



3. Utforskende arbeidsmåter i naturfaglærerutdanningen

Idar Mestad, Kirsti Marie Jegstad og Ellen Karoline Henriksen

Sammendrag I dette kapittelet diskuterer vi hvordan naturfaglærerutdanningen kan utvikle lærerstudentenes kompetanse i å praktiskere utforskende arbeidsmåter (UA) i sin framtidige yrkespraksis. Med bakgrunn i vår forståelse av UA og av lærerrollen i UA setter vi fram fire designprinsipper om hvordan man kan arbeide med utforskende arbeidsmåter i lærerutdanningen. Videre synliggjør og diskuterer vi hvordan designprinsippene kan brukes til å utforme konkrete undervisnings- og læringsaktiviteter.

Nøkkelord utforskende arbeidsmåter | naturfaglærerutdanning | forskningsbasert lærerutdanning | lærerrolle | designbasert forskning (DBR)

Abstract This chapter discusses how science teacher education can develop pre-service teachers' competence in practicing inquiry-based science education (IBSE) in their future professional practice. Based on our understanding of inquiry-based learning and the teacher's role, we put forward four design principles about how to implement inquiry-based teaching and learning in teacher education. Furthermore, we highlight and discuss how the design principles can be used to design concrete teaching and learning activities.

Keywords inquiry-based science education | science teacher education | research-based teacher education | teacher role | design-based research (DBR)

INNLEDNING

Den norske læreplanen i naturfag (LK20) løfter fram utforskende arbeidsmåter (UA) både i innledningen til læreplanen og gjennom at verbet «å utforske» er brukt hyppig i fagets kompetansemål. Denne satsingen er bygd på forskning som gjennom tiår har framhevet at UA kan bidra både til engasjement og godt

læringsutbytte (Crawford, 2014; Furtak et al., 2012; National Research Council, 2012; Rocard et al., 2007; Rönnebeck et al., 2016), og UA er derfor sentralt i en forskningsbasert lærerutdanning. En utforskende tilnærming til kunnskap er også trukket fram som viktig for framtidens samfunns- og arbeidsliv (Kunnskapsdepartementet, 2015, s. 31; OECD, 2023). Likevel er det mye som tyder på at slike metoder til nå har vært mindre utbredt enn man skulle forvente (Crawford, 2014) og at utbyttet elevene får av å arbeide utforskende, varierer (Teig et al., 2018). Dette taler for at utforskende arbeidsmåter også bør være helt sentralt i naturfaglærerutdanningen.

Senest i utkastet til rammeverk for PISA 2025 vektlegges elevenes evne til å bruke naturvitenskapelig kunnskap og informasjon til å engasjere seg i og foreta valg som reflekterte medborgere (OECD, 2023). PISA 2025-undersøkelsen skal blant annet kartlegge elevens kompetanse i å identifisere vitenskapelige spørsmål, foreslå forsøksdesign, tolke data og argumentere for en vitenskapelig konklusjon basert på data samt kritisk undersøke svakheter i argumenter som berører naturvitenskap.

Det finnes etter hvert mange studier i Norge og internasjonalt som har undersøkt hvordan man kan få til god utforskende undervisning i skolen. Forskningsprosjektene «Elever som forskere i naturfag» (Knain & Kolstø, 2019a) og «Forskerføtter og leserøtter» (Ødegaard et al., 2016) har presentert didaktiske modeller og forslag til detaljerte undervisningsopplegg som viser hvordan elevene kan arbeide. I tillegg har LISSI-prosjektet (Ødegaard et al., 2021) undersøkt 20 klasserom for å få innsikt i hva som skjer når lærere praktiserer utforskende undervisning. UA er altså anbefalt av fagfolk og utdanningsmyndigheter, og vi vet en god del om hvordan det kan fungere godt, men mye tyder på at det likevel ikke er så lett for lærere å få til UA i klasserommet (Akuma & Callaghan, 2019; Kersting et al., 2021).

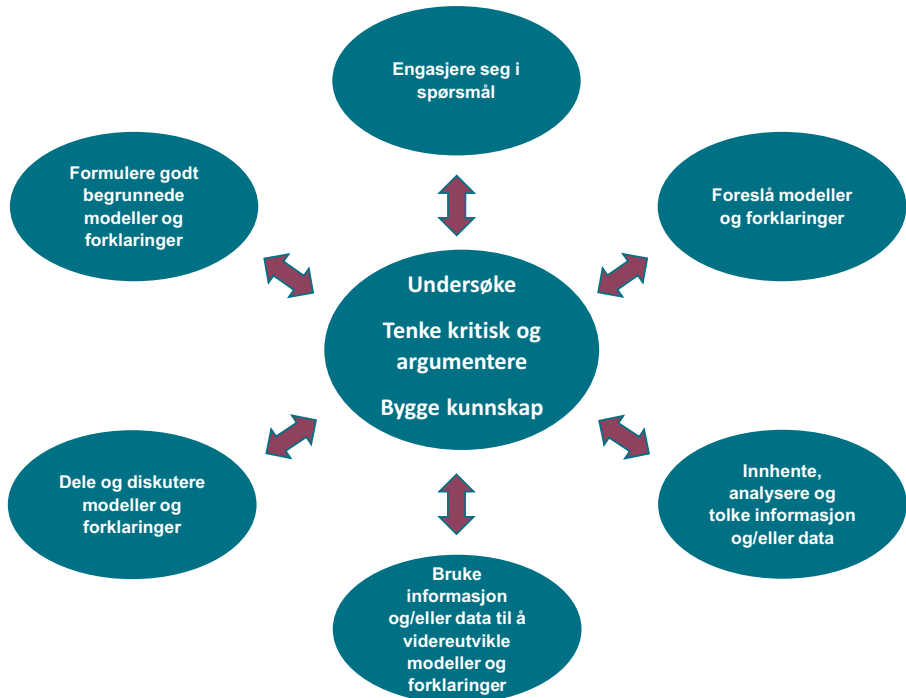
Forskningslitteraturen peker på en rekke utfordringer som lærere møter når de gjennomfører utforskende aktiviteter, og vi vil trekke fram tre av disse. For det første er det å omsette forskningsbaserte didaktiske prinsipper og undervisningsopplegg til god undervisningspraksis krevende. Opplegg må tilpasses klasserommet og elevgruppen. Utforskende undervisning er ofte omfattende med ulike faser og basert på et syn på kunnskap og læring som ikke nødvendigvis deles av alle lærere. Derfor kan viktige faser bli nedprioritert eller neglisjert (Akuma & Callaghan, 2019). For det andre blir UA ofte forstått som elevsentrert, der elevene får stor frihet til å bestemme hva de skal gjøre og hva de skal finne ut av (Haugan et al., 2017). Ifølge Akuma og Callaghan (2019) vegrer mange naturfaglærere seg for å gi elevene for mye kontroll over innholdet i undervisningen fordi de ofte

anser det faglige innholdet som ferdige produkt som eleven skal forstå. For det tredje innebærer UA mange ulike arbeidsmåter og praksiser (Knain & Kolstø, 2019b; Crawford, 2014). Det gjør det vanskelig for både lærere og forskningsfeltet å ha en entydig forståelse av hva som egentlig ligger i begrepet og hva elevene skal få ut av det (Mestad, 2019). Handler det å arbeide utforskende om å trene elevenes ferdigheter, handler det om å utvikle forståelse for naturfaglige begreper og arbeidsmåter, eller handler det om å utvikle elevenes evne til å tenke og vurdere kritisk og spørrende?

Disse tre utfordringene legger et spesielt ansvar på lærerutdanningen. Hvordan kan lærerutdanningen trene naturfaglærerstudenter til å praktisere UA på en måte som bidrar til engasjement og læring hos framtidige elever? I TRELIS-prosjektet har vi lagt vekt på at lærerutdanningen i naturfag skal være forskningsbasert (se kapittel 1), blant annet ved at fagstoff, undervisningsinnhold og arbeidsmåter skal være basert på naturvitenskapelig og naturfagdidaktisk forskning. Hensikten med dette kapittelet er derfor å komme med forslag til hvordan forskningsbaserte utforskende aktiviteter i naturfaglærerutdanningen kan bidra til å utvikle lærerstudentenes kompetanse i å bruke slike arbeidsmåter i klasserommet. Dette gjør vi gjennom først å bruke forskningslitteratur til å argumentere for vår modell for UA med vekt på hva *elever* kan få ut av å arbeide utforskende. Deretter presenterer vi litteratur om UA i lærerutdanningen, der vi spesielt drøfter elev- og lærerrollen i utforskende arbeidsmåter. Til slutt gir vi en oversikt over utforskende aktiviteter som vi har prøvd ut i naturfaglærerutdanningen og viser hvordan disse er basert på TRELIS-modellen og ideer om UA tilpasset lærerutdanningen. Basert på våre erfaringer har vi videreutviklet disse ideene til fire designprinsipper for hvordan *lærerstudenter og lærere* kan utvikle kompetanse i utforskende arbeidsmåter.

TRELIS SIN MODELL FOR UTFORSKENDE ARBEIDSMÅTER

I TRELIS-prosjektet har vi utarbeidet en modell for hva som ligger i det å arbeide utforskende, som vist i figur 3.1. Formålet har vært å prøve å samle fellestrekk fra naturfagdidaktisk forskningslitteratur i en modell som uttrykker forståelsen som ligger til grunn for prosjektets forskning og utvikling knyttet til UA. Modellen uttrykker en helhetlig forståelse ved å peke på tre sentrale ideer om hva som kjenneretegner UA. Samtidig trekker vi fram det vi har kalt seks utforskende praksiser som er ment å tydeliggjøre hva elevene må trene seg i og ha kunnskap om når de arbeider utforskende.



Figur 3.1: TRELIS-prosjektets modell av sentrale ideer og praksiser som inngår i utforskende arbeid i naturfaget.

Sentrale ideer om utforskende arbeidsmåter

Ideene i midten av modellen er basert på John Deweys (1910) syn på læring, der han vektlegger hvordan sanseintrykk kan skape undring og motivere for tolkning og tenkning. For det første har vi vektlagt at utforskende praksiser forutsetter at man er *undersøkende*. I dette ligger det at når man arbeider utforskende, har man en refleksiv, spørrende og undersøkende tilnærming til fakta og påstander. Det innebærer at man ser på egne og andres forslag til svar som foreløpige (Bailin & Battersby, 2016; Knain & Kolstø, 2019b). Det innebærer også at elevene kjenner seg trygge nok til å komme med forslag, selv om forslagene kan være ufullstendige eller direkte feil. Dette gjelder spesielt i en tidlig fase av utforskningsprosessene. Dewey (1910) understreker det samme poenget når han vektlegger at det må være tvil, ulike synspunkt eller konkurrerende tolkninger hvis videre undersøkelser skal være nødvendig. Hvis svaret derimot er gitt, er videre undersøkelse meningsløst. Ettersom elevenes forslag er foreløpige, usikre og kanskje feil, må de undersøkes eller testes åpent. Altså vil innhenting av data, målinger og observasjoner og annen kunnskap være nødvendig for å utvikle bedre og sikrere svar.

En åpen og spørrende tilnærming er ikke nok – utforskende praksiser forutsetter også det å *tenke kritisk og argumentere*. Ifølge Bailin og Battersby (2016) er utforskende praksiser kritiske, karakterisert ved at man framsetter og utfordrer argumenter med en målsetting om å komme fram til et begrunnet standpunkt gjennom åpenhet, respektfull kritikk og produktiv deltagelse. Altså er det å trekke slutninger for å samle seg om en forklaring eller et standpunkt sentralt når man arbeider utforskende. Dette er spesielt viktig siden man i oppstarten vektlegger åpenhet og derfor godtar ufullstendige eller feilaktige forslag. Ifølge Ødegaard og kolleger (2021) og Klette (2013) blir det i norsk skole satt av for lite tid til den oppsummerende og konsoliderende fasen av undervisningen. Dette gjør at elevene i mindre grad får mulighet til å sammenligne, diskutere og vurdere ulike ideer i lys av de undersøkelsene som er gjort. De får også liten mulighet til å bruke kjente begreper i nye sammenhenger. I TRELIS-modellen vektlegger vi at prosessen med å sammenfatte og konkludere innebærer presentasjon av ulike svar eller ideer som blir vurdert og diskutert. Selv om åpenhet er viktig også her, har slike diskusjoner mer retning mot en avgjørelse om hva som er den best begrunnede forklaringen eller standpunktet. Dette harmonerer også med at kritisk tolkning av empiri, informasjon og argumenter er sentrale kompetanser for det 21. århundret (OECD, 2019), noe som framheves både i overordnet del av læreplanen (Kunnskapsdepartementet, 2017) og i PISAs rammeverk for naturfag 2025 (OECD, 2023).

For det tredje har vi vektlagt at det å *bygge kunnskap* er sentralt når man jobber utforskende; i dette ligger det at utgangspunktet er elevenes foreløpige og ofte mangelfulle forklaringer. Utforskende aktiviteter har derfor en tydelig intensjon om at forklaringer eller de manglende forklaringene man har i utgangspunktet skal videreutvikles til forbedret kunnskap underveis i aktiviteten. Scardamalia og Bereiter (2010) vektlegger at fellesskapet der kunnskapsbygging skjer, er sentralt. Det handler altså ikke bare om individuell læring hos hver enkelt. Kunnskapsbygging skjer i et fellesskap der man i utgangspunktet har ulike ideer og et felles mål om å videreutvikle disse ideene.

Utforskende praksiser

Selv om de tre ideene i avsnittet over prøver å sammenfatte kjennetegn på utforskende arbeidsmåter, sier de egentlig lite om hva elever skal trene seg i å bli gode på. I USA ga National Research Council (NRC) (2012) ut publikasjonen «A framework for K-12 Science Education», hvor de bruker betegnelsen «scientific practices» («naturvitenskapelige praksiser») i stedet for utforskende arbeidsmåter. De naturvitenskapelige praksisene vektlegger i likhet med tradisjonen for

utforskende arbeidsmåter at elever skal lære naturfag gjennom å delta i praksiser som forskere bruker når ny kunnskap blir til. De ønsket denne endringen fordi utforskende arbeidsmåter er uklart og ulikt definert. Mange forstår det som noe man først og fremst gjør (García-Carmona, 2020), mens vektlegging av naturvitenskapelige praksiser synliggjør at det ikke bare handler om ferdigheter i å gjøre noe, men også om at kunnskaper om de ulike prosessene er viktige (Osborne, 2014). Elevene skal ikke bare trene seg i for eksempel å kunne «engasjere seg i spørsmål», men også utvikle kunnskap om hva som kjennetegner et godt spørsmål slik at de blir i stand til å vurdere kvaliteten av egne og andres naturfaglige spørsmål. Videre argumenterer Crawford (2014) for at naturvitenskapelige praksiser tydeliggjør at teoretiske modeller og argumentasjon er helt sentrale deler av utforskningsprosessen.

Denne tilnærmingen til utforskende arbeid passer godt i norsk sammenheng. Både «utforskende arbeidsmåter» og «naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter» er løftet fram i den norske læreplanen. På bakgrunn av dette foreslo Haug og kolleger (2021) åtte praksiser og tenkemåter i naturfag ved å systematisere kompetansemålene i læreplanen. Selv om de kaller dette for *naturvitenskapelige* praksiser og tenkemåter, så framhever de at fire av disse praksisene først og fremst handler om utforskende arbeidsmåter. TRELIS handler om naturfag i skolen og hva elevene skal bli gode på. Derfor har vi valgt å bruke begrepet *utforskende praksiser*. Vi ønsker å signalisere at vår modell først og fremst tar for seg praksiser i naturfagklasserommet og kan brukes til å forstå og begrunne aktiviteter som brukes i naturfag. Praksisene er ulike og adskilte, men likevel overlappende, og dette blir synliggjort i modellen ved at alle er relatert til de tre sentrale ideene i sentrum av modellen. Vi har valgt å løfte fram seks utforskende praksiser, vel vitende om at ikke alle praksiser som kunne vært med, er synlig i modellen. I tabell 3.1 sammenstiller vi beskrivelsen av utforskende praksiser i TRELIS-modellen, National Research Council (NRC) (2012) og Haug og kolleger (2021).

Vi har vektlagt det å *engasjere seg i spørsmål* som en utforskende praksis. Her skiller våre praksiser seg fra de andre oversiktene ved at vi ikke krever at elevene må stille spørsmålene selv, men at det holder at de engasjerer seg i spørsmålene. Vi ønsker å få fram at elevene er engasjert og involvert i spørsmål og problemstillinger som skal undersøkes, gjerne gjennom noe som vekker undring og læringsbehov hos elevene. Windschitl og kolleger (2020) foreslår i boka *Ambitious science teaching* å forankre undervisningen i en felles opplevelse, en observasjon eller et fenomen. For eksempel kan observasjon av en ny plante- eller dyreart i nærområdet eller en måneformørkelse starte en utforskende prosess der elevene med støtte fra lærer skal konstruere en forklaring på observasjonen. Spørsmålene må være mulig å undersøke og kan stilles av læreren eller av elevene. Hvis elevene skal

Tabell 3.1: Oversikt over hvordan naturvitenskapelige praksiser beskrives av hhv. National Research Council (2012), i artikkelen til Haug et al. (2021) og i TRELIS-prosjektet (utforskende praksiser)

NRC, 2012: Scientific practices	Haug et al., 2021: Åtte praksiser og tenkemåter i naturfag	TRELIS: Utforskende praksiser
Stille spørsmål	Formulere spørsmål	Engasjere seg i spørsmål
Utvikle og bruke modeller	Bruke og lage modeller	Foreslå modeller og forklaringer
Planlegge og gjennomføre undersøkelser	Samle og bearbeide data	Innhente, analysere og tolke informasjon og/eller data
Analysere og tolke data		
Bruke modeller og algoritmisk tenkning	Bruke og lage modeller	Bruke informasjon og/eller data til å videreutvikle modeller og forklaringer
Konstruere forklaringer	Lage forklaringer	
	Gjøre etiske vurderinger	
Engasjere seg i argument basert på bevis	Argumentere	Dele og diskutere modeller og forklaringer
Hente inn, evaluere og kommunisere informasjon	Utføre informasjonssøk og kildekritikk	Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer
	Formidle	

utvikle spørsmål, innebærer det at de må jobbe med hva som kjennetegner et godt, forskbart spørsmål.

Foreslå modeller og forklaringer handler om at elevene skal bruke observasjoner og forkunnskaper til å komme med forslag til modeller og forklaringer som sier noe om det som skal undersøkes. Her bruker vi ordet *foreslå* for å signalisere at en undersøkende tilnærming fordrer åpenhet og mulighet for å komme med egne foreløpige forslag til formuleringer.

Innhente, tolke og analysere informasjon og/eller data handler om at elevene skal hente inn informasjon eller data som de skal tolke og analysere. Det kan være data i form av observasjoner eller målinger elevene selv gjør, og/eller informasjon de samler inn fra ulike kilder. Det kan også være data og informasjon som andre har samlet og presentert (Knain & Kolstø, 2019b). En mer systematisk datainnsamling innebærer arbeid med og kunnskap om hvordan man kan kontrollere variabler, begrense feilkilder og presentere dataene ryddig i tabeller, grafer eller lignende.

Bruke informasjon og/eller data til å videreutvikle modeller og forklaringer handler om at tidligere foreslåtte modeller og forklaringer kan endres, justeres eller forbedres gjennom bruk av informasjon eller data som er samlet inn og analysert. Da må man også kunne bruke og vurdere det i lys av naturvitenskapelige ideer eller begreper fra for eksempel lærer eller lærebøker. Her kommer ideen om

kunnskapsbygging fram, uttrykt ved at målet er å videreutvikle det man har opprinnelig og at denne videreutviklingen er basert på undersøkelser som er gjort og informasjon som er hentet inn fra mer autoritative kilder. I denne fasen må læreren støtte elevene i å bruke naturfaglige begreper til å resonnerer og videreutvikle forklaringer.

Dele og diskutere modeller og forklaringer vektlegger den sosiale dimensjonen ved utforskende arbeidsmåter. Det handler om at for å videreutvikle modeller og forklaringer må de deles og diskuteres med andre. Dette innebærer evne til å formulere argumenter der man begrunner egne forslag til svar. Videre innebærer det evne til å lytte til det andre kommer med og til å kunne endre og justere noe til det bedre. Det er altså fellesskapet som bygger på det man har og har et felles mål om å forbedre det.

Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer handler om at den utforskende aktiviteten skal munne ut i modeller og forklaringer som er godt begrunnet. I denne fasen får elevene trening i å avveie ulike ideer eller synspunkt med et mål om å formulere en naturfaglig forklaring eller argument som er basert på det de vurderer som best begrunnet.

TRELIS-modellen oppsummert

I alt synliggjør TRELIS-modellen for utforskende arbeidsmåter ulike praksiser som elevene trener seg i når de arbeider utforskende i naturfag. Praksisene kan betraktes som enkeltpraksiser som elevene kan øve seg på gjennom målrettede aktiviteter. De kan også betraktes som ulike faser i et større, mer helhetlig utforskende opplegg der målet er å utvikle spørsmål og svar på spørsmål gjennom formulering av forslag til forklaringer, datainnsamling, informasjonsinnhenting og diskusjon. Praksisene har i seg de tre sentrale ideene som står i sentrum av modellen: undersøkende tilnærming, kunnskapsbygging, kritisk tenkning og argumentasjon. De tre første praksisene er åpne, spørrende og undersøkende for å gi muligheter for ulike ideer og uferdige forslag. De tre siste praksisene handler i større grad om å vurdere og sortere ut forslag kritisk for å komme fram til og argumentere for et best mulig begrunnet svar på det som er undersøkt. Likevel – dette fordrer også en undersøkende tilnærming, fordi et slikt sluttprodukt i form av modeller og forklaringer fortsatt kan utfordres og undersøkes videre.

UTFORSKENDE ARBEIDSMÅTER KREVER EN AKTIV LÆRERROLLE

Mange lærere oppfatter utforskende arbeidsmåter først og fremst som elevstyrte, der læreren ikke skal blande seg inn i hva det spørres om og hvordan dette

undersøkes (Crawford, 2014). Samtidig støtter nyere forskning at veiledning fra læreren er viktig for at elever skal ha godt læringsutbytte av utforskende arbeid i naturfag (Aditomo & Klieme, 2020; Zhang & Cobern, 2021). I tillegg krever slike arbeidsmåter tilstrekkelig med tid (Akuma & Callaghan, 2019). Derfor må tidsbruken på utforskende arbeid balanseres mot andre undervisnings- og læringsaktiviteter (Teig et al., 2018).

Knain og Kolstø (2019b) diskuterer hvordan ulike aktiviteter har ulik grad av *styring* fra lærer. Dersom målet er at elevene skal utvikle faglig forståelse og kunnskap, vil det være hensiktsmessig at læreren tar flere beslutninger om spørsmål, framgangsmåte og forventet resultat. Dette bidrar til å minske kompleksiteten slik at det er mulig å jobbe med elevenes dypere forståelse av et avgrenset faglig tema. Hvis elevene styrer mer, blir metoder og resultater mer mangfoldige. Da er det mer utfordrende å gå i dybden faglig, men elevene kan til gjengjeld få trening i å utvikle, planlegge og vurdere metode samt å anvende og vurdere faglig kunnskap.

Uavhengig av i hvor stor grad læreren styrer, er lærerens støtte og rammer avgjørende for at utforskende arbeidsmåter skal lykkes (Hmelo-Silver et al., 2007). Dette innebærer at læreren må sette rammer og støtte opp om elevenes arbeid i alle typer utforskende arbeid – også når elevene har stor frihet til å velge problemstilling og metode. Hmelo-Silver og kolleger (2007) løfter fram tre støttestrukturer som de mener kreves når elevene arbeider utforskende:

- Den faglige tenkningen og formålet i aktiviteten gjøres eksplisitt for elevene. Dette kan for eksempel gjøres ved å be elevene forklare hvordan de tenker, eller hva de mangler av forståelse.
- Lærer må innimellom bidra med ekspertkunnskap, det vil si faglige forklaringer eller gode oppgavestrategier. Dette er ifølge Schwartz og Bransford (1998) spesielt effektivt etter at elevene selv har fått prøvd ut hvordan de forstår det selv.
- Elevene trenger hjelp til å strukturere aktiviteten for å håndtere kompleksiteten. Her vektlegger de spesielt det å utvikle gode rutiner for hvordan prosessen blir gjennomført, for eksempel rekkefølge i arbeidsgang, bruk av notater og støtte til kompliserte utregninger.

Bjønness og Kolstø (2015) framholder at elevene i tillegg trenger støtte til å åpne aktiviteten. Elevene må bli fortalt eksplisitt at de kan komme med egne kreative forslag og gjøre egne valg. Dette må kombineres med støtte som strammer inn og bidrar til faglig innhold og retning i læringsarbeidet.

Likevel – lærerens rolle i utforskende aktiviteter er utfordrende. Ifølge Kersting og kolleger (2021) synes lærere at det er vanskelig å gi fra seg kontrollen over aktivitetene, og det fører ofte til at læreren bestemmer problemstilling og metode. Kersting

og kolleger (2021) mener det er stort potensial for å heve kvaliteten på utforskningen ved å involvere elevene mer i spørsmålsstillingen. Det krever en aktiv lærer som både avgrensner hva spørsmålet kan handle om, men også viser elevene hvordan et forskbart spørsmål kan stilles. Samtidig er det flere lærere som tar for gitt at elevene lærer faglige ideer ved å gjennomføre utforskningen. De tar seg derfor ikke nok tid til oppsummerings- og konsolideringsfasen (Klette, 2013; Ødegaard et al., 2014).

Et annet dilemma handler om *når* læreren skal bidra med ekspertkunnskap. Skal elevene få en faglig innføring i begreper og ideer i oppstarten for å gjøre dem bedre i stand til å forstå og tolke observasjoner når de samler data? Eller skal undervisningen heller starte med at elevene formulerer sine egne tolkninger og forklaringer? En studie av Schwartz og kolleger (2011) sammenlignet to opplegg med to ulike tilnærminger. I det første undervisningsopplegget gikk læreren gjennom begrepet tetthet og viste elevene hvordan de skulle tenke før de gjorde oppgaver. I det andre opplegget jobbet elevene med oppgavene først, og de ble bedt om å foreslå sammenhenger før læreren forklarte. Studien fant at de to gruppene gjorde det omtrent like godt på tester om tetthet i etterkant, men den siste gruppen, de som først gjorde oppgaven, ble betydelig bedre til å overføre begrepet tetthet til nye kontekster. I en studie av hvordan elever språksetter erfaringer fra praktisk arbeid beskriver Mestad og Kolstø (2014) hvordan det å oppfordre elever til å forklare observasjoner med egne ord bidro til at de i større grad diskuterte faglige tolkninger av observasjoner. Furtak og kolleger (2012) sin metastudie fant også at det å engasjere elevene i å foreslå, utvikle og begrunne forklaringer var effektivt for å hjelpe elevene til å lære naturfag. Imidlertid vil det å åpne for elevenes egne forståelser og formuleringer kreve mer innsats fra læreren. En slik tilnærming vil føre til at et mangfold av ideer og tolkninger må håndteres, og læreren trenger derfor strategier for å få elevene til å diskutere, vurdere og konkludere.

Lærerrollen i utforskende arbeidsmåter kan oppsummert beskrives som en balansekunst der man må være bevisst formålet med aktiviteten og ut fra dette tilpasse elevenes grad av autonomi og lærerens ulike former for støtte. For mye styring og kontroll kan bidra til manglende mulighet for at elevene blir involvert i å undersøke spørsmål og arbeide med egen forståelse. For mye frihet kan bidra til høy kompleksitet og manglende faglig retning. Det krever derfor kunnskap og ferdigheter å håndtere denne rollen.

UTFORSKENDE ARBEIDSMÅTER I NATURFAGLÆRERUTDANNINGEN

Hvis utforskende arbeidsmåter skal tas i bruk og gi god læring i skolens naturfag, må lærerne gjennom sin utdanning bli godt forberedt på å lede utforskende arbeid i naturfagklasserommet. Da er vi tilbake til spørsmålet vårt i innledningen:

Hvordan kan lærerutdanningen trene naturfaglærerstudenter til å praktisere utforskende arbeidsmåter som bidrar til engasjement og læring hos framtidige elever?

Strat og kolleger (2023) har gått gjennom internasjonal forskningslitteratur som tar for seg hvordan utforskende arbeid inngår i lærerutdanningen. I sin gjennomgang skiller de, med utgangspunkt i kategorier utviklet av Anderson (2002), mellom *utforskende læring*, der lærerstudentene arbeider med utforskning i elevrollen, og *utforskende undervisning*, der lærerstudentene utvikler, gjennomfører og/eller reflekterer over utforskende arbeid i lærerrollen. Forskningslitteraturen er tydelig på at studentene trenger både utforskende læring og utforskende undervisning for å utvikle sin kompetanse som naturfaglærere.

Når studentene arbeider med utforskende arbeidsmåter i elevrollen (dvs. utforskende læring), kan de få trening i de utforskende praksisene som TRELIS-modellen legger opp til. De kan også få erfaring med arbeidsmåter som de opplever gir dem innsikt, både i naturvitenskapelige ideer og i naturvitenskapelige tenke- og arbeidsmåter. Et ledd i dette er at naturfaglærerutdannere opptre som rollemodeller for hvordan god naturfagundervisning skal foregå ved at de modellerer en undervisning som støtter studentenes utforskning og som studentene selv kan etterligne og ta i bruk. Lunenberg og kolleger (2007) framhever at modellering av god undervisning må gjøres eksplisitt for å ha god læringseffekt. For utforskende naturfagundervisning betyr dette at lærerutdannerne må ha en metasamtale med studentene om måten de organiserer og leder utforskende aktiviteter på i lærerutdanningen. Metasamtalen vil da handle om organisering, støttestrukturer og formål med aktiviteten, og derfor ta for seg hvordan man kan undervise utforskende.

Forskning vektlegger også at studentene trenger trening i å planlegge, gjennomføre og evaluere utforskende aktiviteter i lærerrollen (dvs. utforskende undervisning). De trenger erfaring, mestringsopplevelser og selvtilitt til å gjennomføre utforskende undervisning – og dette kan gjøres både med medstudenter og elever. En viktig del av dette er at studentene får trening og støtte i å arbeide utforskende gjennom praksisperiodene på skoler, og at lærerne de møter i praksisen også støtter opp om en utforskende tilnærming i naturfagundervisningen (Strat et al., 2023). Enkelte studier trekker dessuten fram synergien som kan oppstå dersom studenter og praksislærere diskuterer forskningsartikler og undervisningsmateriale med utgangspunkt i sine ulike bakgrunner (Gunckel & Wood, 2016) og at studentene skriftliggjør sine undervisningsfilosofier (Gilbert, 2009).

Utprøving av utforskende læringsaktiviteter i naturfaglærerutdanningen i TRELIS

Forskningsbasert lærerutdanning står sentralt i TRELIS-prosjektet, som beskrevet i kapittel 1. For utdanning av lærere til utforskende naturfagundervisning

betyr dette at lærerstudentene må møte forskningsbasert kunnskap om velegnede måter å organisere utforskende undervisning på samt verktøy for å reflektere over egen utprøving (implisitt forskningsbasert lærerutdanning). De må også få prøve ut metoder for å utvikle ny kunnskap gjennom FoU- og masteroppgaver (eksplisitt forskningsbasert lærerutdanning). I TRELIS-prosjektet har vi utviklet de implisitte komponentene blant annet ved å forankre undervisningen på lærerutdanningen både i forskning på UA i skolens naturfag, som beskrevet over, og ved å ta inn og videreutvikle forskningen på UA i lærerutdanning, som eksemplifisert i kapittel 4, 5, 6 og 7, samt Strat et al. (2023). Prosjektet har også jobbet med de eksplisitte komponentene gjennom at en rekke masteroppgaver på grunnskolelærerutdanningene har vært knyttet til UA, og to av disse beskrives i kapittel 7 og kapittel 15.

I arbeidet med utforskende arbeidsmåter i TRELIS-prosjektet har vi brukt en designbasert tilnærming (se kapittel 1). Hensikten med designbasert forskning er å bygge bro mellom teori og praksis, og tilnærmingen innebærer at det utvikles innovasjoner som testes og videreutvikles i sykluser (Kali & Hoadley, 2021; McKenney & Reeves, 2018). Aktivitetene i TRELIS er utviklet med bakgrunn i forskningslitteratur. De er gjennomført med lærerstudenter, med lærere som tar videreutdanning i naturfag, og/eller med lærere som har deltatt i faglige nettverk i samarbeid med TRELIS. Disse gruppene har dessuten testet aktivitetene med elever i skolen, enten som arbeidskrav, som deltagere i forskning i regi av de faglige nettverkene eller som en del av masteroppgaver. Vi har samlet inn data fra mange av gjennomføringene, og funn fra analysen har blitt brukt til å diskutere og videreutvikle de foreslåtte undervisningsoppleggene.

Tabell 3.2 viser en oversikt over aktivitetene utviklet i prosjektet, koblet til spesifikke designprinsipper som beskrevet i neste avsnitt. I tabellen har vi formulert ulike *utforskende praksiser* studentene erfarer i elevrollen, hvordan refleksjon over elev- og lærerrolle er inkludert, om studentene får planlegge og gjennomføre aktiviteten i lærerrollen samt forskning på aktiviteten, inkludert masteroppgaver. De fire øverste feltene i tabell 3.2 viser aktivitetene som blir presentert i kapittel 5, 6, 7 og 15. Kapittel 5, 6 og 7 handler om utprøvinger i naturfaglærerutdanningen, mens kapittel 15 undersøker hvordan konsolideringsfasen av utforskende aktiviteter ser ut i skoleklasserommet når det blir gjennomført av lærere som har deltatt i faglige nettverk.

Tabell 3.2: Oversikt over læringsaktiviteter utviklet i TRELIS. Radene med farget bakgrunn viser aktivitetene som er presentert i antologi

Aktivitet	Beskrivelse av aktiviteten	Utforskende praksiser	Fra å gjøre til å undervise	Planlegge og prøve ut	Forskning på UA
Utforskende feltarbeid (kapittel 5)	Studentene undersøker et område og bruker observasjoner av biologisk mangfold, ulike målinger og informasjon til å argumentere for økologiske forhold i naturtypen.	<ul style="list-style-type: none"> - Innhente, analysere og tolke informasjon/data - Dele og diskutere modeller og forklaringer - Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer 	Eksplisering av støttestrukturer. Skriftlig refleksjon om student- og lærerrollen i utforskende feltarbeid.	Planlegging og utprøving av utforskende feltarbeid i videregående naturfag.	Masteroppgave med intervju av lærere i videregående som har gjennomført utforskende feltarbeid.
Hva er det i bøtta? (kapittel 6)	Studentene blir introdusert til en bølge med et ukjent innhold og skal bruke naturfaglig kunnskap og eksperimenter til å identifisere innholdet.	<ul style="list-style-type: none"> - Innhente, analysere og tolke informasjon/data - Bruke data til å videreutvikle forklaringer - Dele og diskutere modeller og forklaringer 	Eksplisering av støttestrukturer. Muntlig grupperefleksjon over tilpasning av aktiviteten til skolen.		Flere masteroppgaver som har undersøkt Hva er det i bøtta? og lignende aktiviteter med skoleklasser.
Teknologikonferanse (kapittel 7)	Studentene spiller roller som eksperter som diskuterer framtidens energiformer i en konferanse.	<ul style="list-style-type: none"> - Dele og diskutere modeller og forklaringer - Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer 	Eksplisering av støttestrukturer for argumentasjon og SSI.		Masteroppgave har undersøkt gjennomføring i naturfaglærerutdanning.
Prøve ut utforskende aktiviteter i skolen (FOF) (kapittel 15)	Lærer fra lærende nettverk eller masterstudenter prøver ut enkle praktiske aktiviteter (slukke stearinlys med CO ₂ -gass, telle dråper på mynt, massebevaring) med vekt på konsolideringsfasen.	<ul style="list-style-type: none"> - Foreslå forklaringer - Bruke observasjoner til å dele og diskutere forklaringer - Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer 	Nettverksamøte om konsolideringsfasen i utforskende arbeidsmåter. Refleksjon over erfaringer i nettverksmøte.	Gjennomføre opplegget i skolen.	Tre masteroppgaver som undersøker konsolideringsfasen i UA.

(Forts.)

Tabell 3.2: (Forts.)

Aktivitet	Beskrivelse av aktiviteten	Utforskende praksiser	Fra å gjøre til å undervise	Planlegge og prøve ut	Forskning på UA
Utforskende samtale	Studentene formulerer hypotese, observerer og videreutvikler hypotesen om et fenomen basert på observasjoner og kunnskap.	<ul style="list-style-type: none"> - Foreslå forklaringer - Bruke data til å videreutvikle forklaringer - Dele og diskutere modeller og forklaringer 	Undervisning om støttestrukturer for utforskende samtaler og konsolideringsfasen. Deling og refleksjon over erfaringer fra gjennomføring i skolen.	Studentene planlegger og gjennomfører aktivitet som lærere på campus og i skolepraksis.	Flere masteroppgaver har undersøkt elevenes samtaler og argumentasjon under utforskende aktiviteter.
Kontekst- og problembasert undervisning	Studentene presenteres for et naturfaglig scenario som de skal løse. Deretter lager de egne scenarioer for elever i skolen.	<ul style="list-style-type: none"> - Engasjere seg i spørsmål - Dele og diskutere modeller og forklaringer - Formulere godt begrunnede modeller og forklaringer 	Studentene får i oppgave å lage et undervisningsopplegg tilpasset elever.		
Systematisere (berg) arter	Studentene utvikler et flytskjema for bergarter basert på egne kategorier. De prøver ut og gir tilbakemelding på hverandres flytskjema og tester dem ut i naturen.	<ul style="list-style-type: none"> - Foreslå modeller - Bruke informasjon/data til å videreutvikle modeller - Dele og diskutere modeller og forklaringer 	Individuell, skriftlig refleksjon over bruk i skolen.		Masteroppgave som har undersøkt lærerstudenters samtaler ved utvikling av flytskjema i geologi.

Forskningsbaserte designprinsipper for utforskende læringsaktiviteter i lærerutdanningen

Et kjennetegn ved designbasert forskning er utvikling av designhypoteser som revideres i tråd med analyse av data fra utprøvinger (Hjalmarson et al., 2021). Vi avslutter kapittelet med å presentere fire *designprinsipper for utforskende læringsaktiviteter i lærerutdanningen*. Tidlig i prosjektet formulerte vi designhypoteser om hvordan utforskende arbeidsmåter kan inngå i naturfaglærerutdanningen basert på forskningslitteratur om lærerutdanning og utforskende arbeidsmåter. De fire designprinsippene er en videreutvikling av disse hypotesene, basert på utvikling og utprøving av aktiviteter samt forskning på aktivitetene som er presentert i kapittel 5–7. Prinsippene er ment å brukes som retningslinjer for hvordan man kan utvikle kompetanse i utforskende arbeidsmåter i naturfaglærerutdanningen eller i profesjonelle læringsfellesskap.

Designprinsipp 1: Erfaring med utforskende praksiser i naturfag

Ifølge designprinsipp 1 blir lærerstudentene forberedt på å bruke utforskende arbeidsmåter i undervisningen ved at de selv har deltatt i et utforskende fellesskap som involverer flere utforskende praksiser, og der målet er å komme fram til en begrunnet konklusjon gjennom åpenhet, respektfull kritikk og produktiv deltagelse. De ulike praksisene som studenten deltar i og trener på i elevrollen, er beskrevet i TRELIS sin modell for utforskende arbeidsmåter i naturfag.

Designprinsipp 2: Fra å gjøre til å undervise utforskende arbeidsmåter i naturfag

Ifølge designprinsipp 2 blir lærerstudentene forberedt på å bruke utforskende arbeidsmåter i undervisningen ved at de får anledning til å reflektere over utforskende aktiviteter som de har erfart i elevrollen (f.eks. læringsmål, grad av utforskning, støttestrukturer og lærerrolle). Dette kan for eksempel skje gjennom at studentene

- møter lærerutdannere og praksislærere som eksplisitt modellerer god utforskende undervisning
- diskuterer muligheter, dilemma og utfordringer knyttet til student- og lærerrollen i de utforskende aktivitetene
- får eksplisitt undervisning om didaktiske modeller og støttestrukturer som kan brukes i utforskende arbeid

Designprinsipp 3: Planlegge og prøve ut utforskende arbeidsmåter i naturfag

Ifølge designprinsipp 3 blir lærerstudentene forberedt på å bruke utforskende arbeidsmåter ved å praktisere utforskende aktiviteter i lærerrollen (utforskende undervisning). Dette kan for eksempel skje gjennom at studentene

- får anledning til å planlegge og videreutvikle utforskende aktiviteter
- prøver ut og reflekterer over utforskende aktiviteter i lærerrollen i løpet av studiet og i skolepraksis

Designprinsipp 4: Forskningsbasert tilnærming til UA

Ifølge designprinsipp 4 blir lærerstudentene forberedt på å bruke utforskende arbeidsmåter ved å kjenne til og ta i bruk forskningsresultater om utforskende arbeid eller selv forske på bruk av utforskende arbeidsmåter i skolen. Dette kan for eksempel skje gjennom at studentene

- leser forskning om utforskende arbeidsmåter som diskuteres med praksislærer og/eller medstudenter (implisitt forskningsbasering)
- har en utforskende holdning til egen undervisning, f.eks. bruker elevprodukter og egne eller andres observasjoner til å vurdere elevenes læring og utvikle egen undervisning (eksplisitt forskningsbasering)
- tar for seg utforskende arbeidsmåter i FoU-oppgaver og i masteroppgaver (eksplisitt forskningsbasering)

REFERANSER

- Aditomo, A. & Klieme, E. (2020). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: evidence from high and low-performing education systems. *International Journal of Science Education*, 42(4), 504–525. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1716093>
- Akuma, F. V. & Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 619–648. <https://doi.org/10.1002/tea.21516>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.1023/A:1015171124982>
- Bailin, S. & Battersby, M. (2016). Fostering the virtues of inquiry. *Topoi*, 35(2), 367–374. <https://doi.org/10.1007/s11245-015-9307-6>
- Bjønness, B. & Kolstø, S. D. (2015). Scaffolding open inquiry: How a teacher provides students with structure and space. *Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 223–237. <https://doi.org/10.5617/nordina.878>

- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. I N. G. Lederman & S. K. Abell (Red.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (s. 515–541). Routledge.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. D. C. Heath & Co.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices. *Science & Education*, 29, 443–463. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00108-8>
- Gilbert, A. (2009). Utilizing science philosophy statements to facilitate K-3 teacher candidates' development of inquiry-based science practice. *Early Childhood Education Journal*, 36(5), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s10643-009-0302-7>
- Gunckel, K. L. & Wood, M. B. (2016). The principle–practical discourse edge: Elementary pre-service and mentor teachers working together on colearning tasks. *Science Education*, 100(1), 96–121. <https://doi.org/10.1002/sce.21187>
- Haug, B. S., Sørborg, Ø., Mork, S. M. & Frøyland, M. (2021). Naturvitenskapelige praksiser og tenkemåter – på vei mot et tolkningsfellesskap: Scientific practices – towards a common understanding. *Nordic Studies in Science Education*, 17(3), 293–310. <https://doi.org/10.5617/nordina.8360>
- Haugan, K., Korssjøen, S. G., & Skarpnes, K. (2017). Åtte naturfaglæreres forståelse av og erfaringer med utforskende arbeidsmåter og Forskerspiren ni år etter innføring av den norske nasjonale læreplanen Kunnskapsløftet (LK-06). *Nordic Studies in Science Education*, 13(1), 66–80.
- Hjalmarson, M. A., Parsons, A. W., Parsons, S. A. & Hutchison, A. C. (2021). Addressing publication challenges in design based research. I E. H. Z. A. Philippakos & A. Pellegrino (Red.), *Design-based research in education: Theory and applications* (s. 23–42). Guilford Publications.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Kali, Y. & Hoadley, C. (2021). Design-based research methods in CSCL: Calibrating our epistemologies and ontologies. I U. Cress, C. Rosé, A. Wise, and J. Oshima (Red.), *International Handbook of Computer-Supported Collaborative Learning* (s. 479–496). Springer.
- Kersting, M., Karlsen, S., Ødegaard, M., Kjærnsli, M., Olufsen, M., Lunde, M. & Sæleset, J. (2021). Ulike dilemmaer knyttet til utforskende undervisning i naturfag. I M. Ødegaard, M. Kjærnsli & M. Kersting (Red.), *Tettere på naturfag i klasserommet: Resultater fra videostudien LISSI* (s. 69–86). Fagbokforlaget.
- Klette, K. (2013). Hva vet vi om god undervisning? Rapport fra klasseromsforskningen. I R. J. Krumsvik & R. Säljö (Red.), *Praktisk-pedagogisk utdanning: en antologi* (s. 173–201). Fagbokforlaget.
- Knain, E. & Kolstø, S. D. (Red.). (2019a). *Eleversom forskere i naturfag* (2. utg.). Universitetsforlaget.
- Knain, E. & Kolstø, S. D. (2019b). Utforskende arbeidsmåter – en oversikt. I E. Knain & S. D. Kolstø (Red.), *Elever som forskere i naturfag* (2. utg., s. 15–43). Universitetsforlaget.

- Kunnskapsdepartementet (2015). *NOU 2015: 8 Fremtidens skole – Fornyelse av fag og kompetanser*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/>
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. Fastsatt som forskrift ved kongelig resolusjon. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/verdier-og-prinsipper-for-grunnoppleringen/id2570003>
- Lunenberg, M., Korthagen, F. & Swennen, A. (2007). The teacher educator as a role model. *Teaching and Teacher Education*, 23(5), 586–601. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.001>
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Mestad, I. (2019). Djupneforståing gjennom utforskende arbeidsmåtar. I A. Holt, L. O. Voll & A. B. Øyehaug (Red.), *Dybdelæring i naturfag* (s. 236–260). Universitetsforlaget.
- Mestad, I. & Kolstø, S. D. (2014). Using the concept of zone of proximal development to explore the challenges of and opportunities in designing discourse activities based on practical work. *Science Education*, 98(6), 1054–1076. <https://doi.org/10.1002/sce.21139>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- OECD (2019). *The OECD Learning compass 2030*. OECD. Hentet 26.05.23 fra <https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html>
- OECD (2023). *PISA 2025 Science framework (draft)*. OECD. Hentet 19.09.23 fra <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. I N. G. Lederman & S. K. Abell (Red.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (s. 593–613). Routledge.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). Rocard report: «Science education now: A new pedagogy for the future of Europe». *EU 22845, European Commission*.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (2010). A brief history of knowledge building. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 36(1). <https://doi.org/10.21432/T2859M>
- Schwartz, D. L. & Bransford, J. D. (1998). A Time For Telling. *Cognition and Instruction*, 16(4), 475–5223. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1604_4
- Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A., & Chin, D. B. (2011). Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 759–775. <https://doi.org/10.1037/a0025140>
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K. & Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 60(2), 191–249. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Teig, N., Scherer, R. & Nilsen, T. (2018). More isn't always better: The curvilinear relationship between inquiry-based teaching and student achievement in science. *Learning and Instruction*, 56, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.02.006>

- Windschitl, M., Thompson, J. & Braaten, M. (2020). *Ambitious science teaching*. Harvard Education Press.
- Zhang, L. & Cobern, W. W. (2021). Confusions on «guidance» in inquiry-based science teaching: A response to Aditomo and Klieme (2020). *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21(1), 207–212. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00116-4>
- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S. M. & Sørvik, G. O. (2014). Challenges and support when teaching science through an integrated inquiry and literacy approach. *International Journal of Science Education*, 36(18), 2997–3020. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.942719>
- Ødegaard, M., Haug, B. S., Mork, S. M. & Sørvik, G. O. (2016). *På forskerføtter i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Ødegaard, M., Kjærnsli, M. & Kersting, M. (2021). *Tettere på naturfag i klasserommet*. Fagbokforlaget.