

Evaluering af modelleringsprocessen i naturfagsundervisningen



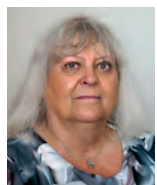
Jørgen Løye
Christiansen



Karin Lilius



Kari Astrid
Thynebjerg



Mari-Ann
Skovlund Jensen



John
Andersson



Lars Bo
Kinnerup

Center for Skole og Læring, Professions-højskolen Absalon

Abstract: Artiklen præsenterer et operationelt evalueringstværværktøj med det formål at afdække og udvikle elevernes kompetenceniveau i relation til arbejdet med modelleringsprocessen i udskolingen. Evalueringstværværktøjet udgøres af en model/figur i kombination med en taksonomi. Figuren viser modelleringsprocessens delprocesser og kan give lærerne idéer til hvordan de kan være i dialog med deres elever om modellering i et læringsperspektiv og planlægge aktiviteter der stilladserer elevernes kompetenceudvikling. Taksonomien karakteriserer identificerbare elevhandlinger i relation til figuren for modelleringsprocessen på fem SOLO-taksonomiske niveauer. Evalueringstværværktøjet er udviklet til lærernes dialog med og evaluering af elevernes udvikling af kompetence med hensyn til modelleringsprocessen. I artiklen udfoldes evalueringstværværktøjets brug til formativ og summativ evaluering.

Introduktion

Naturfagsundervisningen i den danske grundskole er rammesat af fire naturfaglige kompetenceområder hvoraf ét er modelleringskompetencen. Med denne artikel vil vi komme med et bud på et operationelt evalueringstværværktøj, der kan afdække elevernes kompetencer i relation til deres arbejde med modelleringsprocessen.

Med udgangspunkt i to statusnotater (Rambøll et al., 2018 og 2020) og læseplanerne for naturfagene i udskolingen definerer og begrundes vi vores fokus på modellerings-

processen. Med udgangspunkt i en model (herefter kaldet figur 1) for modelleringsprocessen har vi udviklet en rubric hvis formål det er at gøre modelleringsprocessen operationaliserbar i relation til en evalueringsdialog. Lærerne kan derfor med udgangspunkt i denne evaluere og være i dialog med eleverne om niveauet for deres målopnåelse i relation til de opstillede mål for modelleringsprocessen. Rubricen kombinerer generelle karakteristika ved modelleringsprocessen med SOLO-taksonomien og peger dermed på aktivitetstyper der gør det muligt at se tegn på elevernes opnåede kompetenceniveau.

Modelleringsprocessen som selvstændig disciplin

Modelleringsprocessen er en del af modelleringskompetencen der igen er et af de fire områder der tilsammen udgør naturfaglig kompetence. Dolin et al. (2003) har følgende definition af den generelle naturfaglige kompetence:

“Evne og vilje til handling, alene og sammen med andre, som udnytter naturfaglig undren, viden, færdigheder, strategier og metaviden til at skabe mening og autonomi og udøve medbestemmelse i de livssammenhænge hvor det er relevant.” (Dolin et al., 2003, p. 72).

I artiklen anvender vi styringsdokumenternes definitioner af modelleringskompetencen og modeller da det er disse dokumenter lærerne i sagens natur skal styre efter i planlægningen af deres undervisning. Samtidig er målene for udvikling af naturfaglig kompetence, herunder modelleringskompetencen, bindende (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, b, c).

I udviklingen af et evalueringsværktøj til brug for evaluering af modelleringskompetencen benytter vi os derfor af den definition af modelleringsprocessen der fremgår af styringsdokumenterne, og hvor *udvælgelse* af data/informationer er inkluderet, mens det at *indsamle* og *producere* egne data ikke er inkluderet i modelleringsprocessen (se endvidere Christiansen et al. 2019 og Christiansen 2020b).

Modelleringskompetencen defineres i styringsdokumenterne (Børne- og Undervisningsministeriet, 2019a, b, c, d), som bestående af tre delelementer:

1. **brug af modeller** til at forstå, forklare eller forudsige fænomener og systemers opførsel
2. **metamodelleringsforståelse**, hvor eleven kan diskutere og forholde sig kritisk til modeller
3. **modelleringsprocessen**, hvor eleven skal vise evnen til at kunne revidere/konstruere modeller.

Modeller er genstande for alle tre dele. I styringsdokumenterne karakteriseres en model som: “... en repræsentation af naturfaglige relevante aspekter af naturen eller den menneskeskabte verden. Typisk fremstiller en model faglige begreber, sammenhænge, processer eller hele systemer. Modeller er i princippet forskellige fra det, de fremstiller, og de er typisk forsimplinger, hvor kun udvalgte træk fremhæves. En model er oftest kun brugbar til bestemte formål.” (Børne- og undervisningsministeriet 2019a, b, c, d).

I det følgende vil vi fokusere på den “rene” modelleringsproces da det er denne del af modelleringskompetencen som har vist sig at være nærmest fraværende når elever arbejder ved den fællesfaglige naturfagsprøve (Rambøll et al. 2018).

Dette understøttes desuden af følgende lærerudsagn fra Christiansen et al. (2019), der ved brug af interviews bl.a. har undersøgt hvordan der arbejdes med modelleringsprocessen i undervisningen i udskoling:

“[Jeg] har ikke tidligere i undervisning ladet eleverne udvælge, vurdere eller udvikle (producere) modeller. Det er egentlig ikke, fordi tanken har været, at det er for svært at lade eleverne producere modeller, det har bare ikke være med inde i overvejelserne.” (Christiansen et al., 2019 p. 21).

Undersøgelsen afdækkede at meget få lærere havde fokus på at eleverne arbejdede med at udvikle og designe modeller i deres undervisning.

Hvordan er modelleringskompetencen hidtil blevet evalueret?

Ifølge statusnotatet fra 2018 var der ved den fælles prøve i udskolingens naturfag i 2017 primært fokus på kompetenceområderne perspektivering og kommunikation. Generelt var der et fravær af evaluering af undersøgelses- og modelleringskompetencen fra underviser og censors side, og eleverne fik dermed ikke i tilstrækkelig grad mulighed for at vise deres niveau for udvikling af disse kompetencer (Rambøll et al. 2018).

Vurderingskriterierne for den fælles prøve blev efterfølgende justeret for at få dem til at fremstå mere operationelle og vejledende for lærerne og med en tydeligere sammenhæng til Fælles Måls kompetenceområder og -mål. De fagspecifikke færdigheds- og vidensmål blev desuden gjort vejledende, mens de tilsvarende mål for de fire kompetenceområder fortsat er bindende.

Formålet med ændringerne var at understøtte lærerne i at kunne vurdere elevernes naturfaglige kompetencer både i undervisnings- og prøvesammenhæng. Endvidere blev det præciseret at de uddybende spørgsmål som skal stilles til eleverne under prøven, skal være kompetenceorienterede, dvs. skal kunne afdække elevernes naturfaglige kompetencer – ikke kun deres faktuelle viden og færdigheder.

Eleverne var i 2020 ifølge Rambøll et al. (2020) blevet bedre til at *anvende* modeller og illustrationer til at *forklare* fænomener og sammenhænge, men de forholdt sig fortsat ikke *kritisk* til de anvendte modeller, ligesom man ikke observerede at eleverne *reviderede/udviklede* modeller ud fra egne undersøgelser.

Behovet for en kompetenceorienteret evalueringsform

Lærerne tilkendegiver at de har fokus på de naturfaglige kompetencer, men en effekt af dette fokus observeres ikke ved prøverne (Rambøll et al. 2018 s. 32).

Lærerne har ifølge Rambøll et al. (2020) fortsat behov for kompetenceudvikling, både til integrering af de fire naturfaglige kompetenceområder i undervisningen og til evaluering af elevernes niveau af udviklet kompetence i det daglige og under selve prøven.

I relation til resultaterne fra Rambøll et al. (2020) kunne lærerne have behov for et værktøj som støtter dem i at evaluere de naturfaglige kompetencer både formativt og summativt, ikke mindst i relation til modelleringskompetencen og i særdeleshed i den del der vedrører modelleringsprocessen – *at revidere og udvikle modeller* – der som anført var fraværende under de observerede prøver.

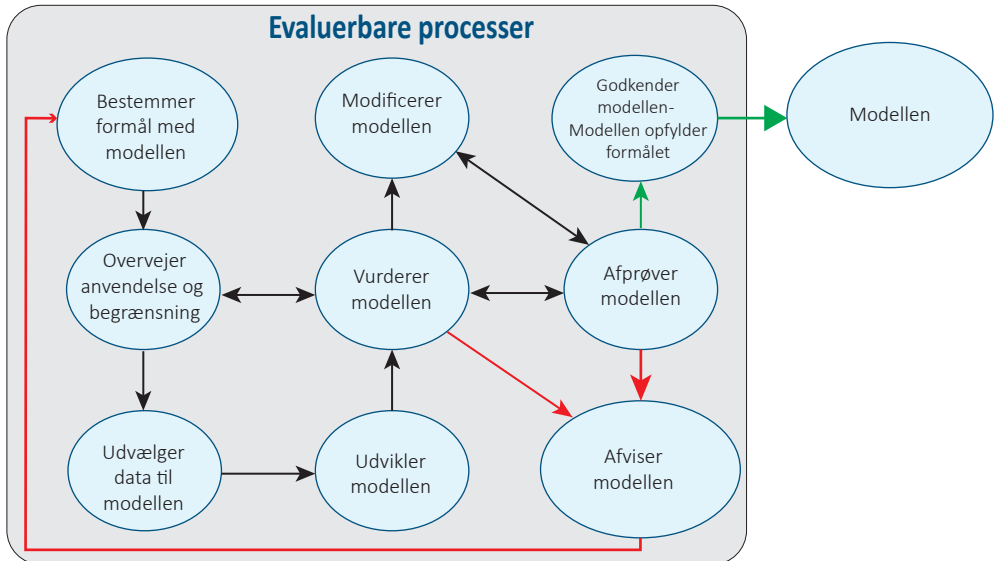
For at kompetencebegrebet skal give mening, skal et givent kompetenceområde kunne operationaliseres og gøres konstaterbart (Elmose, 2007). Med afsæt i den viden har vi udviklet en model (figur 1) der opdeler modelleringsprocessdelen af elevernes modelleringskompetence i delprocesser som hver især kan gøres konstaterbare. Nogle er konstaterbare i sig selv da processerne er handlingsbaserede, mens andre kan gøres konstaterbare gennem en dialog med eleven.

Præsentation af evalueringsværktøjet

Nedenfor præsenteres *Figur til evaluering af modellerings delprocesser* (figur 1). Figurens terminologi sammenholdes i tabel 1 med terminologien i styringsdokumenterne så sammenhængen fremgår tydeligt. Terminologien i figur 1 er forskellig fra den i styringsdokumenterne da formuleringen af delprocesserne i styringsdokumenterne ikke umiddelbart tilbyder en stringent konstaterbarhed da styringsdokumentet primært beskriver mentale processer der er tanker i elevernes hoveder som ikke umiddelbart giver anledning til konstaterbare *“tegn på læring”*. Dette er i modsætning til konkrete processer der er handlinger eleven udfører, og som derfor er umiddelbart konstaterbare. Da der er tale om en kompetence, og da kompetence er defineret bl.a. som evne og vilje til handling (Dolin et al., 2003, p. 72), er det netop vigtigt at kunne konstatere på handleniveau.

Figur 1's terminologi	Læseplanernes terminologi
Mentale modeller, tankeeksperimenter	Modellering er mentale eller konkrete aktiviteter
Bestemmer formål med modellen	eleverne får et skærpet blik for betydningen af en models funktion
Overvejer anvendelse og begrænsning	eleverne får et skærpet blik for forholdet mellem model og virkelighed eleverne sammenligner modeller
Udvælger data til modellen	... på baggrund af egne eller andres undersøgelser
Udvikler modeller/Udvikler modeller	eleverne konstruerer nye modeller
Vurderer modellen	eleverne får et skærpet blik for modellens styrker og svagheder
Modificerer modeller	eleverne bearbejder eksisterende modeller eleverne reviderer modeller
Afprøver – afviser eller godkender model	eleverne undersøger modeller

Tabel 1. Figur 1's beskrivelse af modelleringens konstaterbare delprocesser sammenholdes med de beskrevne processer i styringsdokumenterne. I relation til begge dokumenters terminologier er mentale processer i fed og konkrete processer i kursiv.



Figur 1. Model over modelleringens delprocesser der indgår i SOLO-taksonomi- evalueringsskemaet udviklet med inspiration fra Justi og Gilbert, 2002, Gilbert og Justi, 2016 og Christiansen, 2020a. Figuren beskrives nedenfor både i sin helhed og i de enkelte delprocesser.

Modelleringsprocessen indledes med at beslutte et **formål** med den model der skal udvikles. Det er dermed hensigten med modellen der bestemmes i den første fase. I den efterfølgende fase overvejes hvad modellen skal anvendes til, og derefter udvælges de data på baggrund af hvilke elevmodellen skal udvikles. Elevmodellen udvikles og bliver efterfølgende vurderet. Modelleringsprocessen frem mod udviklingen af en færdig elevmodel kan herefter gå forskellige veje. Disse delprocesser er i figur 1 illustreret med dobbeltpile:


- **Modellen afvises** af eleven, og modelleringsprocessen starter forfra med at bestemme et (nyt) **formål med modellen**. Denne proces er i figur 1 markeret med en lang rød pil.
- Ved at følge dobbeltpilene kan eleven vende tilbage til **overvejelser om anvendelse og begrænsning**, hvorefter det er muligt at processen **udvælgelse af data** foregår på ny, eller eleven **revurderer modellen** etc., som indikeret af dobbeltpilene.
- **Modellen modificeres** af eleven inden afprøvningen. Herefter **vurderes den** eventuelt igen, eller den sendes tilbage til **modificering** etc., indikeret af dobbeltpilene.
- **Modellen afprøves** af eleven. Det vurderes om modellen er i overensstemmelse med de data den er udviklet på baggrund af, og om den tilgodeser det opstillede formål. Herefter enten **godkendes** eller **afvises** modellen (hhv. en grøn og en rød kort pil).

Sammenhængen mellem de enkelte delprocesser i figur 1 bliver tydelige når læreren i sin undervisning tager udgangspunkt i en modelleringsproces og dermed har mulighed for på en gang at udvikle elevernes delkompetencer i modelleringsprocessen og understøtte elevernes kompetenceudvikling til at *forstå, forklare, forudsige med, diskutere* og *forholde sig kritisk til* modeller, da disse handlinger indirekte indgår i modelleringsprocessens delprocesser.




For eksempel kræver delprocessen **modificerer modellen** at eleven *forstår* modellens budskab og kan *forholde sig kritisk* til den måde det kommunikeres på, mens delprocessen **vurderer modellen** kræver at eleven kan *forklare* og *diskutere* modellens budskab. Når eleven arbejder med delprocessen **afprøver modellen**, bliver det nødvendigt for eleven at kunne *forudsige med* modeller.

I undervisningen kan læreren derfor implicit arbejde med at udvikle alle tre dele af elevernes modelleringskompetence: brug af modeller, metamodelleringsforståelse samt at udvikle og revidere modeller (modellering som proces) samtidig.

Til figur 1 knytter sig en rubric (figur 2) der angiver en taksonomi som tager udgangspunkt i Biggs' SOLO-taksonomi (Biggs & Tang, 2011). Figur 1 giver en kort karakteristik af de forskellige faser af modelleringsprocessen. Disse faser er udfoldet taksonomisk i den udviklede rubric (figur 2).

Modellerings- proces/ SOLO niveau	SOLO 1 Ikke struktureret	SOLO 2 Ensidigt struktureret
SOLO Taksonomien		
Kognitive verber	Misforstå	Kendskab til Viden om Genkende Tilegne sig Huske Identificere Benævne Definere
Bestemmer formål med modellen og kommunikerer det	<i>Kommunikere ikke et fagligt formål med udviklingen af modellen</i>	<i>Kommunikere med egne ord et fagligt formål med udviklingen af modellen</i>
Udvælger relevant data for model	<i>Udvælger irrelevante data</i>	<i>Udvælger mangelfulde eller ikke-relaterbare data</i>
Udvikler modellen og kommunikerer om den	<i>Anvender få eller begrænsede data. Kommunikere ikke, hvad modellen viser.</i>	<i>Baserer modellen på få usammenhængende aspekter og kommunikerer en begrænset faglig viden</i>
Kontrollerer om der er overensstemmelse mellem model og data	<i>Forholder ikke modellen til de udvalgte data</i>	<i>Kommunikere en mangelfuld forståelse af sammenhængen i modellen</i>
Vurderer modellen i forhold til formålet	<i>Vurderer ikke sammenhængen mellem formål og model</i>	<i>Vurderer mangelfuldt sammenhængen mellem formål og model</i>
Perspektiverer modellens anvendelses- områder og begrænsning ved modellen	<i>Kommunikere ikke sammenhængen mellem model og virkelighed og/eller redegør ikke for modellens anvendelsesområder og begrænsninger</i>	<i>Kommunikere med fokus på ét aspekt, og konkluderer ubegrundet og enstrenget på sammenhængen mellem model og virkelighed</i>

Figur 2. Rubric udviklet ud fra en SOLO-taksonomisk forståelse af modellering som proces (Biggs & Tang 2011). Mål for aktiviteten: "Du kan udvikle en model af..." (kortlink.dk/28hud) (se en version hvor der er vist eksempler på mulige elevudsagn i relation til de enkelte taksonomiske niveauer samt forslag til stilladserende lærerspørgsmål under de enkelte delprocesser (kortlink.dk/28huf).

SOLO 3 Multi struktureret	SOLO 4 Relationelt	SOLO 5 Abstrakt
		
Klassificere Opremse Beskrive Beregne Strukturere	Sammenligne Forklare/fortolke Analysere Anvende Årsagsforklare Relatere	Teoretisere Generalisere Reflektere Genere/udvikle Perspektivere
<i>Kommunikerer om formål med udviklingen af modellen ud fra kendt fagfaglig viden</i>	<i>Kommunikerer om formål med udviklingen af modellen ud fra komplekse faglige sammenhænge</i>	<i>Kommunikerer og problematiserer formål med udvikling af modellen ud fra egne fremsatte hypoteser og kompleks faglig viden</i>
<i>Udvælger og kombinerer forskellige data</i>	<i>Udvælger, kombinerer og relaterer forskellige data</i>	<i>Udvælger ud fra den fremsatte hypotese data og relaterer til relevante eksisterende teorier</i>
<i>Baserer modellen på flere aspekter med nogen sammenhæng og kommunikerer faglig forståelse, men relaterer ikke de forskellige faglige elementer</i>	<i>Baserer modellen på relationen mellem flere aspekter og generaliserer faglige sammenhænge og observationer på en let kommunikerbar måde</i>	<i>Baserer den enkle generaliserende model på en fagoverskridende analyse af hypotese, teorier og data. Generaliserer faglige sammenhænge og observationer og lægger op til en kompleks kommunikation og analyse om og med modellen</i>
<i>Kommunikerer beskrivende om sammenhænge i modellen</i>	<i>Kommunikerer og analyserer overordnede sammenhænge gennem modellen</i>	<i>Kommunikerer og behersker en overordnet sammenhængsforståelse af data og integrerer flere relevante faglige forståelser og teorier til en helhed</i>
<i>Vurderer på enkelte parametre sammenhænge mellem formål og model</i>	<i>Vurderer og forholder sig kritisk til sammenhænge mellem formål og model</i>	<i>Vurderer, forholder sig kritisk og videreudvikler modellen på et reflekteret grundlag med afsæt i det oprindelige formål for modellen</i>
<i>Kommunikerer om flere relevante faglige forhold, der behandles gennem modellen, men relaterer dem unuanceret til virkeligheden</i>	<i>Kommunikerer om alle væsentlige relevante faglige forhold, der behandles gennem modellen, og relaterer dem til den komplekse virkelighed</i>	<i>Kommunikerer om alle væsentlige relevante faglige forhold og teorier, der behandles gennem modellen, og konkluderer på baggrund af den opstillede hypotese i relation til modellens formål. Perspektiverer modellen til den komplekse virkelighed og kommunikerer ideer til at videreudvikle modellen efter en nuanceret analyse og vurdering af dens anvendelsesområder og begrænsninger</i>

Horisontalt viser rubricen de fem SOLO-taksonomiske niveauer (Brabrand et al. 2019), som beskrives både billedligt og gennem kognitive verber. Vertikalt er delprocesser i modelleringsprocessen karakteriseret svarende til delprocesserne i figur 1.

Fire delprocesser i figur 1 er slået sammen til én kategori i rubricen (figur 2). Det er delprocesserne: **vurdering af** den udviklede model, **modificering af** den udviklede model samt **afprøvning af** den udviklede model og at **sammenholde modellen med data**. Det har vi valgt at gøre da det at vurdere kan være en skjult mental proces som læreren først ser tegn på når eleven fx modificerer sin model, mens det at afprøve en model kræver noget at afprøve op imod, fx de data modellen er udviklet på baggrund af, og som dermed bliver en konstaterbar proces.

Den tætte relation mellem figur 1 og figur 2 udgør tilsammen et værktøj som læreren kan anvende både i planlægningen af undervisningen, planlægning af de enkelte modelleringsaktiviteter og til at evaluere elevernes udvikling af kompetence, både formativt og summativt. Dette udfoldes senere i artiklen.

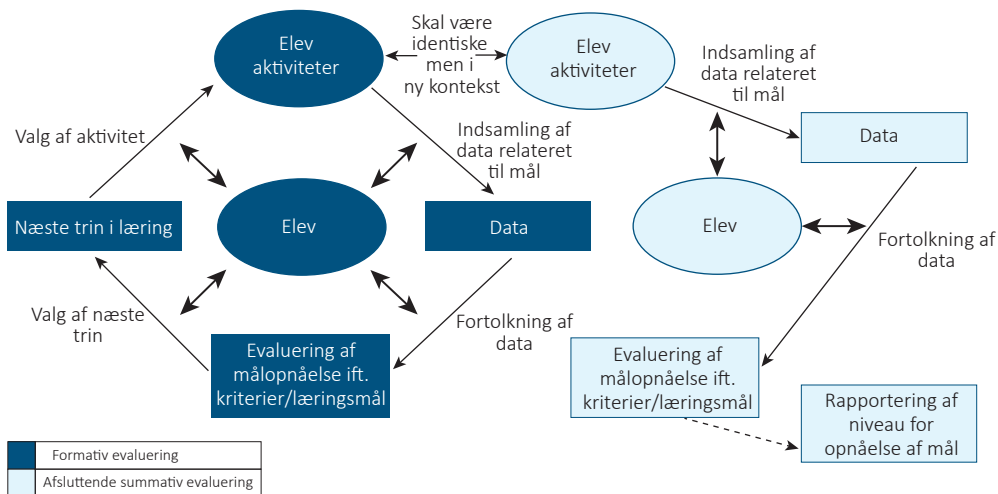
Brugen af værktøjet kan være med til at holde fokus på elevernes mestring af kompetencer i stedet for et fokus på præstationsorientering både i undervisningen og i evalueringssituationer, hvad enten disse er formative eller summative (Dolin & Nielsen 2016).

Evaluering af modelleringsprocessen under modelleringskompetencen

Dolin et al (2017) argumenterer for at valid vurdering af kompetencer nødvendiggør udvikling af nye evalueringsmetoder der baseres på et sociokulturelt evalueringsparadigme hvor eleverne kan udfolde sig i autentiske, virkelighedsnære kontekster. Enhver evaluering forudsætter mål. Hvis lærerne skal evaluere kompetencer, må målene nødvendigvis være kompetenceorienterede. Mål som er vidensfokuserede, eller manglende mål for elevernes læring umuliggør evalueringen af kompetencer.

En formativ evalueringssdialog tilbyder mulighed for at evaluere kompetencer. *Formativ evaluering* indeholder en *summativ komponent*, idet den formative evalueringssdialog tager afsæt i en vurdering af elevens niveau i nuet inden for det mål der evalueres. Den *afsluttende summative evaluering* er en formativ evaluering hvor den summative komponent fremhæves. Ved at anvende en formativ evalueringssdialog bidrager evalueringen til at eleven ser sig selv i et udviklingsperspektiv og ikke som afsluttende vurderet med et tal.

Evaluering af niveauet for målopnåelse



Figur 3. Relationen mellem den formative og den afsluttende summative evaluering udviklet på baggrund af Dolin et al (2018).

Figuren *Evaluering af niveauet for målopnåelse* (figur 3) viser hvordan man kan opfatte evalueringsprocessen – som både formativ og summativ evaluering – og er en videreudvikling af en model/figur præsenteret af Dolin et al (2018). I figuren kan man betragte processen fra en elevaktivitet til næste elevaktivitet som en læringscyklus. Dermed beskriver figuren hvordan en læringscyklus kvalificeres af formativ evaluering, og hvordan en afsluttende summativ evaluering kan forstås og gennemføres ud fra de samme mål for undervisningen/vurderingskriterier. Eleven tager aktiv del i evalueringsprocessen markeret med dobbeltpile til eleven. Dobbeltpilene markerer dermed en summativ komponent som i den rent formative proces markerer at der også i denne indgår en summativ komponent, idet elevens niveau må bestemmes som afsæt for den rent formative evaluering/dialog med eleven.

Det udviklede værktøjs anvendelse til evaluering

Interaktionen i dialogform mellem eleven og læreren samt evt. censor som vist i figur 3 kan fx give indblik i modelleringsprocessen og dermed muliggøre en vurdering af elevens præstation i relation til fastsatte vurderingskriterier. Under denne interaktion kan det udviklede værktøj der udgøres af figur 1 (modelleringsens delprocesser) og figur 2 (rubric), bringes i anvendelse.

Værktøjet kan foruden at understøtte evaluering/dialoger med eleven imødekomme et ønske hos nogle lærere om støtte til at udvikle og gennemføre en kompetenceorienteret naturfagsundervisning (Rambøll et al. 2018 & 2020).

Figur 1 tydeliggør modelleringsprocessen så lærerne støttes i at stille spørgsmål der kan understøtte elevernes præstationer og demonstration af niveauet for udviklet kompetence. Figur 1 kan anvendes både i forbindelse med den afsluttende summative fælles prøve i udskolingens naturfag og i den daglige undervisning både formativt og summativt som hjælp til at stilladsere elevernes arbejde med modelleringsprocessen.

Hvis rubricen (figur 2) anvendes i en **formativ evaluering**, vil den kunne understøtte en undervisningstilrettelæggelse med fokus på udvikling af elevernes kompetence til at gennemføre modellering som proces. Dermed vil rubricen kunne bidrage til at sætte retning for lærernes tilrettelæggelse af kompetenceorienteret naturfagsundervisning inden for modellering. Ved at anvende rubricen til **summativ evaluering** af elevernes kompetence til at udvikle modeller kan man umiddelbart erfare elevernes niveau for udviklet kompetence, herunder elevens begrænsede kompetence i arbejdet med modelleringsprocessen.

Det udviklede evalueringsværktøj, der udgøres af *Figur over modelleringens delprocesser* (figur 1) og de tilhørende vurderingskriterier i rubricen (figur 2), viser hvordan man i interaktionen med eleven på én gang kan stilladsere og samtidig vurdere elevens præstation under modelleringsprocessen. Evalueringsværktøjet er med afsæt i formulerede og kommunikerede mål for undervisningen og med sin formative tilgang desuden tænkt anvendt summativt til vurdering af elevernes niveau af udviklet kompetence, fx ved afslutningen af et forløb eller ved den afsluttende prøve. Dermed lever evalueringsværktøjet både op til at have operationaliserbare kompetenceorienterede mål og ud fra målene at kunne lægge op til konstaterbare processer i relation til modelleringsprocessen.

Figur 1 og den tilknyttede rubric (figur 2) giver dermed lærerne et værktøj til planlægning af undervisningsaktiviteter i forbindelse med udvikling af elevernes kompetence til at modellere og til i den daglige undervisning at kommunikere med eleverne om målet for deres kompetenceudvikling.

Evalueringsprocessen i detaljer

En elevaktivitet giver anledning til en dialog mellem elev og lærer (og evt. censor) så eleven støttes til gennem processen at demonstrere sit niveau for målopnåelse.

Læreren (og evt. censor) indsamler data om elevens præstation (det kan være gennem et elevprodukt, noter etc.). I praksis kan det ske i form af åbne spørgsmål som får eleven til at demonstrere sin evne til at modellere. Hvis elevens kompetence til at udvikle en model med baggrund i et formål skal afdækkes, kan det fx ske gennem spørgsmålet: "Hvad skal din model vise?" Et opfølgende spørgsmål kunne afdække elevens niveau i forhold til at vurdere modeller: "Hvordan synes du at din model og dit formål passer sammen?" Åbne spørgsmål som disse vil ikke alene kunne evaluere elevens kompetenceniveau, men også kunne stilladsere elevens tilegnelse af kompe-

tence i arbejdet med modelleringsprocessen, og dialogen som spørgsmålet afstedkommer, vil desuden kunne give eleven mulighed for at opbygge en metaforståelse af modelleringsprocessen, som kan styrke læringen. Se yderligere forslag til spørgsmål i rubricen med elevudsagn (kortlink.dk/28huf).

De indsamlede data fortolkes i en dialog med eleven i relation til de opstillede vurderingskriterier for målopnåelse så eleven forstår det niveau som lærer og evt. censor vurderer eleven til at være på. Herefter vil den afsluttende summative evaluering være afsluttet, evt. med en karakterafgivelse og indberetning af denne.

Den formative evaluering fortsætter idet elev og lærer på baggrund af elevens niveau for målopnåelse i relation til vurderingskriterierne beslutter hvad det næste trin i elevens kompetenceudvikling er. Ud fra evalueringen vælger elev og lærer hvilken aktivitet der kan understøtte elevens videre kompetenceudvikling, og en ny læringscyklus starter.

I forlængelse af eksemplet fra før kunne evalueringen vise at eleven har udviklet kompetence til at opstille et formål for sin model på SOLO-taksonomisk niveau 3 ved at kommunikere om formål for modellen ud fra kendt fagfaglig viden. Kompetencen til at vurdere overensstemmelsen mellem formål og den udviklede model vurderes måske til at være på niveau 2, og målopnåelsen er derfor mangelfuld. Næste trin kunne derfor være at fokusere på at eleven udvikler sin kompetence til at vurdere modeller ud fra overensstemmelse mellem formål og udviklet model i kommende undervisningsaktiviteter. Dette fokus kan læreren have for hele klassen eller for udvalgte elever. Læreren vælger fx at tilrettelægge modelleringsaktiviteter hvor peer-feedback bringes i anvendelse. Eleverne skal gennem en samtale opbygge viden om hvilke formål/hensigter der kan være med forskellige typer af modeller. Efterfølgende skal eleverne vurdere hinandens modeller for sammenhængen mellem formål og model. Denne peer-feedback er en formativ evaluering, og en ny læringscyklus er dermed gennemløbet.

Forskellen på den afsluttende summative og den formative evaluering er at den afsluttende summative evaluering ikke udgør en fuld læringscyklus, idet der ikke vælges et næste trin for elevens kompetenceudvikling da der ikke skal vælges ny elevaktivitet.

Figuren *Evaluering af niveaulet for målopnåelse* (figur 3) adskiller sig fra den originale (Dolin et al 2018) ved at den formative evaluering der anvendes afsluttende summativt, er flyttet ud, og den indgår dermed ikke i den fortsatte proces. Den summative komponent der indgår i den formative evaluering som ikke anvendes afsluttende summativt, er i modellen markeret med dobbeltpile mellem eleven i midten og processerne der forløber mellem aktiviteterne. Den tilgodeser at en evaluering af kompetencer i sagens natur er nødt til at evaluere elevens evne og vilje til handling (Dolin 2003), og derfor må evalueringen foregå i en situation hvor lærer og evt. censor

har mulighed for at stille spørgsmål til elevens tanker i forbindelse med elevaktiviteten i relation til vurderingskriterierne under selve modelleringsprocessen.

Diskussion

Hvis indholdet i undervisningen skal fremstå meningsfuldt for eleverne, må det organiseres omkring et centralt begreb og/eller et centralt princip (Winsløw 2009). Naturligvis har det naturfaglige indhold og dets karakter også en betydning, fx kan abstraktionsniveauet have en direkte afsmittende effekt på abstraktionsniveauet i elevernes modeller.

Med afsæt i denne forståelse har vi udviklet en figur for delprocesserne som man kan arbejde med i en undervisning der tager udgangspunkt i modelleringsprocessen. Undervisningen der tilrettelægges så elevernes forståelse af hver enkelt af de underliggende delprocesser opbygges først, er i princippet lettere at tilrettelægge. Dog vil der ved en sådan tilrettelægning være en risiko for at modelleringsprocessen bliver fragmenteret, og undervisningen kommer i værste fald til at fremstå meningsløs (Winsløw 2009). Ved at tage udgangspunkt i den samlede modelleringsproces som det centrale princip i stedet for én delproces ad gangen prøver vi at undgå elevens oplevelse af modelleringsprocessen som fragmenteret.

Under arbejdet med modelleringsprocessen må elevernes kompetence og faglige forståelse udvikles samtidig og i en vekselvirkning. En sammenhæng mellem elevens eksisterende færdigheder og viden og det der skal læres, er en forudsætning for meningsfuld læring. Fravær af denne sammenhæng kan være en hindring for at eleverne kan tilegne sig struktureret læring (Winsløw 2009).

Eleverne kan i starten når kompetencen skal udvikles, have uklare forestillinger om den samlede modelleringsproces. Dette afhjælpes ved at de enkelte delprocesser introduceres løbende når den enkelte elevs behov opstår, og undervisningen struktureres så kompetencen udvikles gennem arbejdet med at: *Bestemme modellens formål, overveje anvendelse og begrænsninger af, udvælge data til, udvikle, vurdere, modificere og afprøve modeller.*

Den viden og de færdigheder vi på denne baggrund forventer at eleverne udvikler, kan gradvist indgå i en sammenhæng med en tydelig reference til det centrale princip og med baggrund i den motivation som udspringer af det centrale princip, *modelleringsprocessen*. Gennem denne proces vil eleverne udvikle en sammenhængende kompetence til at gennemføre en samlet modelleringsproces.

Vores forventning er at elevernes forståelse for og færdighed i at gennemføre en fuld modelleringsproces samt kompetencen til de enkelte delprocesser i modelleringskompetence udvikles, integreres og/eller konsolideres ved brug af formativ evaluering som en væsentlig del af arbejdet med elevernes modelleringskompetence.

Formålet med den udviklede rubric (kortlink.dk/28huf) har været at give lærerne inspiration til hvordan de i en dialog med eleverne under deres arbejde med en modelleringsproces kan vurdere elevernes niveau for mål opnåelse for den udviklede modelleringskompetence og samtidig stilladsere elevernes udvikling af kompetence.

Praksissen med at udvikle og anvende rubrics er ikke ny, og den understøttes blandt andet af ASTRA, der på hjemmesiden astra.dk giver lærere vejledning til brug og udvikling af egne rubrics.

Niveauerne i rubricen for hver enkelt delproces er beskrevet i generelle vendinger. Det gør det muligt for lærerne at tilpasse rubricen til deres undervisning med det formål at udvikle elevernes kompetence til at revidere eksisterende/konstruere egne modeller.

Anvendelsen af SOLO-taksonomiske niveauer (Biggs & Tang 2011) er valgt da disse i højere grad har fokus på "learning outcomes" og dermed konstaterbare udtryk for den lærendes (her elevens) udviklede kompetence. SOLO-taksonomien finder ligeledes anvendelse i lærerkredse, fx på skolerne i Gladsaxe Kommune (Gladsaxe 2020). Ved at anvende SOLO-taksonomien til at beskrive tegn på læring understøttes lærerne i at målsætte på kompetenceniveau når de tilrettelægger undervisning og aktiviteter der fx skal udvikle elevernes modelleringskompetence gennem arbejdet med modelleringsprocessen.

Rubricversionen med eksempler på mulige elevudsagn i relation til de enkelte SOLO-taksonomiske niveauer for hver af delprocesserne i modelleringsprocessen er udviklet for at tilbyde konkrete eksempler på hvilket niveau af tænkning eller færdighed et givet taksonomisk niveau repræsenterer (kortlink.dk/28huf).

Forslagene til åbne spørgsmål til evaluering af hver delproces (kortlink.dk/28huf) er inspiration til lærerne til hvordan elevens blik på modellen og modelleringsprocessen kan gøres til genstand for en dialog. Spørgsmålene kan desuden anvendes til at stilladsere elevernes udvikling af modelleringskompetencens tre delelementer: færdigheder og viden til at bruge og konstruere/revidere modeller og metamodelleringsforståelse.

Elevudsagnene under de fem taksonomiske niveauer for hver af modelleringsprocessens delprocesser skal betragtes som eksempler på hvad en elev på et givet SOLO-taksonomisk niveau *eventuelt kunne* udtrykke under arbejdet med den specifikke delproces. I eksemplet er der stor forskel på hvad elever på niveau 2 og niveau 4 ville svare på et åbent lærerspørgsmål af typen: "Hvad viser din model?" Eleven på niveau 2 udtrykker sig overfladisk om sin model, mens eleven på niveau 4 kan redegøre for underliggende delprocesser i modellen. I relation til vands kredsløb kunne det være faseovergange, afstrømning osv. Udsagnene skal opfattes som en kilde til inspiration til hvilken karakter af udsagn man kan kigge efter. De kan ikke opfattes som et absolut krav til hvad eller hvordan eleverne skal kommunikere på det specifikke SOLO-taksonomiske niveau under den givne delproces i deres arbejde med modelleringsprocessen.

Udsagnene er delvist forfatterens konstruktioner baseret på erfaring med undervisning af elever i udskoling og delvist autentiske udsagn fra elever i undervisningssituationer der ikke nødvendigvis har haft elevernes tilegnelse af modelleringskompetencens modelleringsproces som mål.

De præsenterede rubrics er udviklet til udskolingens 7.-9. klasser. Samme type rubrics vil kunne udvikles til natur-/teknologiundervisningen. En anden mulighed er at lærerne for at kunne anvende rubricen i skolens 4.-6. klasser reducerer antallet af SOLO-taksonomiske niveauer og kun forholder sig til niveau 1 til 3.

Opsummering

Resultaterne fra Rambøll et al. (2020) indikerer at lærerne har behov for et værktøj der kan støtte dem i både formativt og summativt at evaluere især den del af modelleringskompetencen der omhandler modelleringsprocessen.

Vi har på den baggrund forsøgt os med at udvikle et værktøj hvor kombinationen af en figur/model af modelleringsprocessen og en taksonomi (rubric figur 2) giver lærerne redskabet til både at gennemføre formative og summative evalueringssituationer med elevernes til afdekning af deres opnåede kompetenceniveau under arbejdet med modelleringsprocessen.

Værktøjet, hvor figur 1 og taksonomi skal anvendes i en kombination, er udviklet til at inspirere og stilladsere lærernes udvikling af en kompetenceorienteret undervisning, som igen kan udvikle elevernes modelleringskompetence. Udviklingen sker i relation til den del der omhandler modelleringsprocessen. Evalueringsværktøjet må ikke forstås som en facitliste for hvad en elev skal kunne på et givet tidspunkt for at opnå en given karakter. Værktøjet kan og bør tilpasses i forhold til lærernes specifikke kompetencemål for den undervisning hvor værktøjet bringes i anvendelse.

Når lærerne anvender værktøjet som inspiration til at opstille operationaliserede og konstaterbare kompetencemål, kan det uhensigtsmæssige fokus på præstationsorientering nedbrydes og et større fokus på elevernes mestring af kompetencer opnås når undervisning og evalueringssituationer planlægges (Dolin & Nielsen 2016).

Anbefaling

Vi foreslår at skolernes naturfaglige teams tager evalueringsværktøjet til sig og anvender det til at tilrettelægge undervisningsforløb der har til formål at udvikle elevernes modelleringskompetence i relation til modelleringsprocessen. Dette kan ske med et produkt af en elevudviklet model for øje, selvom der fra gang til gang kan være ekstra fokus på udvalgte delprocesser. Arbejdet kan ledsages af udarbejdelsen af en lokal plan for hvordan der arbejdes med en progression i elevernes kompetence til at modellere.

Med afsæt i det fællesfaglige fokusområde: *Drikkevandsforsyning for fremtidige generationer* i 7., 8. eller 9. klasse foreslår vi fokus på udvikling af følgende delkompetencer som skitseret i rubricen (figur 2):

I 7. klasse kunne fokus være på at udvikle elevernes kompetence til at opstille formål for egne modeller og vurdere om dette formål er opfyldt i den afsluttede model. I undervisningen kan eleverne have arbejdet med modeller der forklarer vandkredsløbets delprocesser, fx vejr, tilstandsformer, nedsivning og dannelse af grundvand. Når de formulerer et formål med modellen, kan der evalueres på om eleverne inkluderer denne viden og viser målopnåelse på SOLO-niveau 3 ved fx at sige noget i retningen af: "Jeg vil lave en model der viser hvordan vandet kommer fra atmosfæren til jorden og tilbage til atmosfæren igen. Grundvandet skal også være med. Man kalder modellen for vands kredsløb." Hvis eleven også i relation til at vurdere sammenhængen mellem formål og udviklet model tilfredsstillende målopnåelse på SOLO-niveau 3, vil elevens udsagn kunne være: "Ja, min model har pile for overgange og også pile for nedsivning." (kortlink.dk/28huf)

I 8. klasse foreslår vi at eleverne i undervisningen arbejder med problemstillinger og modeller om vandrensning, partikkelmodellen, faseovergange, klima etc., som kan føre til at eleverne reviderer eller konstruerer modeller af vands kredsløb. I modellerne vil det derfor være oplagt at arbejde med at inkludere viden opnået fra elevernes egne undersøgelser og modelleringsprocesser i undervisningen og dermed med delprocessen *udvælgelse af data*. Elevernes egne modeller kan på denne baggrund sigte mod at vise både det naturlige vandkredsløb og menneskets påvirkning af dette. Elevens målopnåelse på SOLO-niveau 3 kan evalueres ud fra udsagn som: "Vi finder vand forskellige steder (grundvandet, atmosfæren, nedbør, regnskyer, hav). Vand findes i tre tilstandsformer, og der er faseovergange mellem tilstandsformerne. Vand siver ned gennem jordlagene og bliver til grundvand." Arbejdet forudsætter at eleverne tidligere i undervisningen har gjort brug af modeller og vurderet deres relation til virkeligheden samt deres styrker og svagheder, fx i 7. klasse. (kortlink.dk/28huf)

I 9. klasse kunne man anvende temaet som udgangspunkt for at udvikle elevernes kompetence til at perspektivere modellens anvendelsesområder og begrænsninger. Fx kan eleverne i undervisningen have særligt fokus på arbejdet med flere datasæt fra undersøgelser af samme forhold samt på vurderingen af kvaliteten af de forskellige datasæt. Eleverne kan gennem dette arbejde forholde sig til hvilke konsekvenser valget af data har for den model der udvikles. Noget af dette arbejde kan dermed tage udgangspunkt i brugen af data fra elevens egne undersøgelser og give anledning til sammenligning med data fra fx andre elever eller meteorologisk institut etc. Elevens målopnåelse på SOLO-niveau 3 giver anledning til elevudsagn af typen: "Modellen kan bruges til at vise at vandets faseovergange får vandets kredsløb til at løbe rundt fra atmosfæren til jorden og måske til grundvandet og tilbage igen." (kortlink.dk/28huf)

Ved at anvende rubricen som et værktøj vil lærerne kunne producere deres egne rubrics til evaluering af elevernes udvikling af modelleringskompetence. At producere rubrics er tidskrævende, hvilket kan være en barriere for at bringe dem i anvendelse. Med rubricens generelle vendinger (figur 2) tilbydes lærerne en genvej der kan begrænse tidsforbruget. Den tid der investeres, kan formentlig genvindes når der samarbejdes i fagteams under tilrettelæggelsen af fællesfaglige forløb, samt med censor ved afgangsprøven.

Vi anbefaler at lærerne i de naturfaglige teams arbejder på at opnå en fælles forståelse af både modelleringsprocessens delprocesser og hvordan de kan evaluere elevernes niveau for målopnåelse. Dette kan evt. ske gennem en fælles drøftelse af rubricens generelle beskrivelser af niveauerne for modelleringens delprocesser og ud fra figuren som viser delprocesserne (figur 1).

Beskrivelserne i rubricen kan desuden give inspiration til hvordan både den enkelte lærer og naturfagsteams i fællesskab kan tilrettelægge undervisning i modellering. I selve undervisningen kan rubricen anvendes til formativt at evaluere elevernes udvikling af kompetence.

Under den fælles naturfaglige afgangsprøve tilbyder rubricen lærere og censor et fælles afsæt for dialogen med eleven i selve prøvesituationen og når elevens målopnåelse skal vurderes.

Endvidere foreslår vi at der til de øvrige tre naturfaglige kompetenceområder (eller i hvert tilfælde de to der skal evalueres ved den afsluttende prøve (undersøgelses- og perspektiveringskompetencen) udvikles tilsvarende evalueringsværktøjer.

Referencer

- ASTRA, lokaliseret d.13. september på Rubric – Forventninger til fælles naturfagsprøve.
- Biggs J. & Tang C. (2011): *Teaching for Quality Learning at University*, *Open University Press* s. 81-94.
- Brabrand, C., Sørensen, H.K, Kragh, H., Søndergaard B. D., Kjeldsen, H., Madsen, T. V., (2019) SOLO: Liste over verber, PPT <https://slideplayer.dk/slide/5349480/>.
- Børne- og Undervisningsministeriet, (2020) Fælles Mål – Historisk oversigt Lokaliseret d.13. september 2020 på <https://www.uvm.dk/folkeskolen/fag-timetale-og-overgange/faelles-maal/historisk/historisk-oversigt>.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019a). Læseplan for faget Natur/teknologi. Lokaliseret d. 18.sep.2020 på https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_1%C3%A6seplan_Naturteknologi.pdf.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019b). Læseplan for faget biologi. Lokaliseret d. 18.sep.2020 på https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_1%C3%A6seplan_biologi.pdf.

- Børne- og Undervisningsministeriet (2019c). Læseplan for faget fysik/kemi. Lokaliseret d. 18.sep.2020 på https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_1%C3%A6seplan_fysik-kemi.pdf.
- Børne- og Undervisningsministeriet (2019d). Læseplan for faget geografi. Lokaliseret d. 18.sep.2020 på https://emu.dk/sites/default/files/2020-09/Gsk_1%C3%A6seplan_geografi.pdf.
- Christiansen, J. L. Anderson, J., Hansen, D., Jensen, M.S., Kinnerup, L.B., Lilius, K.M. (2019). Brug af modeller og modellering i udskolingens naturfagsundervisning. *MONA 4, 2019, p. 8-27*.
- Christiansen, J. L. (2020a). Modelleringsprocessen. *MONA 2, 85-88*.
- Christiansen, J.L (2020b): Modeller og modellering i grundskolens naturfag. *MONA 3, 7-26*.
- Dolin, J., Black, P., Harlen, W., & Tiberghien, A. (2018). Exploring Relations between Formative and Summative Assessment. In Dolin, J., & Evans, R. (Eds.). (2018). *Transforming Assessment: Through an Interplay between Practice, Research and Policy*. Springer International Publishing. (pp. 53-80).
- Dolin, J., Krogh, L.B. & Troelsen, R. (2003). En kompetencebeskrivelse af naturfagene. I: H. Busch, S. Horst & R. Troelsen (red.), *Inspiration til fremtidens naturfaglige Uddannelser* (s. 59-140). Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie, nr. 8, 2003. København: Undervisningsministeriet.
- Dolin, J., Nielsen, J. A., & Tidemand, S. (2017). Evaluering af naturfaglige kompetencer. *Acta Didactica Norge, 11(3), Art. 2, 28, s. 3-11*.
- Dolin, J., Nielsen, J. A. (2016) Evaluering mellem mestring og præstation, *MONA (1) 2016, s. 51-6*.
- Elmose, S. (2007). Naturfaglige kompetencer – til gavn for hvem? *MONA, 2007(4), s. 49-67*.
- Gilbert, J.K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*, Springer.
- Gladsaxe kommune, lokaliseret d.13. september 2020 på <https://gladsaxe.dk/fremtidens-skole/hvordan-goer-vi/hvilken-laeringsmodel-bruger-vi/solo-taksonomi>.
- Illeris, K. (2011). *Kompetence – Hvad, Hvorfor, Hvordan?* Samfundslitteratur.
- Jensen, P.E. (2000). Kapabiliteter og kompetencer som ledelsesværktøj. I Torben Andersen, Inger Jensen og Arne Prahl (red.). *Kompetence i et organisatorisk perspektiv*, Roskilde Universitetsforlag. s. 123-152.
- Justi, R. & John Gilbert, J. (2002). Teachers' Views on the Nature of Models. *International Journal of Science Education, 25(11), s. 1369-1386*.
- Jørgensen, P.S. (1999). Hvad er kompetence? *Uddannelse, 3, s. 4-13*.
- Levy, A. (2015). Modeling without Models. *Philosophical Studies, 172(3), s. 781-798*.
- Louca, L.T. & Zacharia, Z.C. (2012). Modeling-Based Learning in Science Education: Cognitive, Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review, 64(4), s. 471-492*.
- Nielsen, S. S. (2020), Et bud på en mere procesorienteret tilgang til modellering i skolens naturfagsundervisning, *MONA, 2020(1), s. 91-96*.

- Prins, G.T., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2016). An Activity-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful Contexts for Learning in Science Education. *Science Education*, 100(6), s. 1092-1123.
- Rambøll, Krogh, L. B., Daugbjerg, P., Ormstrup, I. C. N., Clausen, S. W., Nielsen, S. S., & Goldbech, O. (2018). *Statusnotat – evaluering og følgeforskning: Indførelse af den ny fælles prøve i Fysik/kemi, biologi og geografi – prøvens betydning for undervisningens form og indhold*. Undervisningsministeriet, 2018.
- Rambøll, Krogh, L. B.; Daugbjerg, P.; Goldbech, O. (2020) *Statusnotat 3: Evaluering og følgeforskning – Indførelse af den ny fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi – udviklingen i elevers motivation og interesse for naturfagene*. Undervisningsministeriet, 2020.
- Schwarz, C.V., Reiser, B.J., Davis, E.A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, s. 632-654.
- Winsløw, Carl, 2009, *Didaktiske elementer*, Forlaget Biofolia, s. 104-111. 04-03-2019

English abstract

This paper presents a tool for teachers to evaluate students' learning outcomes in relation to the modelling process in lower secondary school. The model of the modelling process can provide teachers with ideas on how to discuss modelling in a learning perspective with students and how to plan activities that scaffold the students' learning outcomes. The taxonomy characterizes identifiable learning outcomes related to the model of the modelling process in five SOLO-taxonomic levels. In combination, model and taxonomy provides a tool for teachers to discuss and evaluate student competence-based learning outcomes with respect to the modelling process formatively and summatively.