observere elevers arbejde med stillede opgaver eller ved en kombination. Det centrale er at læreren får viden om elevernes konkrete forståelse af sammenhænge der er nødvendige for selvstændigt at kunne arbejde i Forsk-fasen. Fasens funktion er at afdække elevernes forudsætninger, ikke at give dem forudsætningerne for deltagelse. Det er meningen at læreren bruger den indsigt hun får i elevernes viden i Forudsætning-fasen, dels til at lave justeringer i den efterfølgende undervisning og dels til at lave forbindelser mellem elevernes forudgående viden og den viden eleverne konstruerer i løbet af undervisningen.

Fang: Gennem brug af overraskende, fascinerende og forunderlige filmklip, oplevelser, forsøg, tegninger, datasæt osv. fanges elevernes interesse for forløbet. Fang-fasen hænger tæt sammen med Forudsætning-fasen, da læreren for at fange elevernes interesse må relatere til og tage udgangspunkt i deres forudsætninger. Målet med Fang-fasen er at eleverne oplever den viden de skal konstruere, og de opgaver de skal arbejde med i løbet af undervisningen, som relevante og motiverende. Dette involverer ofte en åben idégenerering hvor elevernes egne idéer og viden værdsættes og tages alvorligt.

Forsk: Eleverne udforsker og/eller indsamler data og begynder at lave beskrivelses- og forklaringsmodeller baseret på deres udforskning. Dette involverer ofte begyndende hypotesedannelse, således at eleverne også afprøver egne idéer og modeller. Lærers opgave er at hjælpe når eleverne har spørgsmål, brug for et skub eller yderligere udfordring. Hjælpen består primært i at stille spørgsmål der kan hjælpe eleverne i deres læringsproces, og bør ikke være egentlige forklaringer af stoffet eller sammenhænge som eleverne ikke selv er kommet frem til. Det centrale i Forsk-fasen er at eleverne selv gør sig erfaringer med det faglige indhold, udvikler idéer, afprøver disse og anvender fagets terminologi inden for de rammer læreren har sat.

Forklar: I denne fase kobles elevernes erfaringer fra Forsk-fasen med fagets termer og forståelser. Eleverne deler deres observationer, hypoteser og konklusioner, men vigtigst er at eleverne afprøver deres argumenter og ræsonnementer for deres vurderinger i dialog med læreren og de øvrige elever. Læreren kan selv bringe nye hypoteser, både rigtige og forkerte, på banen og lade eleverne vurdere disse så processen kan føre til den viden læreren ønsker for forløbet. Læreren kan sammen med klassen bekræfte eller afkræfte forskellige hypoteser, argumenter og anvendelser af terminologi i relation til fagets måder at ræsonnere på. Målet med fasen er at samle og konsolidere den viden klassen har på nuværende tidspunkt, så det bliver synligt for alle.

Forlæng: Her anvender eleverne den viden de har konstrueret i Forsk- og Forklar-faserne i nye sammenhænge. Forlæng-fasen har til formål at give eleverne mulighed

for at anvende og overføre deres viden, således at deres forståelse bliver dybere, og anvendeligheden af den bliver bredere. Set ud fra lærerens synspunkt har Forlæng-fasen også det formål at kunne vurdere om eleverne har konstrueret og kan anvende den tilsigtede viden, og fasen peger derfor også ofte fremad mod den videre undervisning.

Feedback: Gennem hele forløbet får læreren feedback på hvor eleverne er, og hvad deres faglige udfordringer består i, og kan løbende tilpasse hvad eleverne skal arbejde med. Hvis det er tydeligt i Forudsætning-fasen at et emne eksempelvis ikke er så præsent for eleverne og samtidig er centralt for elevernes forståelse af emnet, kan læreren lægge yderligere data ind i Forsk-fasen. Dette vil oftest ske ved at læreren igangsætter en ekstra Forsk-fase. Ligeledes får eleverne under hele forløbet formativ feedback på deres arbejde, dels gennem lærerens spørgsmål, dels gennem de andre elever og deres arbejde med forsøg, data og bearbejdning.

Der er nogle nødvendige sammenhænge og relationer mellem de enkelte faser i 6F-modellen. Den vigtigste er at Forklar-fasen altid kommer efter en Forsk-fase. Derfor er det vigtigt at eleverne ikke skal forberede sig ved at læse om fagbegreberne i en lærebog før de har haft mulighed for at arbejde med dem i undervisningen. Dette hænger sammen med at lærebøger i sagens natur er forklarende, så det ville foregribe og forhindre elevernes selvstændige videnskonsstruktion i et undersøgelsesbaseret forløb. Forberedelsen kan dog godt være at læse noget som en konsolidering af begreber som eleverne allerede tidligere har arbejdet med. Læsningen sker således i undersøgelsesbaseret undervisning efter undervisningen og ikke før.

Der kan være mange runder af Fang-, Forsk- og Forklar-faser i et enkelt 6F-forløb indledt af en Forudsætning-fase og afsluttet af en Forlæng-fase. Et helt 6F-forløb kan ligeledes fungere som en Fang-fase for et længere forløb. Som underviser opleves det som en meget fleksibel undervisningsmodel. Så længe man har fokus på læringsmålene for forløbet, kan man undervejs indskyde eller udelade eksempelvis Forsk-faser alt efter den oplevelse man har af elevernes forståelse gennem den løbende feedback.

En 6F-lektion: Hvordan fanger en frø egentlig sin føde?

Lektionens primære aktivitet er en undersøgelse af hvad vi har kaldt kunstigt frøspyt. Det kunstige frøspyt er en såkaldt ikke-newtonsk væske, men i virkeligheden blot majsstivelse opslæmmet i vand, og den viden eleverne opnår i løbet af lektionen, beror på en analogi mellem majsstivelses og frøspyttets egenskaber. Rigtigt frøspyt er nemlig også en ikke-newtonsk væske. Modellen som anvendes i lektionen, giver en foreløbig forklaring af hvordan ikke-newtonske væsker kan hjælpe frøer med at fange og sluge insekter. Forskning opstiller andre modeller der giver en mere komplet og nuanceret forklaring (se Fowler et al., 2018; Noel et al., 2017). Derfor kan det her beskrive 6F-forløb, som er tænkt til et NV-forløb eller biologi C-niveau, også anvendes som en

Fang-fase for et længere undersøgelsesbaseret forløb på fx A-niveau i biologi, fysik eller kemi med forskelligt fokus på det molekylære niveau og ikke-newtonske væsker.

Beskrivelsen af lektionen indeholder dels instruktioner til læreren og dels didaktiske kommentarer som begrundet instruktionerne.

Læringsmål for lektionen

Efter lektionen kan eleven:

- undersøge karakteristika for kunstigt frøspyt under vejledning, men uden en kogebogsopskrift for hvordan de skal undersøge
- formulere plausible hypoteser om hvordan det kunstige frøspyt både hjælper frøen med at fange et insekt og tillader frøen at sluge insektet
- producere og dele en kort mobilvideo der illustrerer det kunstige frøspys egenskaber i forbindelse med at fange insektet og sluge insektet
- bruge det kunstige frøspyt som model til at forklare hvordan en frø kan fange og spise et insekt
- forklare hvorfor det kunstige frøspyt og kviksand kan benævnes ikke-newtonske væsker.

Læringsmålene for lektionen støtter elevernes opnåelse af de faglige mål for NV og biologi C, eksempelvis de faglige mål “formulere og teste enkle hypoteser” og “opsamle, systematisere og behandle data med brug af forskellige repræsentationsformer” i NV eller som en Fang-fase i et forløb om kernestoffet evolutionsbiologi kombineret med det faglige mål at “anvende fagbegreber, fagsprog, relevante repræsentationer og modeller til beskrivelse og forklaring af iagttagelser og enkle biologiske problemstillinger” i biologi C.

Forudsætning

Læreren viser fotografiet (uden tekst) i figur 2 til eleverne og beder dem om at:

1. Foretage observationer af billedet og fortælle hvad de kan se (fx tungens mærkelige position, at frøen har en stor tunge, at frøens mund er helt åben, at insektets fødder er i kontakt med tungen)
2. Give bud på hvad der foregår på billedet (fx at frøen kan have forsøgt at spise insektet og nu spytter det ud fordi den blev bidt eller stukket; frøen prøver at spise insektet, men kan ikke da insektet har fat på enden af frøens tunge; frøen er ved at spise insektet osv.).



Figur 2. En frø der bruger sin tunge og spyt til at fange et insekt. *Fotografi: Candler Hobbs/Georgia Institute of Technology.*

Didaktisk kommentar: Disse indledende interaktioner med eleverne giver læreren en idé om hvad eleverne allerede ved, og hvor engagerende emnet er for dem (Eisenkraft, 2003). Formålet med fra starten at give eleverne mulighed for at foretage egne observationer og give egne bud på hvad der foregår, er at øge deres følelse af kompetence og autonomi og hjælpe med at opbygge relationer mellem lærer og elever og eleverne imellem (Brodersen & Hjelmberg, 2016). Når eleverne selvstændigt tænker over og giver bud på hvad der sker på fotografiet, får de lov til kognitivt at overveje mange muligheder. Det kræver aktiv tænkning (Kruse, 2013) og kan også hjælpe til at motivere eleverne til at arbejde med det faglige indhold i lektionen.

Fang

Nu viser læreren et redigeret videoklip af en frø der fanger en fårekilling, vel at mærke uden nogen form for forklarende lydside eller tekst. Videoklippen kan findes her: <https://www.youtube.com/watch?v=IubFs-PtzhM>. Forskeren i klippet er hovedforfatteren på artiklen om frøspyt (Noel et al., 2017).

Læreren spørger nu om elevernes idéer til hvordan frøen er i stand til at fange insektet. Det er vigtigt at læreren ikke fremhæver nogle idéer som gode eller korrekte, men læreren kan godt bede eleverne om at forklare deres idéer nærmere. Der skal laves en synlig liste over idéerne, enten på tavlen eller elektronisk. Det kan fx være eleverne der laver listen.

Didaktisk kommentar: Visning af videoen uden det forklarende lydspor er vigtigt så eleverne i resten af lektionen får lov til at bruge deres egne observationer og idéer til at forklare frøspyttets egenskaber. I denne proces konstruerer eleverne deres forståelse, snarere end at de får fortalt en forklaring (af lydsiden), hvilket er et af hovedformålene med undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning (Østergaard et al., 2010; Harlen, 2011). At fortælle eleverne om deres idéer er “korrekte” eller “forkerte” på dette tidspunkt i lektionen, vil hindre elevernes mulighed for gennem egne observationer og undersøgelser at finde sammenhængen – en proces der vil kunne give eleverne en oplevelse af at være kompetente og øge deres motivation.

Forsk

Læreren fortæller nu: Alexis Noel er den forsker som vi så i videoklipet. Hun var nysgerrig efter at finde ud af hvordan frøer er i stand til at fange insekter med deres tunger, som vi så det i klippet. Hun og hendes forskergruppe opdagede at en vigtig del af forklaringen er frøens helt specielle spyt. Folk har tidligere troet at det kun var en klæbrig tunge og/eller klistret spyt der gjorde at frøen kunne fange insekter. Men Alexis og hendes kolleger fandt ud af at der er mere i det end det.

I dag her i klassen skal vi udforske noget der ligner det som frøspyt består af. Vi kalder det kunstigt frøspyt. Vores mål er at finde ud af hvilke egenskaber ved det kunstige frøspyt der kan hjælpe en frø med at fange insekter med tungen.

Didaktisk kommentar: Vi har formuleret ovenstående som tale for at vise hvordan læreren kan rammesætte Forsk-fasen. Selvfølgelig skal hver lærer finde sin egen måde at gøre det på. Det centrale er at undgå at give eleverne forklaringer; de skal selv have mulighed for at finde ud af det kunstige frøspytts egenskaber. Derved opretholdes udfordringen og motivationen ved at undersøge og finde ud af noget.

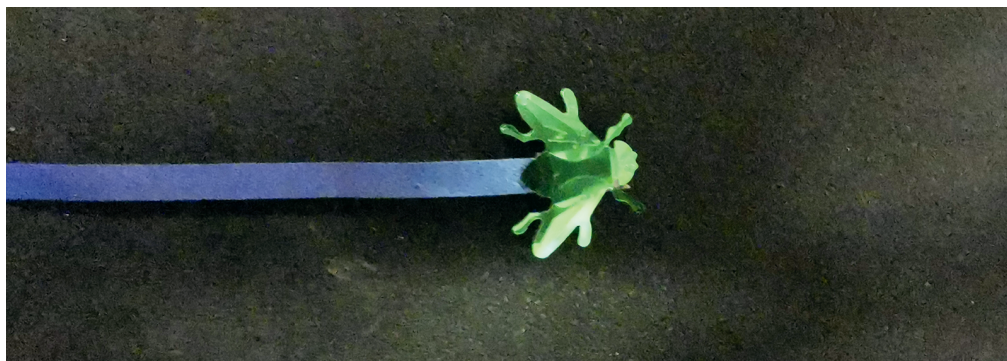
For at finde ud af hvilke egenskaber ved det kunstige frøspyt der gør at en frø kan fange et insekt, sættes eleverne til at arbejde i grupper af 2-3. Hver gruppe skal bruge:

- Cirka 100 gram hvidt pulver
- En lille beholder med postevand
- En beholder til at blande pulveret med postevand til et kunstigt frøspyt der har nogle af de samme egenskaber som rigtigt frøspyt
- Et lille plastikinsekt, fx en plastikflue
- Et stykke gavebånd som eleverne kan fastgøre insektet på
- En mobiltelefon der kan optage video.

Didaktisk kommentar: Pulveret er helt almindelig majsstivelse, men det bør eleverne ikke få at vide. Det er der to grunde til. Den ene er at de kan blive forvirrede og tro at

der er majsstivelse i frøspyt, eller at majsstivelse er det samme som frøspyt. Den anden er at de bliver “tvunget” til at opdage egenskaberne ved at prøve og ved at begå fejl snarere end fx at gå på nettet og slå det op. Det er lettest hvis læreren siger at navnet ikke er vigtigt, og sikrer at der ikke står æsker mærket med majsstivelse eller lignende nogen steder i klasseværelset, samt fortæller at det ikke er giftigt på nogen måde.

Få eleverne til at sætte et plastikinsekt på gavebåndet så insektet kan komme af gavebåndet når det trækkes igennem noget (se figur 3). Plastikinsektet skal dog ikke kunne trækkes af båndet for let.

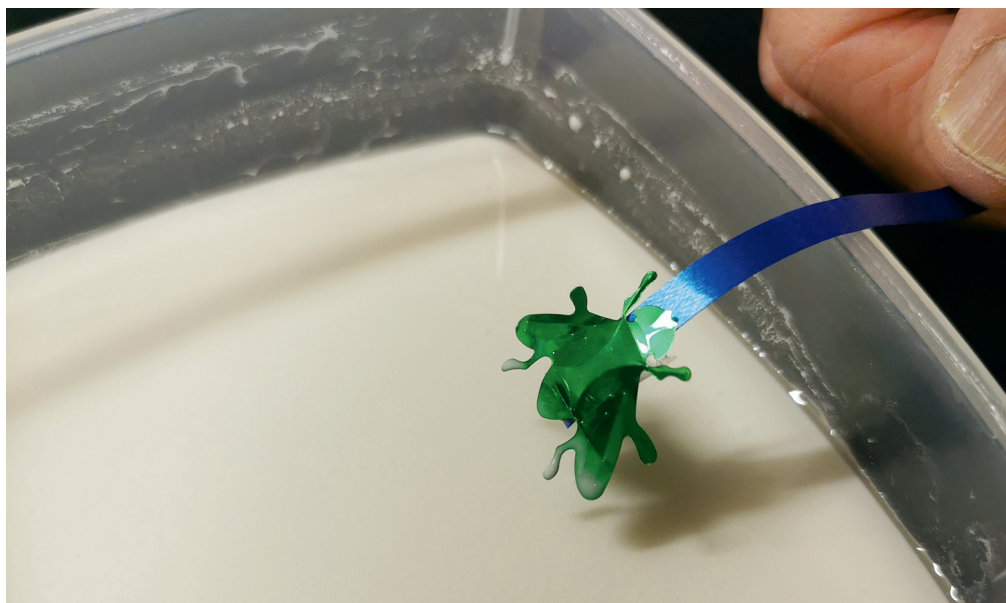


Figur 3. Et lille (1 cm) plastikinsekt (her en plastikflue) sættes på et stykke gavebånd så insektet rimelig nemt kan rives af båndet.

Nu skal eleverne hælde lidt vand i beholderen med hvidt pulver og røre rundt. De bør tilsætte vand til blandingen så det lige præcis bliver en væske der kan løbe hvis man hælder beholderen, men samtidig er svær at røre rundt. Hvis det kunstige frøspyt er alt for vandigt, tilsættes mere pulver – hvis det er for tykt, tilsættes lidt vand.

Didaktisk kommentar: Det er en iterativ proces for eleverne at lave en blanding med den rette konsistens. Eleverne tester her om insektet forbliver i blandingen eller slipper væk. Dette er en opdagelsesproces som er en del af elevernes læring om det kunstige frøspyt og dermed en del af deres forståelse af det videnskabelige indhold (Bybee, 2009).

Lad eleverne foregive at beholderen med kunstigt frøspyt er ligesom en frøs helt åbne mund. De skal nu simulere at insektet prøver at undslippe munden. Det gør de ved at trække plastikinsektet gennem beholderen med båndet og notere om plastikinsektet bliver på båndet, eller om det bliver revet af gavebåndet. Hvis insektet bliver på båndet, slipper det væk (se figur 4), og det kunstige frøspyt hjalp ikke nok til at fange insektet. Hvis insektet derimod bliver revet af gavebåndet (se figur 5), hjalp det kunstige frøspyt med at fange insektet.



Figur 4. Plastikfluen bliver på gavebåndet og kan tages ud af det kunstige frøspyt. Det svarer til at en flue undslap før dens kamp og musklerne i frøens tunge gjorde frøens spyt tykt og dermed svært for fluen at undslippe.



Figur 5. Plastikfluen rives af gavebåndet og forbliver i det kunstige frøspyt. Det svarer til at fluen blev fanget da dens kamp og musklerne i frøens tunge gjorde frøens spyt tykt og svært at slippe fra.

Efter at have fanget insektet fortsætter eleverne med at forske ved at tilsætte små mængder vand til blandingen og teste med insektet indtil blandingen ikke længere kan fange insektet.

For at rapportere deres resultater og dele dem med resten af klassen optager hver elevgruppe fem sekunders video med deres mobiltelefon. Videoen skal vise hvordan deres kunstige frøspyt hjælper med at fange et plastikinsekt.

Didaktisk kommentar: Eleverne kan vælge at vise at deres plastikinsekt bliver “fanget”, at det “undslipper”, eller begge muligheder med forskellige blandinger. At lave og dele korte videoer stiller eleverne til regnskab for deres arbejde fordi alle skal se alles videoer. Hensigten med denne offentlige deling af videoer er at motivere eleverne til at arbejde sig henimod og indfange deres resultater (se Hidi & Harackiewicz, 2000, om situationsbestemt interesse). For at lave deres videoer bliver eleverne nødt til at gentage deres forsøg flere gange. Formålet er her at forstærke deres opfattelse af det de har observeret. De delte videoer giver hele klassen og læreren en god idé om hvad der er blevet observeret, når de i den senere Forklar-fase skal give mening til resultaterne og forsøge at forklare deres observationer. Det centrale ved delingen af videoerne er at læreren fokuserer på at gøre elevernes observationer til en del af klassens delte viden. Hverken elever eller lærer skal forklare hvad der sker på dette tidspunkt, så hvis der kommer kommentarer som har karakter af forklaringer, skal læreren udskyde dem til Forklar-fasen.

Forklar

Eleverne diskuterer i arbejdsgrupper hvad de tror der sker med det kunstige frøspyt når de tilsætter mere og/eller mindre vand. Læreren bør opfordre eleverne til at bruge både deres observationer fra videoerne samt fingrene til at føle på blandingen og forsøge at finde mulige forklaringer.

Læreren cirkulerer under diskussionerne og leder efter muligheder for at spørge eleverne om hvornår blandingen bliver mere som et fast stof, og hvornår det føles mere som en væske. Eleverne kan måske ikke foretage alle de slutninger der er nødvendige i en forklaring af fænomenet. Læreren kan her guide eleverne til at komme frem til at insektet må påvirkes af en kraft fra blandingen afhængig af blandingens tykthed, at blandingen bliver mere tyk, nærmest størknet, når insektet forsøger at bevæge sig hurtigt, og at kraften på plastikinsektet dermed øges så blandingen kan rive det af gavebåndet. I stedet for at fortælle dem dette bør læreren lade eleverne trække deres plastikinsekter og egne fingre gennem en passende tyk blanding gentagne gange så de kan mærke at den bliver mere tyk og nærmest størkner når de trækker hurtigt, og mere væskelignende når bevægelsen er langsommere. Alle elever bør få mulighed for at mærke dette med deres egen skål med pulver blandet med vand.

Lad eleverne fortælle i plenum om deres idéer om hvad der får blandingen til at ændre sine egenskaber så den kan hjælpe til at trække et insekt af båndet. Idéer kan omfatte temperaturændringer, kemiske reaktioner, viskositet osv.

Didaktisk kommentar: Lærerens opgave er i Forklar-fasen at hjælpe eleverne med at bruge deres videoer til at finde ud af hvad der er anderledes ved det kunstige frøspyt når det “fanger”, hhv. ikke “fanger” insektet. For at forklare deres observationer i videoerne og deres yderligere undersøgelser af blandingen skal eleverne i nogle tilfælde revurdere det de har observeret, afklare deres sprog og også arbejde sammen. Se Bobek & Tversky (2016) for uddybning af elevens brug af visuelle forklaringer samt Roth & Lawless (2002) for hvordan sprog kan udvikle sig fra at være upræcist til mere klart.

Endnu et spørgsmål som læreren kan stille eleverne, er om frøens tunge spiller nogen rolle i at få dens spyt til at opføre sig som det kunstige frøspyt gjorde? Eleverne er nu nødt til at bruge beholderen med blandingen som en model af spyt i frøens mund og begrunde hvordan og hvornår kraften der trækker plastikinsektet af gavebåndet, frembringes af frøens mund og insektets kæmpe. Eleverne kan også komme frem til hvordan frøspyttets egenskaber tillader frøen at sluge insektet. Her kan læreren stille spørgsmålet: Var der noget ved tungen og dens bevægelse der gjorde det muligt for spyttet at frigive insektet?

Afslutningsvis skal eleverne kunne bruge deres plastikinsekter og fingre til at forklare hvordan frøens spyt hjælper med at fange insekter; ved at blive mere som et fast stof når det presses af et insekt der kæmper i spyttet, og af musklerne i frøens tunge. Dette sker indtil frøen har trukket insektet ind, hvorefter insektet ikke kæmper, og frøens muskler ikke presser, således at spyttet bliver mere væskeagtigt, og insektet kan sluges.

Sent i processen introducerer læreren begrebet som beskriver det fænomen som eleverne har beskæftiget sig med, nemlig ikke-newtonske væsker. Eleverne bliver guidet til at kunne forklare at blandingen er en ikke-newtonsk væske fordi den ændrer sin viskositet (tykthed) når den påvirkes af en kraft. Blandingens egenskaber har arbejdet med, er en type af ikke-newtonsk væske som bliver tykkere ved påvirkende kraft. Der findes også non-newtonske væsker som bliver tyndere ved påvirkende kraft, eksempelvis maling.

Didaktisk kommentar: Faciliteringen af elevernes tilskrivelse af mening til resultaterne af deres undersøgelser af det kunstige frøspytts egenskaber er udfordrende for både læreren og eleverne. Denne del af undersøgelsesprocessen kan være frustrerende (Gormally et al., 2009). Men fordi alle har set alle videoer, har diskuteret, har mærket blandingens egenskaber og har forsøgt at komme med forklarende hypoteser, vil der være bevægelse mod en fælles forståelse i klassen. I stedet for at ty til at forklare

ting for eleverne kan læreren fremme denne bevægelse med spørgsmål der hjælper eleverne med at genkende vigtige ændringer i deres blandinger, og hvordan disse ændringer kan hjælpe med at forklare resultaterne. Selvom det er vanskeligt selv at finde ud af tingene, er fordelene større fordi eleverne sandsynligvis vil føle sig – og være – bedre i stand til at deltage i en videnskabelig proces og sandsynligvis vil være i stand til at overføre det de har lært, til nye situationer (Gormally et al., 2009). Når eleverne udvikler deres egen forståelse, er det centralt at læreren validerer forklaringer og eventuelt giver fyldigere forklaringer så klassens forståelse af frøspytets funktion kan fremmes yderligere.

Forlæng

Eleverne anvender i Forlæng-fasen det de har lært om hvordan det kunstige frøspyt fungerer, på en anden væske de kan møde i deres hverdag. Stoffet er kviksand. Læreren viser en video af en person der sidder fast i kviksand, men viser ikke at vedkommende kommer ud – eksempelvis starten af <https://www.youtube.com/watch?v=snTNnCPNSUk>.

Lad eleverne brainstorme om hvordan personen kan komme op af kviksandet, baseret på det kunstige frøspytts egenskaber som de fandt frem til i Forsk- og Forklar-faserne. Få eleverne til at dele deres flugtstrategier, og lad eleverne sammenligne dem med et insekts mulighed for at komme væk fra frøen. Det at kæmpe i kviksand er som et insekt der forsøger at lette fra en spytfuldt frøtunge; det bliver mere solidt og sværere at flygte fra. Evnen til at slippe fri af kviksand gennem langsomme snarere end hurtige bevægelser er således analog med plastikfluen der ikke slipper fra det kunstige frøspyt.

Bemærk at der er forskellige forklaringer på hvorfor kviksand er svært at komme ud af, på internettet, og de er ikke alle i overensstemmelse med forklaringsmodellen anvendt her. Det er vigtigt at eleverne ikke slår op på nogen internetsider på dette tidspunkt da det kan ødelægge deres forståelsesmæssige forbindelse mellem det kunstige frøspyt og kviksand.

Didaktisk kommentar: At anvende begrebet ikke-newtonsk i en situation som eleverne personligt kunne opleve, motiverer både elevernes interesse og engagerer dem kognitivt når de sammenligner det kunstige frøspyt med kviksand.

Feedback

I Forudsætning- og Fang-fasen giver læreren formativ feedback til eleverne, fx ved verbalt at befordre elevernes indledende forklaringer og tilskynde til flere observationer og idéer. I Forsk-fasen får eleverne feedback gennem den dialog der skabes ved at læreren bliver ved med at cirkulere og spørge eleverne og får dem til at undersøge

ting uden at give dem løsninger. Indledende spørgsmål om hvad de laver, kan følges op med mere detaljerede eller afklarende spørgsmål. At engagere sig i disse dialogiske interaktioner lægger grundlaget for et rigt læringsmiljø hvor eleverne lærer at argumentere for deres idéer. I Forklar-fasen får eleverne feedback på deres aktuelle forståelse gennem lærerens spørgsmål og svar på deres idéer. Her er videoerne afgørende artefakter der hjælper med at facilitere diskussionen.

Det internationale udgangspunkt for 6F

6F-modellen tager udgangspunkt i "The Biological Science Curriculum Study (BSCS) 5E model" udviklet i 1980'erne i USA (Bybee et al., 2006; Bybee, 2009). Rodger Bybee m.fl. beskriver hvordan de teoretiske idéer som 5E-modellen baserer sig på, er udviklet i begyndelsen af det 20. århundrede af den tyske filosof og pædagog Johann Friedrich Herbart (Bybee et al., 2006). Herbart argumenterer for at såvel oplevelser af naturen som sociale interaktioner er essentielle for læring i naturvidenskab, og at de må tage udgangspunkt i og relatere sig til elevens eksisterende viden. Et århundrede senere bliver dette en del af BSCS's 5E- og vores 6F-model i Forudsætning-, Fang- og Forsk-faserne hvor elevernes forudgående viden danner basis for aktiviteter hvor de sammen med andre udforsker naturvidenskabelige fænomener. Rækkefølgen af faserne kan således spores tilbage til Herbarts beskrivelse af en sekventiel strategi i tilrettelæggelse af læring.

I begyndelsen af det 20. århundrede foreslog John Dewey en række faser for reflektiv tænkning; definering af problemet og hypotesedannelse, idéer til mulige forklaringer, afprøvning og afklaring (Dewey, 1997, først publiceret i 1920). Dette arbejde førte til den første læringscyklusmodel publiceret af Heiss m.fl. (Heiss et al., 1950) og senere Karplus og Thier (Karplus & Thier, 1967). Deres læringscyklus indeholdt tre faser, udforskning, opfindelse og opdagelse, som svarer til 5E- og 6F-faserne Forsk, Forklar og Forlæng. Baseret på Karplus og Thiers model har BSCS's 5E-model en Fang-fase (med en indbygget Forudsætning) og en evaluering i slutningen af læringscyklussen (Bybee et al., 2006). Vi har i vores udvikling af 6F-modellen taget udgangspunkt i BSCS's 5E-model og inspireret af Eisenkraft (2003) tilføjet forudsætning som selvstændig fase. Derudover har vi yderligere erstattet evaluering med feedback for at tydeliggøre fokus på den formative feedback i undersøgelsesbaseret undervisning. Nylig forskning viser at formativ feedback i undersøgelsesbaseret undervisning er gavnlig – særligt for de elever der har svært ved denne tilgang til læring (Evans et al., 2018). For disse elever er kontinuerlig formativ feedback fra både lærere og andre elever med til at øge deres vedholdenhed. Samtidig er lærere der får formativ feedback fra deres elever gennem undersøgelsesbaserede forløb, mere motiverede til at forbedre deres undervisning løbende. Dele af den øgede motivation hos lærerne hænger sammen med en øget

self-efficacy som er resultatet af konstruktiv formativ feedback (Evans et al., 2014).

6F-modellen: læring og begrundelser

6F-modellen bygger på konstruktivistisk læringsteori og idéen om at man lærer naturvidenskab gennem en undersøgende tilgang (Bybee et al., 2006). Samtidig betragter vi 6F-modellen som “en pædagogisk strategi, der angiver principper for undervisning og læreplaner” (Kruse, 2013, s. 2), og vi kan indpasse 6F-modellen i *både* mental-konstruktivistiske og sociokulturelle skoler inden for konstruktivisme.

Fra et mental-konstruktivistisk perspektiv kan 6F-modellen betragtes som en undervisningsmodel designet til at vække en kognitiv ubalance hos den enkelte elev, som gennem den opgave der arbejdes med, skal bringes tilbage til ligevægt. Det sker gennem ændring eller opbyggelse af skemastrukturer eller i relationer mellem skemastrukturer. Skemastrukturer kan her indbefatte både Piagets klassiske deklarative og procedurale skemaer (Winsløw, 2006), relationer mellem Lakoff og Johnsons billedskemaer (Lakoff & Johnson, 1980) og Fauconnier og Turners konceptuelle blandings-analogier (Fauconnier & Turner, 2002). Ofte vil man kunne beskrive elevernes arbejde med skemastrukturer som en akkommodativ proces (eleven opbygger nye kognitive skemaer) der afsluttes i Forklar-fasen. Forlæng-fasen er typisk designet til en mere assimilativ proces (eleven indlemmer viden i eksisterende kognitive skemaer), hvis den nye viden antages at kunne anvendes relativt uproblematisk i en ny situation.

Fra et sociokulturelt perspektiv giver 6F-modellen anledning til at deltage i dialoger og diskussioner om det der skal læres, at bruge artefakter (fx grafer, udstyr eller symboler) til at mediere sådanne dialoger og diskussioner, mens designet af det enkelte forløb som et hele angiver en vej for eleven til at internalisere den viden der opstår i arbejdet med det faglige. Især Forsk-fasen indeholder elementer af hvad Vygotsky (1978) ville kalde leg: Man prøver, fejler måske og opbygger viden – hele tiden i et socialt fællesskab. Der kan foregå stilladsering (Dolin & Kaspersen, 2017), både mellem lærer og elev og blandt elever (peer-feedback), og over tid kan man opbygge et praksisfællesskab (Wenger, 2000) omkring det at lære naturvidenskab, hvor eleverne føler at de deler et fælles mål, sammen lærer at gøre det bedre og som en integreret del af det at lære naturvidenskab kommunikerer meningsfuldt med hinanden og læreren.

6F-modellen har i modsætning til mere åbne typer af undersøgelsesbaseret tilgang i naturfagsundervisningen et klart udgangspunkt: Gennem tilrettelæggelse af undervisningen i 6F-modellen skaber læreren en situation hvor eleverne udforsker fænomener og opnår læring af et forudbestemt fagligt indhold gennem diskussioner og lærerinstruktion. Det betyder at 6F-forløb som oftest er placeret i midten af et kontinuum spændende fra demonstrationsforsøg til helt åbne elevstyrede forløb (Llewellyn, 2014). Med 6F-modellen vil læreren stille spørgsmål og tilrettelægge akti-

viteter hvor eleverne kan arbejde med det faglige indhold og begynde at konstruere svar sammen med læreren i relation til de læringsmål der er opstillet. Baseret på forskning tilbyder 6F-modellen således en undervisningsform der ligger mellem traditionelle kogeboogsøvelser der er svære at begrunde læringsmæssigt, og helt åbne undersøgelsesbaserede øvelser hvor elevernes spørgsmål alene er styrende, der både tidsmæssigt og i relation til at opnå bestemte læringsmål passer dårligt i de danske ungdomsuddannelser.

Baseret på 6F-modellens teoretiske ophav betragter vi den som en undervisningsmodel der kan anvendes på alle undervisningsniveauer, og den har efter vores opfattelse en stor rækkevidde i relation til forskellige betydninger af hvad det vil sige at lære naturvidenskab, inkluderende at lære begreber og begrebslige sammenhænge (Minner et al., 2010), at lære at undersøge en problemstilling naturvidenskabeligt gennem samspillet mellem eksperiment, model og teori (Etkina, 2007), at argumentere naturvidenskabeligt (eksempelvis Nielsen, 2013), at lære om hvordan videnskaben producerer viden, og hvilken sandhedsstatus denne viden har (Dolin, 2017). Det afgørende er at der er en sammenhæng mellem læringsmål, det grundlæggende naturvidenskabelige spørgsmål som skal drive elevernes interesse i lektionen, og de aktiviteter eleverne skal lave (se også Krogh & Andersen, 2016).

6F-modellen på ungdomsuddannelserne

Der findes os bekendt meget lidt systematisk empiri der kan belyse brugen af 6F-modellen som undervisningsmodel i de danske ungdomsuddannelser. På teoretisk pædagogikum anvendes 6F-modellen i varierende omfang på de fagdidaktiske kurser inden for naturfagene, og den anvendes ligeledes på master i scienceundervisning (MiSU) og i andre efteruddannelsessammenhænge.

Fra vores egne studerende (89 studerende i perioden 2008-2019) har vi gennem årene hørt om deres forskellige muligheder og udfordringer ved at anvende 6F-modellen i deres arbejde som gymnasielærere. Det er dog først for nylig vi har fået et mere systematisk overblik over dette, da en af vores tidligere studerende, Jakob Holm, valgte at skrive speciale om netop dette (Holm, 2018). Hans overordnede interesse var at undersøge i hvilken grad tidligere studerende der har taget det videregående fagdidaktiske kursus, anvendte 6F-modellen i deres nuværende undervisningspraksis, samt hvilke muligheder og udfordringer lærerne oplever ved anvendelse af en undersøgelsesbaseret tilrettelæggelse af deres undervisning.

Undersøgelsen viste at de undersøgte lærere (observation og interviews af seks lærere) i forskelligt omfang brugte 6F-modellen i deres undervisning, både som hele undersøgelsesbaserede forløb, men oftest som dele af undervisningen, eksempelvis Forudsætning- og Fang-faserne. Deres brug af 6F-modellen varierede med det sociale

miljø i klassen, vidensniveauet hos eleverne samt deres egen tilgang til undervisning. Lærerne oplevede særligt udfordringer i relation til tidsforbrug og brugen af formativ feedback og navnlig i store klasser (Holm, 2018). Andre specialer der har undersøgt enkelte lærere og undervisningsforløb, peger ligeledes på tidsforbruget, ikke som generisk for 6F-modellen, men i samspillet med den skolepraksis der eksisterer; eksempelvis at “det kan være udfordrende at nå de planlagte faser inden for tidsrammen af et modul” (Raabe, 2019, s. 82), hvilket peger på skemastrukturen som udfordrende, samt at det også er “tidskrævende at forberede og planlægge undersøgelsesbaseret undervisning” (Raabe, 2019, s. 82) – ikke fordi det tager lang tid, men fordi læreren har en oplevelse af at være ene om at praktisere 6F-modellen på sin skole og derfor ikke kan udveksle og sparre med de andre lærere (Raabe, 2019).

Samlet set finder Holm (2018) at lærerne oplevede flere fordele end ulemper ved brugen af 6F-modellen, især det motiverende aspekt. Kombinationen af interviews og klasserumsobservationer i flere af specialerne belyser at selvom der er en forståelse hos de undersøgte lærere af at de anvender 6F-modellen som undervisningsmodel, så er der (store) uoverensstemmelser med den her i artiklen præsenterede 6F-model. Det peger på vanskelighederne ved empirisk at undersøge udfordringerne ved brugen af 6F-modellen.

Kruses (2013) syntese af studier der har undersøgt effekten af undersøgelsesbaseret undervisning, kan anvendes som et udgangspunkt for en diskussion af hvornår undersøgelsesbaserede undervisningsstrategier synes mest effektive i forhold til både motivation og læring. Vi vil dog fraråde at fokusere undervisningen af kommende undervisere i ungdomsuddannelserne udelukkende på læsning af effektstudier. Det er bedre at fokusere på at lade kandidaterne kontinuerligt designe, anvende og reflektere over deres egen brug af 6F-undervisningsmodellen. Og så vil vi hilse systematiske studier af brugen af 6F-modellen som undervisningsmodel i de danske ungdomsuddannelser mere end velkommen.

Referencer

- Bobek, E. & Tversky, B. (2016). Creating visual explanations improves learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(27).
- Brodersen, P. & Hjelmberg, M. (2016). Scenarieorienteret planlægning i matematik. Matematiklæreres opmærksomhed på sikre og usikre elevers motivation. *MONA* (2), 26-45.
- Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J.C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.
- Bybee, R.W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.

- Dolin, J. & Kaspersen, P. (2017). Læringsteorier. I: Dolin, J., Ingerslev, G.H. & Jørgensen, H.S. (red.) *Gymnasiepædagogik* (s. 156-208). København, Danmark: Hans Reitzels Forlag.
- Dewey, J. (1997). *How we think*. Courier Corporation.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Etkina, E. & Van Heuvelen, A. (2007). Investigative science learning environment – a science process approach to learning physics. *Research-based reform of university physics*, 1(1), 1-48.
- Evans, R., Luft, J., Czerniak, C. & Pea, C. (red.). (2014). *The Role of Science Teachers' Beliefs in International Classrooms: From teacher actions to student learning*. Cham: Springer.
- Evans, R., Clesham, R., Dolin, J., Hošpesová, A., Jensen, S.B., Nielsen, J.A., Stuchlíková, I., Tidemand, S. & Žlábková, I. (2018). Teacher Perspectives about Using Formative Assessment. I: Dolin, J. & Evans, R. (red.) *Transforming Assessment, Through an Interplay Between Practice, Research and Policy* (s. 227-248). Cham: Springer.
- Fauconnier, G. & Turner, M. (2002). *The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities*. New York, NY, US: Basic Books.
- Fowler, E.J., Kleinteich, T., Franz, J., Jaye, C., Fischer, D.A., Gorb, S.N., Weidner, T. & Baio, J.E. (2018). Surface chemistry of the frog sticky-tongue mechanism. *Biointerphases* (13), 06E408.
- Frisdahl, K. (red.) (2014). *Kompendium: Inquiry Based Science Education – IBSE. Termer, metoder, tankegange og erfaringer. Undersøgelsesbaseret undervisning i naturfag og matematik*. Skriftserie 36. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B. & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2), article 16.
- Harlen, W. (2011). Udvikling og evaluering af undersøgelsesbaseret undervisning. *MONA* (3), 46-70.
- Heiss, E.D., Obourn, S. & Hoffman, C.W. (1950). *Modern science teaching*. New York: Maxmillian.
- Hidi, S. & Harackiewicz, J.M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of educational research*, 70(2), 151-179.
- Karplus, R. & Thier, H.D. (1967). *A new look at elementary school science: Science curriculum improvement study*. Chicago: Rand McNally.
- Krog, L.B. & Andersen, H.M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag*. Frederiksberg, Danmark: Frydenlund.
- Kruse, S. (2013). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA* (2), 24-48.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, US: University of Chicago Press.
- Llewellyn, D. (2014). *Inquire within*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Nielsen, J.A. (2013). Dialectical features of students' argumentation: A critical review of argumentation studies in science education. *Research in Science Education*, 43(1), 371-393.

- Noel, A.C., Guo, H.Y., Mandica, M. & Hu, D.L. (2017). Frogs use a viscoelastic tongue and non-Newtonian saliva to catch prey. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(127), 20160764.
- Roth, W.M. & Lawless, D. (2002). Science, Culture, and the Emergence of Language. *Science Education*, 86(3), 368-385.
- Ulriksen, L., Jensen, S.B., Madsen, L.M. & Holmegaard, H.T. (2013): *Forstå, Fange og Fastholde – gymnasieelever, undervisning og interesse for naturfag*, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet, Forum 100 %.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman., Eds.) (A.R. Luria, M. Lopez-Morillas & M. Cole [with J.V. Wertsch], Trans.) Cambridge, Mass.: Harvard University Press. (Original manuscripts [ca. 1930-1934]).
- Wenger, E.C. & Snyder, W.M. (2000). Communities of practice: The organizational frontier. *Harvard business review*, 78(1), 139-146.
- Winsløw, C. (2006). *Didaktiske elementer – en indføring i matematikkens og naturfagernes didaktik*. Frederiksberg: Biofolia.
- Østergaard, L.D., Sillasen, M., Hagelskjær, J. & Bavnhøj, H. (2010). Inquiry-based science education – har naturfagsundervisningen i Danmark brug for det? *MONA* (4), 25-43.

Specialer og bacheloropgaver ved IND der anvender 6F-modellen

- Christensen, N.H. (2013). Effekten af Inquiry Based Science Education hos gymnasiefremmede elever. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Damsgaard, L. & Madsen, L.B. (2017). Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning på GUX-Nuuk. Studenterserie nr. 56. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Frandsen, C.B. (2019). Undersøgelserbaseret undervisning i idrætsfaget på gymnasieskolen. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Holm, J.R. (2018). The implementation of Inquiry-based Teaching – An assessment of Newly Educated Danish Science Teachers Implementation of Inquiry-based Teaching. Studenterserien nr. 70. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Nymark, A. (2015). Climate change and ozone – A socioscientific inquiry for Danish High Schools. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Persson, M.C.B. (2013). Kvantekemi i gymnasiet – tilrettelæggelse, udførelse og evaluering af et undervisningsforløb. Studenterserie nr. 29. Bachelorprojekt. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Persson, M.C.B. (2017). Chemical demonstrations using inquiry-based teaching: Facilitating chemistry teachers' use of IBSE. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.
- Raabe, I. (2019). Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning – elever, muligheder og betingelser. Speciale. Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet.

Kloster, M.S.B. (2019). Inquiry-Based Science Education (IBSE) – lærernes syn på anvendeligheden af inquiry-baseret undervisning til at imødekomme faglige mål og kernestof i læreplanen for biologi C-niveau (STX). Speciale. Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.

English abstract

This article provides an insight into how high school teachers can organize and conduct inquiry-based teaching within the natural sciences. The article has its focus on the 6F model that we use in our preparation of future high school science teachers at the University of Copenhagen. We describe the development and use of the 6F model and outline an example of a 6F lesson targeted for the subjects "introducing natural science" and Biology. The article intends to increase knowledge of the 6F model with the aim of both informing the dialogue about inquiry teaching as well as extending the use of inquiry-based teaching in Danish high schools.