



NATURFAG

Kreativitet



NATURFAGSENTERET
NASJONALT SENTER FOR NATURFAG I OPPLÆRINGEN

Nummer 1
2017

NATURFAG

Innhold

Leder: Merethe Frøyland	02
HISTORIEFORTELJING	
Kreativitet er ein jobb	04
Den gode forteljinga	06
Perodesystemet – eit skattkammer av historier	08
Ein gåtefull sjukdom	10
PRESENTASJONSFORMER	
Kreative presentasjonsformer	12
Naturfagleg post-påsekryssord	15
Kvardagen i bilete	16
KUNST OG NATURFAG	
Den estetiske erfaringens plass i naturfag	18
Surrealistisk naturfag	22
INNOVASJON	
Å vekka sansane	28
Nøkkelinnovasjonar og evolusjonær suksess	32
Kreativitet og innovasjon i yrkesfagene	34
Ungt Entreprenørskap og Lektor2 – et drømmepar?	38
ROLLESPILL	
Rollespill og kreativitet i naturfag	42
Åpenbaringspedagogikk: Når deltakelsen forandrer deg	46
– Andøya, we have a problem	52
UTFORSKING	
Fagbrev som modellhuselektriker	56
Magisk vannkanne – kreativ problemløsning	60
Nysgjerrighetens flow i naturfag	64
Hvor våres det først: på land eller i havet?	68
KREATIV TILRETTELEGGING	
Læreren som «entertainer» i naturfaget	70
Kreativitet på forskerføtter	74
Naturfagundervisning bak murane – kreativitet og samspel	76
BOKOMTALER	78

LEDER
Merethe Frøyland

Hæ? Om naturfag og kreativitet

Jeg er litt oppgitt akkurat nå. Jeg har lest (nok) en artikkel om en kunsthistoriker som snakker om kreativitet og realfag i skolen som to motstridende begreper: For mye realfag, for lite kreativitet.

Det er en utbredt forestilling at kreativiteten, den hører hjemme i de estetiske fagene, mens i de andre fagene er det pugging og fakta og to streker under svaret. Denne forestillingen er en vrangforestilling.

Vi mennesker oppfatter gjerne vår egen virkelighet som det normale. Det fører til at vi oppfatter mye av naturkunnskapen vår som selvsagt. I dag vet selv små barn at jorda er rund og går rundt sola, og vi er ikke mye eldre når vi lærer om forhistoriske dyr som ikke finnes lenger eller at alt består av atomer.

Noe vi ofte ikke tenker på, er at før vi visste alt det som er selvfølgelig i dag, var det en lang periode da vi ikke visste. Kunnskapen kom da en eller annen observerte verden rundt seg, sammenlignet med den gjengse oppfatningen og tenkte «Hæ? Dette stemmer jo ikke!»

Som i «Hvorfor forsvinner seilet under horisonten? Hæ? Kanskje jorda ikke er så flat som den ser ut som?» Som i «Hvorfor beveger stjernene seg så merkelig? Hæ? Kanskje jorda ikke er universets sentrum?» Som i «Hvordan har det seg at kysten av Afrika og Amerika passer så godt sammen? Hæ? Kan selve kontinentene ha flyttet på seg?»

Teorien om kontinentaldrift ble lansert av Alfred Wegener i 1912, og Wegener var et godt eksempel på den kreative forskeren. Selv var han meteorolog, men kombinerte innsikter fra blant annet geologi, biologi og paleontologi da han utviklet teorien sin.

Alle vitenskapens store og små gjennombrudd er resultatet av at en eller annen identifiserte et problem og en eller annen fant en løsning.

Vi må ta med oss Wegeners kreative holdning til problemløsning inn i naturfagtimene. Vi vet at elevene lærer seg strategier som de tar i bruk i skoletimene, og vi må unngå at strategien deres blir å gjette hva læreren tenker på. Dette skjer når læreren – eller læreboka – stiller spørsmål som eleven skal lete seg fram til svaret på.



Læreplanen sier dette om formålet med naturfag:

«Å arbeide både praktisk og teoretisk i laboratorier og i naturen med ulike problemstillinger er nødvendig for å få erfaring med og utvikle kunnskap om metoder og tenkemåter i naturvitenskapen. Dette kan bidra til å utvikle kreativitet, kritisk evne, åpenhet og aktiv deltakelse i situasjoner der naturfaglig kunnskap og ekspertise inngår.»

Dette blir spesielt framhevet for hovedområdet forskerspiren: «Prosessene omfatter utvikling av hypoteser, eksperimentering, systematiske observasjoner, diskusjoner, kritisk vurdering, argumentasjon, begrunnelser for konklusjoner og formidling. Forskerspiren skal ivareta disse dimensjonene i opplæringen og integreres i de andre hovedområdene.»

Selvfølgelig kan naturfag være et kreativt fag! Men det er avhengig av at læreren velger metoder som legger opp til å bruke og utvikle elevenes kreativitet. Gjennom utforskende undervisningsopplegg stimuleres elevenes kreativitet. De får gjerne et oppdrag å løse, og må selv formulere hva de lurer på, hvilke undersøkelser de kan gjøre for å finne det ut og hvilke resultater de venter å få. Dermed må elevene bruke kreativiteten sin til å angripe et gitt problem. Det finnes ikke én riktig vei til målet, og noen av sporene som prøves ut, viser seg å være blindspor. Og det er helt i orden! Det er i naturfag elevene lærer om forskning, og det ligger jo i forskningens vesen at det er mange av hypotesene man tester som viser seg å være feil. Dette må ikke forstås som at det er likegyldig hva elevene kommer fram til. Noen oppgaver er åpne, der veien fram til et gjennomtenkt svar er det viktige («Bør vi ha ulv i Norge?»), mens andre har fasitsvar («Hvorfor er himmelen blå?»). Men i begge tilfeller er det nettopp det at elevene selv har kommet fram til resultatet, selv om det ble feil, som gjør at kunnskapen lettere fester seg. Underveis har de brukt naturfaglige begreper og argumentasjon.

Det går også an å kombinere naturfag med estetiske fag. I de yrkesrettede fagene er det spesielt gode muligheter for å utfordre og utvikle kreativiteten i tverrfaglig læring. Teknologi og design er fortsatt et relativt nytt fag blant naturfagene, og her går jo utseende og funksjonalitet hånd i hånd. At barn i barnehagealder er kreative, er ingen kioskveltende nyhet. Og de skal selvfølgelig få lov til å være lekende barn. Men her igjen går det an å bruke deres kreativitet og nysgjerrighet til å lære om naturen og fenomener.

I stortingsmeldingen om fagfornyelsen (Meld. St. 28 2015–2016) heter det:

«I generell del skal det tydeliggjøres at elevene får mulighet til å utfolde kreativitet i **alle** fagene (min utheving) i opplæringen ved hjelp av sin oppfinnsomhet, fantasi og skaperglede. Skole og lærebedrift skal gi elevene og læringene lyst og evne til å lære mer og oppdage mer, både i videre utdanning og i arbeidslivet. Kreativitet er en viktig egenskap både for den enkelte elev og for det norske samfunnet.»

Så la oss bli enige om at realfag og kreativitet ikke er motsetninger, verken i forskningen, i barnehagen eller i skolen. Vi skal ikke se bort fra at det fortsatt henger igjen undervisningsmetoder som ikke utnytter og utvikler elevenes kreativitet. Men i så fall er det ikke naturfaget kritikken skal rettes mot, men undervisningen.

Vi ved Naturfagsenteret er klare til å bistå til å skape et kreativt naturfag.



HISTORIEFORTELJING

Kreativitet er ein jobb

Denne artikkelen har sete langt inne. Det høyrdest eigentleg ikkje ut som noko komplisert oppgåve å skriva to sider til Naturfag om å vera kreativ, med utgangspunkt i dei barnebøkene eg har vore med å skriva. Grei skuring.

Men vekene gjekk og tankane sto. Ikkje før dagen etter deadline, då eg gjekk gjennom innkomne bidrag saman med min gode kollega Rim, som er kreativ andre stader i dette bladet, losna det.

Problemet var at eg prøvde å finna noko å skriva om å vera kreativ. Eg må jo kunna skriva noko om å skriva, det er jo det som er jobben min.

A-ha.

Det er jobben min. Det er akkurat det det er. Det er ikkje slik at når vi set oss ned og planlegg ei bok, set vi oss ned og tenkjer at no skal vi sanneleg vera kreative i eit par timar. Vi set oss ned fordi vi har ei oppgåve å løysa: å fortelja barn om livets utvikling.

I ein annan samanheng ville det fyrste spørsmålet gjerne vore kvar vi skulle starta, men i tilfellet vårt var utgangspunktet klart: Jørn Hurum hadde blitt kontakta av eit forlag for å laga barnebok om Ida-fossilet, og han hadde rekruttert den fantastiske kunstnaren Esther van Hulsen som illustratør og underteikna til å skriva teksten.

Grunnkonseptet for boka kom vi fram til på ein anerkjent og velbrukt måte i skapande kretsar: vi rappa det frå nokon andre. *Moments in time* er ein serie paleontologiske bøker der fyrste halvdel er ei forteljing om dyret boka handlar om, og andre delen om utgravingar og vitskapen bak. Vi utvida konseptet med ein tredje del til slutt, ein leikedel.

Neste oppgåve var å skissera innhaldet i dei ulike delane. Fordi det var så komplett, hadde Ida-fossilet så mange særtrekk at mykje av historien alt var på plass: vi veit kor gammal ho var, vi veit kva ho hadde ete, vi veit at ho hadde knekt eit handledd og at brotet var delvis grodd, og vi kjenner sannsynleg dødsårsak fordi ho vart funnen der ho vart funnen.

Så fylgde oppgåvene ei etter ei: kva skal vi ha med i faktadelen? Og i leikedelen? Korleis skal vi få forlaget til å gjera slik som vi vil? Korleis fortel vi dette slik at vi fangar interessa til målgruppa? Så i gang med å skriva teksten for min del, Esther i gang med maleria, medan Jørn stakk til Svalbard for å grava etter øgler.

Men ikkje på noko tidspunkt bestemte vi oss for å vera kreative. Vi hadde ei oppgåve som skulle utførast, utan at vi visste nøyaktig korleis. Ein kan godt kalla det eit problem som skulle løysast.

Det måtte løysast med dei ressursane vi hadde tilgjengeleg. Eg sa at vi rappa konseptet frå *Moments in time*, men det ville nok vera riktigare å seia at vi lånte det eller lot oss inspirera av det. Ingen er kreative i eit vakuum, ein brukar alltid impulsar frå verda rundt seg. Eg syntest jo det var praktisk å kunna bruka eit språk som alt var i bruk, og at eg slapp å pønska ut eit heilt nytt alfabet. For å ta eit par av dei enklaste byggjesteinane.

Og så var endeleg dagen komen då eg kunne senda det fyrste utkastet til gjennomlesing av Jørn, Esther og forlaget. Eg slo an tonen med:

*Det er natt i jungelen.
Natta er full av lydar.
Ein lyd skil seg frå dei andre.
Det er eit lite klynk, nesten som nokon som græt.
Eit lite klynk frå eit lite dyr som ser dagens lys for fyrste gong.*

Til den unisone og rettmessige responsen «Det er då vel ikkje dagslys om natta!» Godt ein har folk å jobba saman med som kan fanga opp dei feila ein ikkje merkar sjølv.

Poenget med all denne eigenreklamen er å få fram at det ikkje nødvendigvis utløyser kreativitet om ein bestemmer seg for å vera kreativ. Å konsentrera seg om oppgåvene som skal gjerast, er det som tel.

Vi veit det jo når vi snakkar med barn òg. Det er sjeldan vi ber barn vera kreative direkte, vi spør heller kven som kan teikna det kulaste romskipet. Å teikna eit kult romskip er ei oppgåve som kan løysast.

Thomas Alva Edison, med over 1000 patent i USA, la heile tida vekt på at oppfinningane hans var eit resultat av målretta arbeid. Det mest kjende sitatet hans er kanskje at geni er 1 % inspirasjon og 99 % transpirasjon, men han har fleire sitat i same dueren, som «Opportunity is missed by most people because it is dressed in overalls and looks like work».

HISTORIEFORTELJING

Han la heller ikkje skjul på at ideane hans ikkje nødvendigvis var så originale som vi kanskje har ein tendens til å tru: «I never once made a discovery. I start where the last man left off».

Liknande tankar ga Isaac Newton uttrykk for då han sa: «If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants». Og han var ein av dei mest kreative vitskapsfolka gjennom tidene.

Så vi kan kanskje konkludera med at kreativitet ikkje baserer seg på a-ha-opplevingar, men krev jobbing og at ein har nokon andre sine gode idear å jobba vidare med.

Som tittelen på denne artikkelen, som eg har rappa frå latt meg inspirera til av boka *Design is a job* av Mike Monteiro.



Følelsen av deadline. Illustrasjon frå boka om Ida: Esther van Hulsen



HISTORIEFORTELJING

Den gode forteljinga

Til alle tider har vi menneske latt oss fascinere av å høyre ei god forteljing. I tidlegare tider var det først og fremst munnlege forteljingar rundt leirbålet, i dag har vi bøker, film og andre medium.

Ole Brumm-pinneleken

«Det var merkelig», sa Ole Brumm. «Jeg mistet konglen på den andre siden av broen, og nå kommer den frem på denne siden. Jeg lurar på om også en annen kongle vil gjøre det.» Og han gikk for å hente flere furukongler.

Det ville den. Det ville de alle sammen. Og så prøvde han å slippe to på en gang, og lente seg ut for å se hvilken som kom først, og det var det en av dem som gjorde. Men siden konglene var nøyaktig like store, kunne han ikke vite om det var den han ville skulle vinne som vant, eller den andre. Så neste gang passet han på å slippe en stor og en liten. Og den store kom frem først, og det var akkurat det han hadde tenkt, og den minste kom sist, og det var akkurat som han hadde tenkt det også – og derfor hadde han vunnet to ganger. Da han gikk hjem for å drikke te, hadde han vunnet seksogtredve ganger og tapt åtteogtyve, noe som betydde at han var at han hadde – vel du trekker åtteogtyve fra seksogtredve – og sånn var det det var. I stedet for omvendt.

Og dette var begynnelsen på den leken som heter Ole Brumm-pinneleken, den leken som Brumm fant opp og som han og vennene hans lekte her i utkanten av Skogen. Men siden brukte de pinner i stedet for furukongler, for de er lettere å sette merke på. (Frå A.A. Milne, Huset på Bjørnehjørnet.)

Kva er det med forteljingar?

Kva er det som gjer at vi liker forteljinga om Ole Brumm? Kanskje såg du for deg Ole Brumm der han stod på brua. Kanskje kjende du deg litt igjen i det å lure på noko og prøve seg fram. Både det

å sjå for seg det som skjer og å identifisere seg med ein person er viktig for å leve seg inn i forteljinga. Ei forteljing som vi blir fanga av, vekker også gjerne kjensler. Som glede, vemod, frykt eller sorg.

Ifølge den amerikanske psykologen Howard Gardner er ein forteljande innfallsvinkel ein av sju tilnærmingar til eit tema, saman med numerisk, logisk, eksistensiell, estetisk, praktisk og interpersonleg. Det går fint an å finne forteljingar til dei fleste tema som kan vekke kjensler og som elevane kan leve seg inn i.

Hjerneforskning har skaffa oss kunnskap om at dei same områda i hjernen blir aktiverte når vi opplever ei hending som når vi høyrer ei forteljing om tilsvarende hending. Det seier noko om kor sterkt vi kan leve oss inn i ei forteljing.

Skjønnlitteratur i naturfag

Mi erfaring er at når lærarar snakkar om bøker i naturfag, så tenker dei mest på faktabøker om for eksempel dinosaurar, solsystemet eller kroppen vår. Men eg meiner at bøker i naturfag vel så gjerne kan vere skjønnlitterære bøker, med gode historier som *Den lille prinsen* eller *Svein og rotta gjennom solsystemet*. Eller historier om norske forskingsbragder (sjå utdrag side 10). Slike historier skaper eit motiverande utgangspunkt for læring i eit tema, fordi dei skaper engasjement og innleving. Dette temaet har faktisk relevans for meg!

Forteljinga om Ole Brumm kan vere eit godt utgangspunkt for å snakke om korleis vi kan undersøke noko. Elevane kan få utdelt teksten og få i oppdrag å streke under kva for eit forskarspørsmål



HISTORIEFORTELJING



Bøker opnar opp for andre verder. Foto: pixabay.com

Ole Brumm stiller seg. Dei kan også streke under ord eller setningar som fortel noko om korleis Ole Brumm går fram for å finne svar på dette spørsmålet. Elevane kan for eksempel bruke ei farge til å streke under kva han gjer og ei anna farge til kva han finn ut.

Gi meg fakta, og eg vil lære. Gi meg sanninga, og eg vil tru. Men fortel meg ei historie, og ho vil leve i hjarta mitt for alltid.

Indisk ordtak

Litteratur i naturfag er altså ikkje berre faktabøker. Like viktig er det å fortelje den gode historia, slik at elevane kjem på innsida og får eit forhold til det som blir fortalt.

Finn gode forteljingar

Gå inn på naturfag.no/bøker, velg «Skjønnlitteratur» under «Alle kategorier».

Tekst: Unni Eikeseth

Unni Eikeseth underviser i kjemi og kjemi-/naturfagdidaktikk på grunnskolelærerutdanninga på NTNU. Ho har vore vitenskapsjournalist og programleiar i NRK og gjeve ut fleire populærvitenskaplege bøker.

HISTORIEFORTELJING

Periodesystemet – eit skattkammer av historier

TV-seriar gjer det, romanforfattarar gjer det – og naturfaglærarar bør også gjere det: nytte gode historier for å fengse publikum og bli hugsa.

I april 1940 var fysikaren Niels Bohr i ei alvorleg knipe. Tyskarane var på veg inn i København, og Bohr hadde to nobelmedaljar i gull som han hadde tatt vare på for to tyske vitenskapskollegaer, Max von Laue og James Franck. Det var ulovleg å ta gull ut av Tyskland, og namnet på dei to vitenskapsmennene var gravert inn i nobelmedaljane, så von Laue og Franck kunne få store problem dersom medaljane vart funne. Bohr måtte gøyme gullet, men kvar? Han diskuterte problemet med kollegaen George de Hevesey. Skulle dei prøve å grave ned medaljane? Nei, det kunne bli oppdaga. Til slutt kom Hevesey på ein genial idé som ingen ville gjennomskode. Dei skulle gøyme gullet rett framfor andletet på tyskarane.

Då nazistane tok over universitetet og ransaka Bohrs laboratorium fann dei ingenting av interesse. Tyskarane brydde seg ikkje noko om nokre flasker med grumsete brun væske som stod på hylla. Flaskene fekk stå i fred på laboratoriet gjennom heile krigen. Då krigen var over, sende Bohr den brune løysinga til det kongelege svenske vitenskapsakademiet og forklarte at dette var gullmedaljane til von Laue og Franck. Dei hadde skjult gullet oppløyst i konge- vatn, ei blanding av to delar salpetersyre og ein del saltsyre, den einaste blandinga som er i stand til å løyse opp gull. Gullet vart vunne att og støypt til nye medaljar med von Laue og Franck sine namn.

Samanlikn historia over med denne faktasetninga: Gull er eit edelt metall som ikkje reagerer med syrer, med unntak av ei blanding av

2 delar salpetersyre og 1 del saltsyre. Denne blandinga blir kalla konge- vatn.

Kva hugsar du lettare, trur du?



Kongevatn. Foto: Thejohnnler / Wikimedia Commons



Foto: Elin Iversen

Tekst: Unni Eikeseth

HISTORIEFORTELJING

Frå tusenvis av år med erfaring veit vi at det å fortelje historier er eit ypparleg verktøy for å fengse tilhøyrarar og vidareformidle kunnskap frå menneske til menneske. Kven av oss er vel ikkje hekta på historieforteljing i form av TV-seriar? Noko forskning tyder på at forteljingar i naturfagundervising kan verke som døropnarar og få elevar til å stille faglege spørsmål som dei deretter kan bruke til å konstruere ny kunnskap.¹ Derfor bør vi som underviser i naturfag kaste oss over vitenskapsforteljingar og bruke dei i klasserommet. Periodesystemet er eit tema som er godt eigna for historieforteljing. Her finst det mykje materiale vi kan ta utgangspunkt i.

Historia om Bohr og gullmedaljane er berre ei av mange forteljingar om grunnstoff som er samla i boka *Periodic tales, The Curious Lives of the Elements* av Hugh Aldersey-Williams. Aldersey-Williams er ikkje aleine om å vere begeistra av periodesystemet. Vitenskapshistorikarar, forfattarar og journalistar har latt seg fascinere av grunnstoffa og har fortalt historier om dei i bøker og radioprogram: Nevrologen Oliver Sacks har skrive ein biografi om sin kjemiske barndom i boka *Onkel Wolfram. Minner fra en kjemisk barndom*, Sam Kean har samla kuriøse historier om periodesystemet i boka *The Disappearing Spoon*, Eric Scerri har skrive *A Tale*

of Seven Elements om sju sjeldne grunnstoff som vart isolert i åra mellom første og andre verdskrig, og radioprogrammet Radiolab har laga ein nydeleg episode om grunnstoffa litium, karbon og xenon akkompagnert av nyskrive grunnstoffmusikk og grunnstoffpoesi (www.radiolab.org/story/elements).

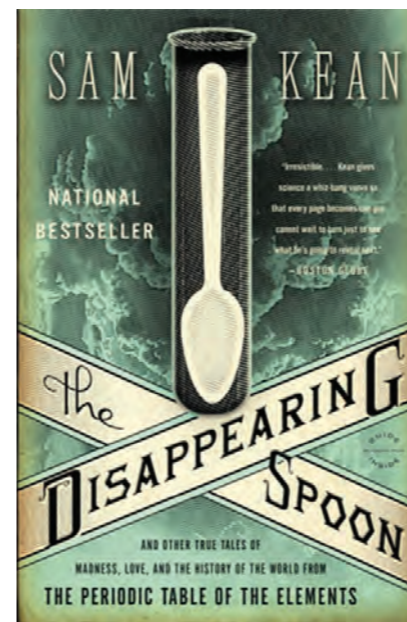
For å teste ut potensialet for grunnstoffhistorier fekk ein klasse med førsteårs realfaglærarstudentar på grunnskulelærerutdanninga 1–7 på NTNU hausten 2016 i oppgåve å skrive ei forteljing om kvart sitt grunnstoff. Tekstane skulle vere baserte på verkelege hendingar. Historiene vart samla i eit hefte med til saman 33 tekstar, og i ei undervisingsøkt fortalde kvar student historia si vidare til to andre medstudentar. Forteljingane handla om alt frå korleis Therese Johaug sikra VM-gull med gallium som skismurning, via kvikksølvforgifta hattemakarar til ein argentinsk prest som forsvann til havs i eit forsøk på å fly med heliumballongar.

I etterkant fortalde studentane at dei var positive til å bruke grunnstoffforteljingar i eigen praksis som naturfaglærarar. Studentane grunn gav det blant anna med at slike historier kan vekke interesse, gjere det lettare å hugse eit aktuelt grunnstoff, og at det kan gjere naturfag litt meir morosamt og spennande.

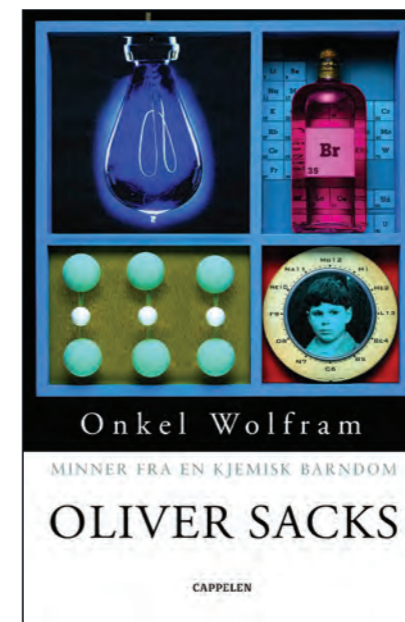
TIMSS-studien frå 2015 viser at den indre motivasjonen hos norske elevar for å lære naturfag søkk frå barnetrinn til ungdomstrinn, og vi ligg under det internasjonale gjennomsnittet. Forklaringa er nok komplisert, og har inga lett løysing. Men kanskje kan forteljingar vere med på å auke motivasjonen for tema som til dømes periodesystemet. Spennande historier kan hjelpe fleire elevar til å oppdage gullet som er gøymt bak all faktakunnskapen i naturfag.

Fotnote

1 Klassen, S. (2009) The Construction and Analysis of a Science Story: A Proposed Methodology. *Science and Education*, 18, 401–423.



The Disappearing Spoon av Sam Kean og *Onkel Wolfram* av Oliver Sacks.



Tekst: Unni Eikeseth

Unni Eikeseth underviser i kjemi og kjemi-/naturfagdidaktikk på grunnskolelærerutdanninga på NTNU. Ho har vore vitenskapsjournalist og programleiar i NRK og gjeve ut fleire populærvitenskaplege bøker.

HISTORIEFORTELJING

Ein gåtefull sjukdom

Ein velskapt og nyfødd liten gut, Gunhild og Espens førstefødde, ligg og sprellar på eit mjukt underlag på eit lyst undersøkingsrom på Ullevål sykehus våren 2007. Guten er to døgn gammel og litt gyllen i huden av ein snev av gulsott.

Bitte små og rynkete bein stikk ut av bleia. Ein sjukepleiar masserer hælen til babyen for å auke blodsirkulasjonen, og så gir ho hælen eit stikk med ei nål. Guten skrik, og foreldra krympar seg litt. Frå stikket klemmer sjukepleiaren dropar av blod som ho drøyper på eit papir med øvde rørsler. Dette har ho gjort mange gongar. Alle nyfødde på Ullevål og elles i Noreg går gjennom det same. Blodet blir trekt inn i papiret og dannar ein stor, rund flekk, så ein til, og så endå ein. Snart er det over, guten får eit plaster på såret, får komme i armene til Gunhild, og gråten stilnar. Espen får eit papir med informasjon om testen i handa og les at det handlar om Føllings sjukdom, eller PKU, ein sjeldan stoffskiftesjukdom som råkar om lag 1 av 20 000 fødde barn i Noreg. Den er heilt ukjend for dei. Espen og Gunhild tar smilande farvel med sjukepleiaren og tenker ikkje på testen. Dei går tilbake til rommet for å gjere seg klare til sonens neste lysbehandling for gulsott. Testpapiret er snart på veg til eit laboratorium på Rikshospitalet.

Borgnys barn

Då tjuetre år gamle Borgny Egeland fekk sitt første barn 14. juni 1927, åtti år før Gunhild fødde sitt barn, var det ingen som stakk noka nål i hælen. Barnet var ei flott lita jente som skulle få namnet Liv. Den nybakte faren, tannlegen Harry Egeland, var stolt då han fekk heim dei to jentene sine. Dei første månadene var babyen deira akkurat som andre. Ho åt og pludra, skreik og sov.

Men snart vart det klart at det var noko som var gale med den vesle jenta. Ho utvikla seg ikkje slik som andre babyar. Ho var seint ute



Sjukepleiaren gir hælen eit stikk med ei nål. Foto: pixabay.com



Foto: Elin Iversen

Tekst: Unni Eikeseth

HISTORIEFORTELJING

med alt og kunne først gå då ho var nesten to år gammal. I tillegg var det ein underleg odør frå barnet, både frå urinen og frå pussten. Lukta minte om mus, syntest Borgny, eller muggent høy, silo. Harry hadde astma, og han hadde store problem med lukta, han tolte den ikkje og måtte halde seg unna barnerommet.

Så vart Borgny gravid igjen, og 22. april 1930 kom ein liten, velskapt gut til verda. Dag vart namnet til veslebroren. Men foreldra hadde jo sett sin førstefødde, som også var velskapt ved fødselen. Det må ha vore umogleg å ikkje leite etter symptom. Fortvilinga må ha vore stor då det ikkje lenger gjekk an å bortforklare dei små teikna på at også han var unormal.

Eit avgjerande møte

I januar 1934 banka det på kontordøra til professor Asbjørn Følling på Rikshospitalet. Utanfor stod Borgny Egeland og dei to barna hennar. Følling helsa på Borgny og barna på austlandsmål. Dialekta frå heimstaden, Steinkjer, var slipt bort etter mange år i Oslo, sjølv om den av og til slo gjennom på enkelte ord. At det var nettopp Følling Borgny kom til, var ikkje heilt tilfeldig. Mannen hennar, Harry Egeland, hadde følgd nokre forelesingar av Følling under tannlegestudiet og visste at Følling forska på stoffskiftesjukdommar. Søstera kjende også Følling, og ho hadde nemnt dei to tantebarna for professoren. Ho hadde også fortalt om den underlege lukta og hadde spurt om han trudde det kunne vere ein samanheng mellom lukta og tilstanden til dei to barna. Følling hadde aldri høyrte om ein slik sjukdom før og hadde lite tru på at han kunne hjelpe. Han var også klar over at den ulukkelege familien alt hadde oppsøkt fleire flinke legar, og han tenkte at det var vel lite han kunne gjere der andre fagfolk hadde måtta gi tapt. Mest fordi han ikkje ville avvise den stakkars mora, gjekk han med på å sjå på ungane.

Etter å ha undersøkt dei to var det liten tvil hos Følling om at barna var alvorleg utviklingshemma. Den eldste, seks og eit halvt år gamle Liv, kunne berre seie nokre få ord og hadde ein stiv og krokete gange. Veslebroren på fire og eit halvt kunne smile og gi uttrykk for at han gjerne ville leike og ha selskap. Elles var han fullstendig hjelpelaus og kunne verken gå, ete eller drikke på eiga hand. Om ein førte mat inn i munnen hans, kunne han ikkje tygge den sjølv. Han måtte derfor få flytande føde. Han kunne heller ikkje snakke, men utstøytte berre uartikulerte lydar.

Som del av undersøkinga av barna sjekka Følling for teikn på diabetes. Ein standard test for dette var den såkalla Gerhardts test, der ein tilsette nokre få dropar av ei løysing av jernklorid til urinen. Dersom urinen inneheldt keton, eit symptom på diabetes, ville urinen endre farge til lilla eller burgunder. Men då Følling utførte denne testen, skjedde det i staden noko uventa. Urinen vart farga olivengrøn, før fargen raskt forsvann igjen. Kvifor vart urinen grøn?

Ein slik reaksjon hadde Følling aldri sett før. Då han leita i litteraturen, vart det klart at ingen andre hadde skildra dette.

For å forsikre seg om at det ikkje var medisinar eller liknande som gav den uvanlege reaksjonen, bad han den unge mora om å ikkje gi barna anna enn vanleg mat den næraste veka og komme att med nye urinprøvar. Den neste veka kom Borgny Egeland tilbake med nye prøvar. Følling testa på nytt, og den besynderlege grønfargen dukka opp igjen. Eit ukjent stoff i urinen til barna reagerte altså med jernklorid og danna grønfargen. Kunne det også vere ein samanheng mellom dette grøne stoffet og tilstanden til barna? Han måtte finne ut kva for eit stoff dette var.

Du kan lese resten av denne historia, og andre spennande historier om norske forskarar, i boka Norske forskingsbragder av Unni Eikeseth, utgitt på Samlaget.



Føllings sjukdom er oppkalt etter professor Asbjørn Følling. Foto: Ukjent



Tekst: Majken Korsager og Aud Ragnhild Skår
Majken Korsager er førsteamanuensis ved Naturfagsenteret, der hun arbeider med utvikling av ressurser og lærerkurs innen utdanning og undervisning for bærekraftig utvikling, utforskende undervisning og bruk av apper og IKT i naturfag.
Aud Ragnhild Skår er universitetslektor ved Naturfagsenteret, der hun blant annet utvikler utforskende undervisningsopplegg til naturfag.no.

PRESENTASJONSFORMER



Kreative presentasjonsformer

Elevene sitter i grupper og jobber med oppgaven. Snart skal de presentere for hele klassen. Presentasjonen i PowerPoint er snart ferdig, de må bare fordele hvem som skal si hva. Men vent et øyeblikk ... PowerPoint-presentasjon!? Det finnes jo så mange andre kreative måter å presentere på!

Rapplåt

«... humler og bier er viktige for verden vår ...» rapper elever fra 6. trinn på Bjørlien skole, som har laget en «humlerapp» om bier og humlers betydning for maten vår.

Humlerappen var en del av prosjektet *The best place to bee* i Den naturlige skolesekken (DNS), der elevene hadde utforsket bier og humler på nært hold og skrevet om dette i teksten til humlerappen.

Å bruke sang, musikk og bilder i framføringer og presentasjoner er et av kompetansemålene i norsk etter 7. trinn under muntlig kommunikasjon. I følge lærerne fikk elevene viderefremmet kunnskapen sin og skapt engasjement både for skolens elever og elevenes foresatte.

Modell av bekk

Elevene på 5. trinn på Skøyen skole har hatt et historisk blick på hva vassdraget Frognerbekken har blitt brukt til før. I DNS-prosjektet *Frognerbekken – hvem er du? Hvordan har du det?* ble det fokusert på vannet som ressurs ved at elevene så på historien til Frognerbekken og på dagens situasjon.

Underveis i prosjektet jobbet elevene selv med å finne løsninger på oppdraget. Elevene bygde en modell av vassdraget for å presentere for foreldre og lærere hvordan de hadde løst oppdraget. – Vi har fått mange positive tilbakemeldinger fra engasjerte elever, imponerte foreldre og lærere som har deltatt, sier lærerne.

Modell av celle

I opplegget *Cella som system* (naturfag.no/celler) skal elevene blant annet bygge en spiselig modell av ei celle. En modell er en forenklet framstilling, så elevene må ta noen valg om hva de vil vise med cellemodellen. De må få fram sentrale kjennetegn på typpen celle de skulle lage modell av.

På 9. trinn på Morellbakken skole valgte lærerne å la elevene filme prosessen med å lage modellen, for å vise utfordringene og valgene de måtte ta underveis.

En elev uttalte: – Vi husker det bedre når vi gjør det. Da kan vi si at det var den gangen vi lagde mitokondrier.

Elevene likte også at oppgava var så fri, slik at de selv kunne velge hvordan de skulle løse den og hva slags produkt de skulle lage.

– Og så ble vi mer kreative, vi måtte finne ut hvordan vi skulle klare å feste ting på kaka.

Kunstutstilling

Elever fra 3. trinn på Kastellet skole og Aktivitetsskolen lagde utstillingen *tenk-handle-lek* med leker de hadde laget av natur- og gjenbruksmaterialer. Utstillingen var en måte for elevene å presentere det de hadde lært om med bærekraftig utvikling. På natursekken.no/tenk-handle-lek kan du lese mer om utstillingen.

Tekst: Majken Korsager og Aud Ragnhild Skår

PRESENTASJONSFORMER



Elever fra 6. trinn på Bjørlien skole rapper om bier og humler. Foto: Bjørlien skole



Elever fra 9. trinn på Morellbakken skole har laget cellekake. Foto: Aud Ragnhild Skår



Elever fra 5. trinn på Skøyen skole har laget modell av Frognerbekken. Foto: Majken Korsager



Elever fra 3. trinn på Kastellet skole har laget kunstutstillingen *tenk-handle-lek*. Foto: Majken Korsager



PRESENTASJONSFORMER

Organbriller

Ved lærerutdanningen ved Høgskolen i Oslo og Akershus fikk studentene i oppgave å designe og lage en modell som viser utseende og funksjon til et av kroppens organ-systemer. En av de mange kreative presentasjonene var organbrillene. Når en person tok på seg brillene, ble både organene i urinveissystemet og plasseringen visualisert på personen.



Organbriller viser plasseringen av organene i urinveissystemet. Foto: Majken Korsager

Opera

Elever ved Eide skole har satt opp en egen miljø-opera for å vise miljø- og naturvernengasjementet sitt. Gå inn på naturesekken.no/ klimapris for å lese mer om operaen.



Elever ved Eide skole har laget en miljø-opera. Foto: Eldri Scheie

Hvorfor?

Variasjon i presentasjonsformer gir mulighet for at elever kan bruke og utvikle et bredt repertoar av metoder. Elever vil ofte triggres og motiveres av ulike innfallsvinkler. Og gjennom å møte ulike medier får de ferdigheter på ulike arenaer, som IKT eller kunst. Elevene kan også få i oppdrag å tilpasse presentasjonen sin til en bestemt målgruppe, som barnehagebarn eller lokalpolitikere.

I tillegg til å stimulere elevenes kreativitet og engasjement, kan det å gi rom for ulike presentasjonsformer være en unik mulighet til å flette sammen fag både i undervisningen og i vurderingen av elevenes kompetanser. Tverrfaglig undervisning kan gi større muligheter for dybdelæring hos elever fordi de får hjelp til å se og lære om tema fra ulike faglige vinkler og dermed mer helhetlig forståelse av et tema.

Andre tips

- Dramatiser et fenomen (se side 42)
- Tegn en tegneserie
- Lag en film
- Skriv et dikt
- Skriv en artikkel
- Lag et kryssord
- Lag en animasjonsfilm (se skrivesenteret.no/ressurser/animasjon-pa-ipad)



Elever ved Vestby videregående skole har skrevet en personlig artikkel i Sommermagasinet i Vestby. Foto: Eldri Scheie

NATURFAGLEG POST-PÅSKEKRYSSORD

1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	1	11	12	
13							14					15		16
17						18								
19					20			21				22		
23					24		25				26			
				27				28		29			30	
31			32			33				34				
35			36		37				38				39	
40		41							42		43	44		
		45				46		47			48		49	
50	51					52	53			54				55
56				57										

Vassbeint

1. Wegener la grunnlaget for denne teorien
13. Grunnstoff
14. Jern (esperanto)
15. Oslo universitetssjukehus
17. Grunnstoff
18. Tradisjonar
19. Mobil
21. Svensk X
22. Finnes ikke i vakuum
23. Kulør
24. Osean
26. Cerium
27. Å vera like god med begge hender
31. Innvolsfeitt
33. Fortære

34. Fransk namn på romersk hamneby
35. Nazistisk organisasjon
36. Parasitt
39. Marxist-leninisme
40. Kan ei undersøking vera
42. Ukjend
45. Ille
47. Flatemål
48. Gudinne for legekunst
50. Passiv, bipolar elektrisk komponent
52. Avleidd
56. Dunst
57. Tæring

Loddbeint

1. Tidlegare planet
2. Slitsamt instrument
3. Motbydelege
4. Øskjer
5. Minkande organisasjon
6. Registrert varemerke
7. Upopulært kuldemedium
8. Tullete
9. Epifytt
10. Finst ikkje i vakuum
11. Instrument, ikkje måle-
12. Vomrik
16. Kan ein relativitetsteori vera
18. På elefanten
20. Lovgjevar
25. Kunnskapsbasert nettstad
26. Stilark
27. Forgjengaren til internett

28. Motverkar transpirasjon
29. Avansert drukkenskap
30. Kaldt vatn
31. Kaldt vatn
32. Skiløpar
37. Mannen til Olga
38. Herska (kanskje) i Holmgard og Aldeigjuborg
41. Grunnstoff
43. Engelsk fornamn
44. Jugoslavisk etternamn
46. Data
47. På blomen
49. Plante
51. Tal
53. Elektrisk og elektronisk
54. Sårbar på Rødlista
55. Bror til Odin

PRESENTASJONSFORMER

Kvardagen i bilete

Mobiltelefonen og sosiale medier kan med fordel nyttast i naturfagundervisning, til blant anna å utvikle kreativitet og evne til problemløysing hjå elevane.

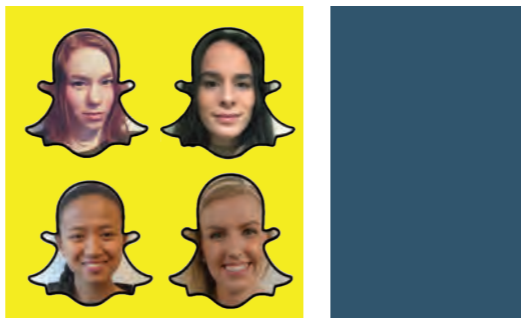
Samfunnet i dag er vitne til ei aukande teknologisk utvikling. For at dagens elevar skal utvikle kompetansar for framtida, må også skulen oppdaterast for å halde tritt med denne utviklinga. I søket etter innovativ undervisning vert stadig nye digitale hjelpemiddel og metodar implementert i skulen. Inntrykket vårt er at elevane sin kvardagsteknologi, som mobiltelefon og sosiale medier, sjeldant vert nytta i undervisningssamanheng. Vi utforma eit undervisningsopplegg i temaet berekraftig utvikling, som inkluderte elevane sine mobiltelefonar og appen Snapchat, for å undersøke om det er mogleg å gjere nytte av elevane sin digitale ekspertise i skulen.

I denne artikkelen vil vi gjere greie for undervisningsopplegget samt dele nokre av elevane sine oppleving av det. Vi meiner funna våre viser at mobiltelefonen og sosiale medier med fordel kan nyttast i naturfagundervisning, for blant anna å utvikle kreativitet og evne til problemløysing hjå elevane.

Undervisningsopplegget

Vi utførte opplegget i to ulike vidaregåande 1.-klasser, ein i Oslo og ein i Finnmark. Elevane fekk i oppgåve å lage ein film om forbruket deira i kvardagen. Oppgåva var meint å dekke kompetansemålet frå tema berekraftig utvikling som seier at eleven skal kunne kartlegge eigne forbruksval og argumentere fagleg og etisk for eigne forbruksval som kan bidra til berekraftig forbruksmønster.

Elevane skulle bruke telefonane sine til å lage filmen i sjangeren MyStory og kartleggje eit døgn forbruk. I tillegg til filmen skulle elevane produsere ein kort tekst der dei formidla bodskapen med



filmen sin samt vurderte forbruket i filmen. Opplegget varte i fem timar, og i siste time var det presentasjonar og visning av filmene i plenum, etterfulgt av ein diskusjon rundt forbruket dei dokumenterte.

Elevprodukta gjenspeila den lokale kulturen

Gjennom å samanlikne filmene frå Oslo og Finnmark såg vi at elevane hadde greidd å fange forbruk i sine lokale miljø. I Finnmark viste fleire av filmene at det manglande kollektivtilbodet tvinga dei til å bruke mindre miljøvennleg transport, medan i Oslo var det fleire som viste korleis dei nytta seg av T-bane og buss. Både stadene var elevane likevel opptekne av mykje av dei same berekraftige tiltaka, som til dømes å kjeldestortere, ete mindre kjøtt, spare vatn og bruke mindre straum. Dette viser at lokalmiljøet spelar ei viktig rolle, og filmene vil framstå ulikt avhengig av det lokale samfunnet. Samtidig inneheld filmene mange likskapar, og undervisningsopplegget verkar å vera gjennomførbart over heile landet.

Dette biletet er henta frå eit av elevprodukta i Finnmark. Det røde krysset uttrykker at elevane meiner det ikkje er miljøvennleg å køyre moped.



PRESENTASJONSFORMER

Film som uttrykk

Eit av måla med prosjektet var å opne for kreativitet hjå elevane. Samtlege grupper meinte filmen hadde gitt dei moglegheita til å vere kreative, sjølv om ikkje alle elevane var like glade i denne typen opne oppgaver. Elevane sa i intervjuet at dei var opptekne av å lage underhaldande filmar, sidan dei skulle visast for klassen. Fleire nytta humor og musikk i filmene, og ga dei dermed eit personleg preg.

Dei aller fleste fann oppgåva spanande og engasjerande fordi det ga dei ei avveksling frå tradisjonell undervisning. Mange av gruppene ga uttrykk for at det å filme noko konkret frå deira eigne liv gjorde fagstoffet meir interessant og meir lærerikt. Dei meinte at dei hugsa opplevingane rundt filminga og filmene betre enn om dei berre las om forbruk. Ein elev sa: «Det er én ting å forklare det på papir, på en prøve, hva vi gjør som er negativt, men det er noe annet enn å vise det gjennom film. Det er mye morsommere og lærerikt synes jeg.»

Elevane meinte at det å skrive teksten var det mest kjedelege med oppgåva. Samtidig såg dei tekstskrivinga som ein naudsynt del av læringa fordi det tvinga dei til å reflektere over forbruket sitt.

Elevane som ekspertar

Vi utforma opplegget med ei tru på at elevane gjennom sin kvardagskultur var ekspertane på dei digitale ressursane, dei fekk derfor få instruksar for den tekniske utføringa. I samsvar med forventningane våre viste elevane stor grad av autonomi når det kom til å filme, redigere og eksportere produktet sitt. Når elevane møtte teknologiske utfordringar, søkte dei hjelp frå kvarandre i staden for hjå lærarane. Ved spørsmål om kvifor dei ikkje søkte hjelp frå lærarane, var svaret frå samtlege at dei meinte dei sjølve var kompetente nok til å finne løysingar. Ved spørsmål om dei skulle hatt fleire tekniske instruksar, sa ein elev: «Jeg tror ikke man hadde lært så mye heller hvis man sku' ha fått så mye hjelp på en måte, det er lurt å liksom tenke litt selv.»

Oppsummering

Mange lærarar vegrar seg for å nytte elevanes kvardagsteknologi i undervisninga og å gi frå seg ekspertrolla. Vi meiner våre funn viser at mobilen med fordel kan integrerast i undervisninga, gitt klare rammer og fagleg oppfølging. Filmene fungerte som ei moglegheit for kreativitet og personleg autentisitet, medan teksten

PRESENTASJONSFORMER



Kva for produkt inneheld palmeolje?

Snapchat er ein av dei mest populære appane for smarttelefonar i Noreg. I overkant av 2 millionar nordmenn brukar Snapchat. Snapchat tillet elevane å kommunisere via bilete og videoar.

MyStory er ein funksjon i Snapchat der du kan setja saman fleire klipp til ein film som er tilgjengeleg for vennene dine i 24 timar.



Ein elev arbeider med teksten, og ein set saman filmen i Snapchat. Foto: Eugene Boland

fekk elevane til å reflektere og fundere over det faglege aspektet. Samla ga dette grunnlag for fagleg og etisk diskusjon ut frå kompetansemålet.

Tekst: Edvin Østergaard
Edvin Østergaard er professor ved lærerutdanningen på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet innen feltet kunst og vitenskap i læring. Han er komponist og vant i 2010 Spellemannprisen for albumet Die 7. Himmelsrichtung.



Foto: Niklas Østergaard

KUNST OG NATURFAG

Den estetiske erfaringens plass i naturfag

Noen fordommer må overvinnes og flere praktiske erfaringer i klasserommet må gjøres for at elevene skal oppleve naturfag som et estetisk fag.

I barns umiddelbare omgang med naturen og naturens fenomener er deres nysgjerrige deltakelse ledsaget av både vitebegjær, sanseerfaring og opplevelse av mening. Dette er opplevelser som henger så nært sammen at de vanskelig lar seg skille. Når barna begynner på skolen, opplever de imidlertid at det sanne og det skjønne, det tenkte og det erfarte blir ulikt vektlagt i ulike fag. Hva er det som gjør det så vanskelig å undervise et naturfag som omfatter alle disse aspektene? Hvilke fordeler kan naturfaget ha av aktivt å vektlegge estetiske erfaringer i undervisningen?

Sanselige naturerfaringer

Det er mye som tyder på at estetiske dimensjoner av naturfag er et felt av økende interesse. Et eksempel i så måte er antologien *Exploring Emotions, Aesthetics and Wellbeing in Science Education Research* av Bellocchi mfl. fra i år. Det at estetikk her sidestilles med følelser og velvære gjenspeiler den gjengse oppfatningen av det estetiske som noe forbundet med subjektive forestillinger. Interessen kan kanskje også være uttrykk for naturfagets behov for å søke kontakt med andre fag. I Meld. St. 28, *Fag – Fordypning – Forståelse*, er flerfaglighet og bærekraftig utvikling kommet inn som prioriterte temaer for å skape bedre sammenheng mellom undervisningsfagene. Men en leter forgjeves etter forbindelser mellom estetiske fag og naturfag. Begrepet «estetisk» forekommer 22 ganger i forbindelse med «[praktiske og] estetiske fag» og én gang i kombinasjonen med etikkfagene. I tillegg nevnes begrepet en gang til: «I et fag som musikk lærer elevene å formidle følelser

gjennom estetiske uttrykksformer». Dette vitner om en snever forståelse av den estetiske erfaringens betydning for andre fag enn de praktisk-estetiske.

Ordet «estetikk» kommer fra gresk «aisthesis» og betyr noe slikt som sanseiaktakelse eller sansning. I dag brukes begrepet som oftest i betydningen «vitenskapen om det vakre», mens adjektivet «estetisk» viser hen på egenskaper (som elegant, attraktiv, vakker, skjønn) til en iaktatt gjenstand. I *Aesthetica* fra 1750, grunnsteinen for estetikk som filosofisk disiplin, hevder Alexander Baumgarten at estetikk dypst sett dreier seg om å anerkjenne sansning som en genuin evne til erkjennelse. Baumgarten setter en form for vitenskapelig logikk opp mot kroppens logikk, og tenkningens kunnskap opp mot intuitiv, personlig kunnskap. Disse to formene for logikk danner til sammen det hele menneske; de virker på sitt mest fruktbare når de virker sammen.

Begrepet «estetisk læring» blir gjerne brukt om læringen som skjer i de praktisk-estetiske fagene. Men er det *innholdet* i undervisningen som er estetisk (musikk, håndverk, dans, drama) eller er det *måten* å undervise på? Dersom estetisk læring forstås som en anvendelse av estetisk erfaring som implisitt del av læring i faget, kan en tenke seg at flere skolefag «estetiseres». Det er i denne betydningen jeg vil argumentere for et estetisert naturfag. I den tyske tradisjonen snakker en om «estetisk dannelse» som kulturell allmenndannelse. Grunntanken her er at kunst skal og bør være

del av det opplyste menneskets grunnleggende (ut-)danning. Likevel ser en også her sjelden eksempler på at læring av estetisk-allmenne ferdigheter skjer i andre fag enn nettopp i kunst- og musikkundervisningen.

Å gjøre en estetisk erfaring

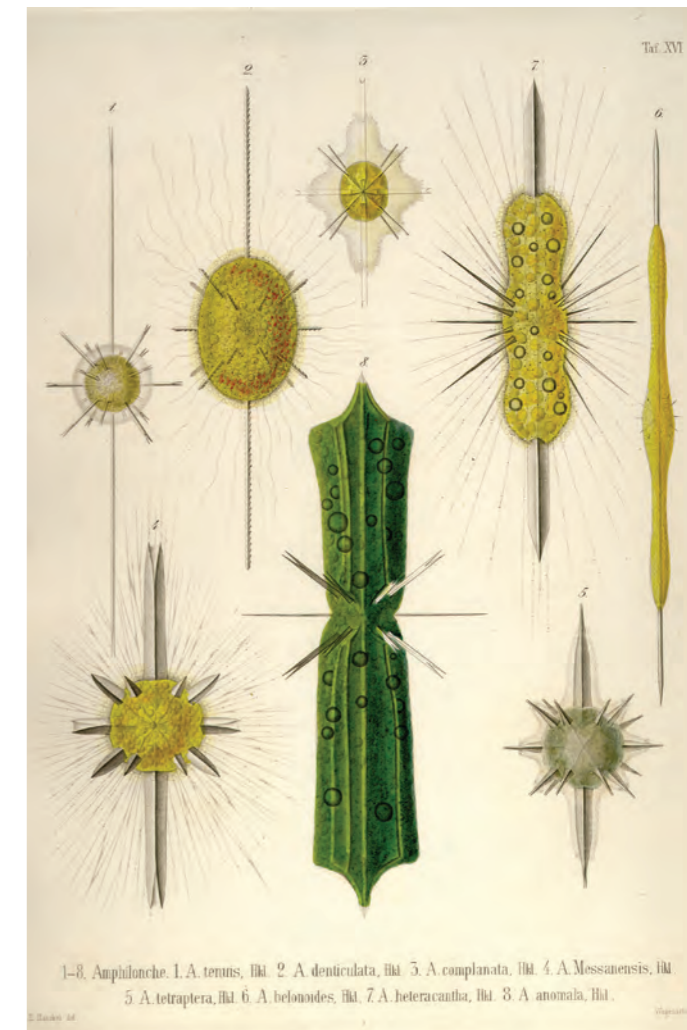
En estetisk erfaring kan forstås på flere måter. Det kan være en ren sanseerfaring, altså den type erfaring du får når du fører hånden over en ru treoverflate. Det kan også bety å ha en erfaring av det vakre, som når du hører den myke tonen til en svarttrøst. For John Dewey er en estetisk erfaring først og fremst en bestemt form for sensibilitet overfor sammenhengen i verden. I *Art as Experience* begrunner Dewey et skifte av perspektiv fra estetisk erfaring av objekter til estetiske handlinger. Som handling kan en estetisk erfaring *integrere* mennesket med dets omgivelser. Erfaringen av relasjonen mellom selv og omgivelse er estetisk i den grad «menneske og omgivelser samarbeider om å danne en erfaring i hvilken de to er så fullstendig integrert at hver av dem forsvinner»¹.

I dette perspektivet er en estetisk erfaring ikke bare en erfaring av det skjønne, den er ei heller utelukkende knyttet til kunstopplevelser. En estetisk erfaring innebærer å føle seg ett med, i harmoni med. Dersom det estetiske reduseres til kun et spørsmål om det vakre i kunsten og i naturen (eller for den saks skyld i et vitenskapelig bevis), er det fare for at den estetiske erfaringens inkluderende dimensjon blir oversett. For læreren i naturfag er det ikke nok å benytte estetisk vakre objekter. I Deweys ånd kan læreren fremme elevers estetiske handlinger ved å oppøve sanseerfaringer som grunnlag for deltakende involvering i verden.

Når en betrakter litografiene til Ernst Haeckel (1834–1919), blir en slått av naturfenomenenes vakre former og harmoniske proporsjoner. På hans tid fantes det ikke fotografering, så tegning og maling var en mye brukt dokumentasjonsform blant naturforskere. Visuell formgivning var den gang en naturlig del av biologifaget, og idealet var minst mulig personlig tolkning og mest mulig naturtro gjengivelse av objektene. Haeckel selv så biologien som på mange måter beslektet med kunsten. Hans egen kunstneriske begavelse ble vekket først og fremst i arbeidet med havorganismer. Det var *Kunstformen der Natur* (1899–1904) som gjorde denne siden av naturforskerens arbeid allment kjent. Særlig anerkjennelse har han fått for gjengivelsene av plankton (og da særlig radiolarier) og maneter (se illustrasjoner).

Tekst: Edvin Østergaard

KUNST OG NATURFAG



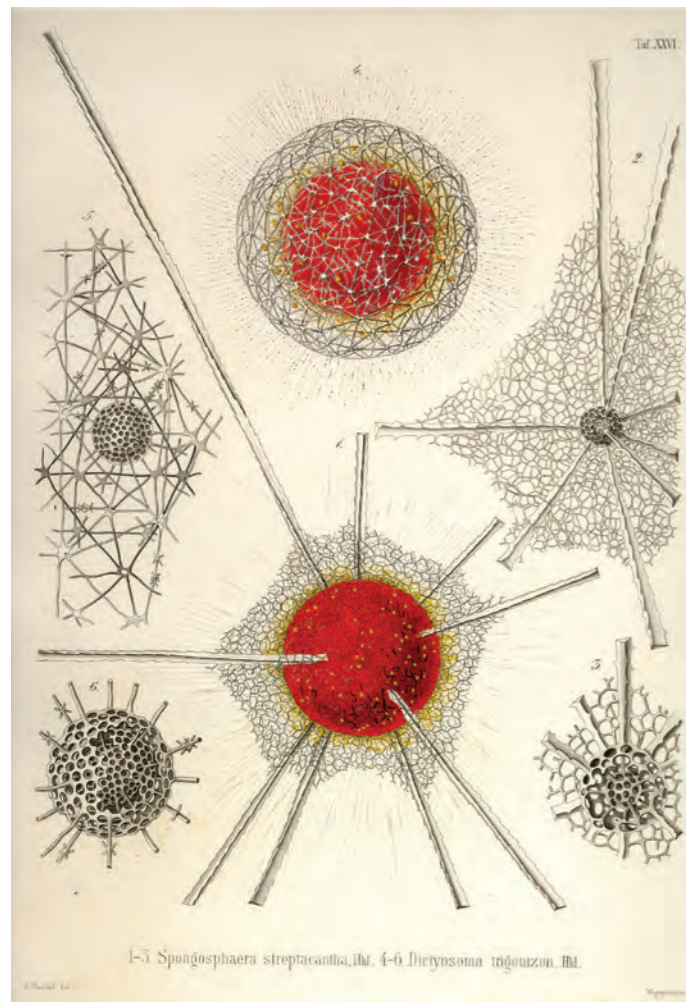
Fra Ernst Haeckels *Radiolarien*.

Kunst møter naturfag

Haeckels bruk av illustrasjoner i arbeidene sine var antakelig ikke motivert av et ønske om å føre kunst og naturfag sammen. Dette var for ham og hans samtidige en naturlig måte å fremstille forskningsresultatene på. I dag viser flere undersøkelser en positiv læringseffekt når kunst dras inn i naturfag. Bruk av tegning i naturfaget forsterker bl.a. elevers evne til observasjon, samt at deres estetiske erfaringer av fenomener blir rikere.² Her blir det estetiske



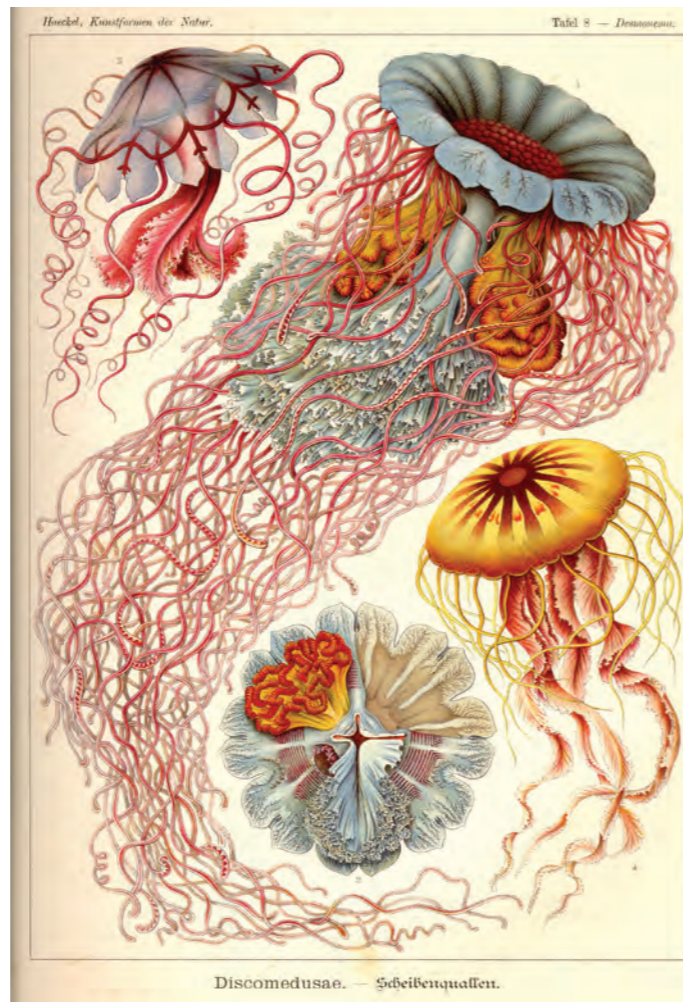
KUNST OG NATURFAG



Fra Ernst Haeckels Radiolarien.

ikke bare relatert til kunst, men også til elevers evne til rik erfaring og meningsdannelse i naturfag. Det å undervise et kunstnært naturfag gir elevene muligheter for å *utfolde estetiske erfaringer*, noe som forutsetter et læringsklima som åpner opp for sanselige erfaringer og kreativ deltakelse.³

Ferdigheter opparbeidet i kunstundervisning kan ikke direkte overføres til naturfaget. Kunstnerisk kreativitet i for eksempel uttrykksform kan ikke uten videre benyttes i (kreativ) problemløsning. I en langtidsstudie over fem år viser musikkviteren og



Fra Ernst Haeckels Kunstformen der Natur.

musikkpedagogen Bastian at å øve musikalske ferdigheter riktignok fører til en klar forbedring av elevenes sosiale kompetanse, men ikke til bedre resultater i fag som naturfag og matematikk.⁴ Dette betyr ikke nødvendigvis at det ikke finnes en positiv sammenheng mellom kunsthøgskole og naturfag, men det indikerer at ferdigheter oppøvd i adskilte fag ikke uten videre lar seg overføre til andre fag. Løsningen kan være mer bruk av flerfaglig prosjektarbeid hvor ferdigheter utvikles i en meningsfull sammenheng og hvor naturfag- og kunstlærere samarbeider om en estetisk naturfagundervisning.

KUNST OG NATURFAG

Når utforskende arbeidsmetoder i stigende grad brukes i naturfagundervisningen, blir det lagt mer vekt på åpen utforskning. Elevers utforskning blir gjerne en eller annen form for «styrt» åpenhet, noe som kan få en til å spørre: Blir observasjon brukt som pedagogisk redskap for liksom-åpent å undersøke det som allerede er blitt definert? Når det gjelder å anerkjenne åpenhet som genuin kilde til erkjennelse, har naturfaget mye å lære av kunsten. Åpen utforskning er viktig i naturfag fordi den fremmer estetisk erfaring som gir elevene muligheter til å oppleve verden på en ny måte.⁵ Det å være «open-minded» blir også fremhevet som en sentral egenskap i utdanning for bærekraftig utvikling. For å kunne bygge veier frem mot en bærekraftig fremtid, trenger elevene en åpen holdning og et skapende blikk.

Tegning i det kreative rom

Det å tegne er mer enn objektivt å gjengi former og farger av et tredimensjonalt legeme. Haeckel ble i sin tid beskyldt for å fremstille sjøstjerner, plankton og andre havorganismer litt for symmetriske og litt mer formlike enn det de i virkeligheten var. Her har Haeckel fremstilt organismene slik *han* så dem. Lignende erfaringer er gjort i arbeid med maling og tegning i biologiundervisningen.⁶ Den plantearten elevene skal fremstille er gjenkjennelig i alle tegningene, men ingen av tegningene er helt like. Hver enkelt tegning har et personlig uttrykk som sier noe om planten og om den som holdt blyanten. Bildene bærer slik elevenes individuelle signatur.

I kunst- og musikkundervisningen er det en selvfølge at estetisk iakttakelse skal oppøves og forfines. Tenk bare på skolering av iakttakelsesevnen i kunstundervisning og hørelære som del av musikkundervisningen. Dette er ekspertiser som naturfaglærere kan nyttiggjøre seg i et flerfaglig samarbeid med kunstlærere, f.eks. i biologidelen av naturfaget, eller med musikk lærere i et tema som lyd. Dette er aktiv bruk av sansene gjennom å vende seg mot det estetiske materialet. Det som trengs for at samarbeidet skal bli en positiv erfaring for elever, er at styrken til begge fag – både kunst og naturfag – blir betont og verdsatt.

Bruk av estetiske erfaringer i naturfag gjennom inkludering av kunst-basert undervisning kan balansere fagets ofte ensidige vektlegging av teoretisk forståelse. Å øve virkelig åpenhet represen-

terer en utfordring i en fagkultur som preger (i det minste deler av) naturfag- og matematikkundervisningen. Er ikke nettopp en åpen holdning – til undersøkelsestemaet, til undersøkelsesmåten og til uttrykksformen – en forutsetning for elevers kreative utfoldelse?

Forståelse – sanselighet – mening

I naturfaget skal elevene bli kjent med naturvitenskapens egenart. Elevene skal også få en fordypet forståelse av og forbindelse med verden omkring dem. For at naturfagets arbeid med representasjonsformer skal være betydningsfullt for elevene, er det avgjørende at elevene er sikre på hva representasjonene skal representere. Det er en forutsetning for meningsfull læring at elevene har en personlig forståelse av og berøring med den naturen naturvitenskapen skal si noe om.

Kanskje vi bør slutte å snakke om hvorvidt kunst fremmer naturfaglig læring og heller begynne å utforske det mangfold av måter som kunstaktiviteter kan bidra til elevers opplevelse av mening i naturfag.² Like fullt må noen fordommer overvinnes og flere praktiske klasseromserfaringer gjøres for at elevene skal oppleve naturfag som et estetisk fag. Også fra politisk hold trengs retningslinjer og støtte til et flerfaglig initiativ som omfatter kunst og naturfag. Jeg ser frem til å lese den stortingsmeldingen fra Kunnskapsdepartementet som har følgende anvendelse av begrepet estetisk: «I et fag som naturfag lærer elevene å forstå og artikulere naturens lovmessigheter og verdsette naturens verdi gjennom estetisk erfaring og estetiske uttrykksformer.»

Ta gjerne kontakt med meg på e-post: edvin.ostergaard@nmbu.no

Fotnoter

- Dewey, J. (2005). *Art as experience*. London: Penguin Books.
- Jakobson, B. og Wickman, P.-O. (2008). Art in science class vs science in art class: a Study in Elementary School. *Education & Didactique*, 2(3), 141–157.
- Girod, M., Rau, C. and Schepige, A. (2003): Appreciating the beauty of science ideas: Teaching for aesthetic understanding. *Sci. Ed.*, 87, 574–587.
- Bastian, H. G. (2000). *Musik(erziehung) und ihre Wirkung. Eine Langzeitstudie an Berliner Grundschulen*. Mainz: Schott.
- Pugh, K. J. & Girod, M. (2007). Science, Art, and Experience: Constructing a Science Pedagogy from Dewey's Aesthetics. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 9–27.
- Jolly, L., Slättli, S. og Boeckel, J. van (2011). Biologi, bilder og bærekraft. *Norsk Pedagogisk tidsskrift*, 4, 299–313.

KUNST OG NATURFAG

Surrealistisk naturfag

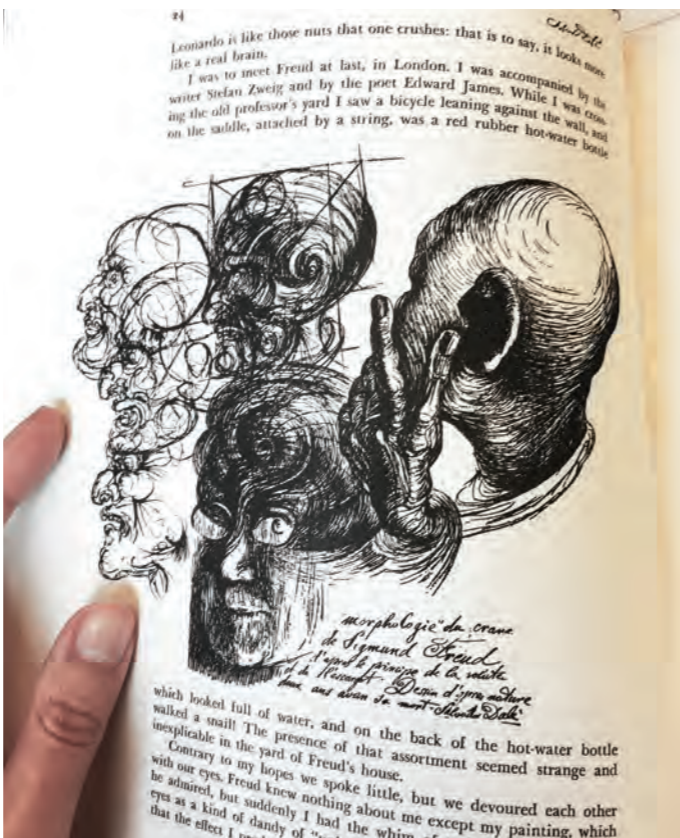
Surrealismen, som er inspirert av den underbevisste draumeverda, kan hjelpe oss med å auke bevisstheita vår. Dette kan vi bruke i naturfagundervisninga.

surrealisme: mykje surr og lite realisme

Vestlandssurrealisten Ragnar Hovland kom med denne ironiske definisjonen av surrealisme, og sette fingeren på korleis surrealismen ofte blir oppfatta. Men faktisk kan surrealismen, som er inspirert av den underbevisste draumeverda, hjelpe oss med å auke bevisstheita vår.

Surrealismen oppstod omkring 1920, og var inspirert av det underbevisste, slik det blei betrakta gjennom Sigmund Freud og psykoanalysen. Salvador Dalí (1904–1989), ein av verdas mest kjende surrealistar, var sjølv sterkt inspirert av Freud, og ønskte lenge å møte han. Ein dag Dalí satt og åt favorittretten sin, sniglar, såg han eit bilde av Freud i avisa, og observerte det nøye. Han gav frå seg eit rop: Han hadde oppdaga den morfologiske løyndomen til Freud – kraniet hans var eit snigelhus! Da dei endeleg møttest etter fleire mislukka forsøk, fekk dei ikkje snakka så mykje saman som Dalí hadde ønska. Men dei slukte kvarandre med auga. Mens Dalí prøvde å vise Freud ein vitskapleg artikkel han hadde skriva om paranoia, heldt Freud berre fram med å stire på Dalí. Etter møtet skreiv Freud til deira felles forfattarven Stefan Zweig: «Eg har tidlegare sett på surrealistane som komplette idiotar, men denne unge spanjolen med sine oppriktige, fanatiske auge og sin unektelige mesterlege teknikk, har endra synet mitt.» Dalí svara med at hovudskallen til Freud likna eit snigelhus.

Dalí var veldig inspirert av vitskap generelt. Han begynte å lese vitskaplege artiklar i veldig ung alder. I biblioteket hans samla han hundrevis av bøker med tema som fysikk, kvantemekanikk, livets



Morfologien til kraniet til Freud, teikna av Dalí eitt år etter at Freud døydde. Frå boka *The Secret Life of Salvador Dalí* by Salvador Dalí.

KUNST OG NATURFAG

oppripping, evolusjon, matematikk – bøker som etter kvart blei fulle av notatar i marginen. I tillegg abonnerte han på alle vitskaplege tidsskrift han kunne komme over.

Vitskap appellerte til tankemåten hans: Nye radikale verkelegheitsskildringar innanfor moderne fysikk utfordra den vante oppfatninga om at verkelegheita rundt oss kan sansast direkte, at det vi ser, høyrer, kjenner og lukter er ei materielt stabil og tilgjengeleg verkelegheit. Surrealistar som Dalí leikar med dette gapet som oppstår mellom den vante oppfatninga vår av verda og skildringa av henne som relativ og fleirdimensjonal. Den menneskelege bevisstheita sine surrealistiske vandringer i draumeverda om natta, liknar mennesket si usikre sansing av verda om dagen. Kanskje kan Dalí si fantastiske bildevervder opne opp det store rommet der vitskapen møter fantasien? For korleis kan ein forestille seg ei verkelegheit som kanskje ikkje ein gong lar seg komme til syne for det menneskelege auget?

Slik som for eksempel tid. Tid er noko verkeleg, men vanskeleg å forstå i djupna. Da Albert Einstein formulerte relativitetsteorien, var Dalí berre ein unggut. Men eit av dei mest kjende måleria til Dalí, det med dei smeltande klokkene, viser at Dalí kanskje var inspirert av relativitetsteorien, og at klokkene kan vere eit symbol på at tid og rom er relativt. Sjølv ville han typisk nok ikkje innrømme det – tvert imot påstod han at klokkene var inspirert av camembert (ein ost) som smelta i sola. Kanskje Dalí svara slik fordi han ville at folk skulle få lage sine egne tolkingar? Her anar vi den meir langsiktige verknaden av surrealismen, enn at den berre er annleis enn den dominerande kunsten: Surrealismen kan utvide vår oppfatning av verkelegheita, og få oss til å sjå verda på ein annan måte. Og når vi ser verda på ein annan måte, kan det opne auga våre for at det vi ser ikkje alltid er slik vi trur.

Dette er ein veldig viktig eigenskap å ha med seg i forskning og naturvitskap. Men også når ein er ein elev som skal lære naturfag. Ein naturfagtime treng ikkje dreie seg om fasitsvar og pugging.



Som Merethe gjer merksam på i leiaren på side 2, er kreativitet ein viktig eigenskap som alle elevar skal få moglegheit til å utvikle. Da er det viktig å tørre å tenke annleis, kontrafaktisk, utanfor boksen, og snu ting heilt på hovudet. Viss ingen stiller spørsmål og lagar nye forklaringsmodeller, kjem ikkje forskinga seg framover.



Dette måleriet er kjent som «dei mjuke klokkene» eller «dei smeltande klokkene», men tittelen er eigentleg *Minnet si standhaftighet* (*La persistencia de la memoria*). Dalí kommenterte det slik: «Eg er like overraska over at ein banktilsett aldri ein sjekk, som eg er over at ingen målar før meg nokon gong har tenkt på å måle ei mjuk klokke.» Frå boka *Dalí*.

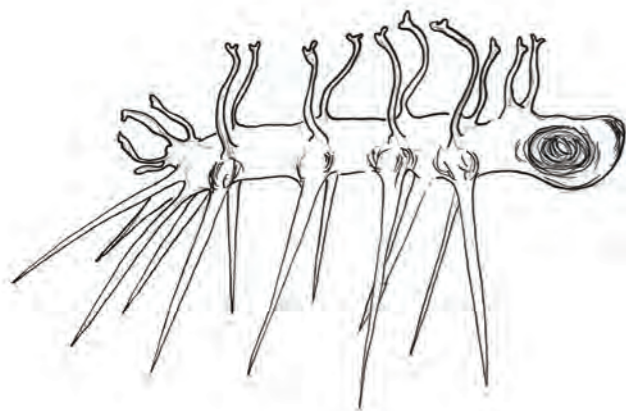
KUNST OG NATURFAG

Eit eksempel på forskning som bokstaveleg talt blei snudd på hovudet, er funnet av fossilet *Hallucigenia*.



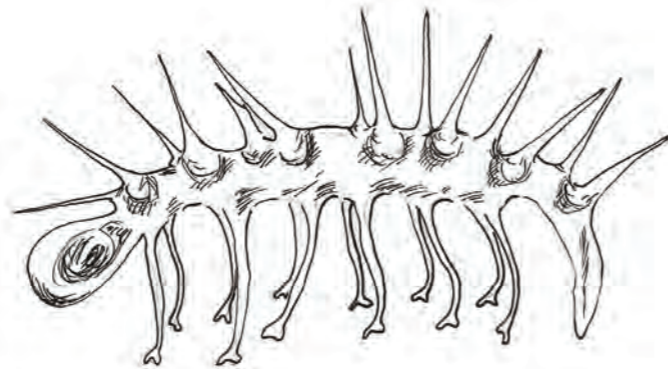
Fossil av *Hallucigenia*. Foto: Jean-Bernard Caron, University of Toronto.

Namnet blei gitt på grunn av den draumeaktige utsjånaden, fordi det først blei rekonstruert opp-ned, ståande på stive pinnar og veivande med tentaklane i vatnet.



Fossilet blei først rekonstruert opp-ned, noko som gjorde at forskarane trudde dei hadde funne eit draumeaktig dyr. Derfor fekk det namnet *Hallucigenia*. Teikning: Stine Beate Schwebs.

Men da nokon torde å snu han andre vegen, blei det tydeleg at dette måtte vere ein marin fløyelsorm i gruppa lobopoder.



No kunne forskarane sjå likskapar mellom *Hallucigenia* og andre fløyelsormar. Teikning: Stine Beate Schwebs.

Korleis kan ein forskar klare å ta spranget frå å sette saman kunnskapsbitar frå små fossil til å visualisere fram eit fortidsdyr av kjøtt og blod som seinare blir selt som verkelege plastleiketøy i butikken – eit dyr vi aldri har møtt? Og så er det ikkje slik at vi finn fossil av alle dyra som nokon gong har levd på jorda. Snarare tvert imot – fossil frå urtida er unntaket heller enn regelen.

I Naturfag 1/16 med temaet *tid*, hadde Øyvind Hammer ein artikkel med tittelen *Ikkje sitér meg på dette* som vi ikkje vil sitere frå, men innhaldet gjorde oss ganske svimle: Det er enorme hopp av tid i jordas utvikling der vi har store, blanke kunnskapshol, slik at vi eigentleg ikkje anar kva slags vesen eller liv som kan ha hatt tilhald på jordoverflata i ulike periodar. Med slike kunnskapshol blir førestillingsevna eit verktoy for å kunne sette saman sparsam informasjon og lage samanhengande forteljingar om det ukjende.

Dersom det å observere og oppdage heng saman med evna til å førestille seg ting som (inntil no) ikkje finst, så er surrealismen der for å hjelpe oss med å øve opp denne evna!

KUNST OG NATURFAG



«Han eide ikke fantasi. Derfor måtte han nøye seg med å skildre alt slik han så det.»
Frå *Pustehull: 1. råk* (1989) av Tor Åge Bringsværd. Teikning: Ask Tusvik Lidsheim

Undervisningstips

Ved å bruke surrealistisk kunst og forteljingar i naturfagundervisninga, kan elevane si førestilling om verda opne seg, og dei kan bli flinkare til å sjå samanhengar som ikkje alltid ligg i dagen.

Detaljane i surrealistisk kunst, som i Dalí sine verk, gjer at dei eignar seg godt til å øve på å observere. I Dalí sine måleri og skulpturar skjuler det seg uventa ting, som ein berre oppdagar om ein observerer lenge og nøye.

Å la elevane observere kvar for seg, og deretter snakke saman om kva dei har sett, kan få dei til å oppdage at kvar og ein ser forskjellige ting. Slik kan dei også få auga opp for at det er viktig at ikkje berre ein forskar studerer noko nøye, men mange forskjellige forskarar.

Referansar

Dalí, Salvador (1942): *The Secret Life of Salvador Dalí* by Salvador Dalí. London: Vision Press Ltd

Descharnes, R. & Néret, G (2006): *Dalí*. Taschen

Ebdrup, Niels (2011): – Surrealisme utvider bevisstheten. Artikkel frå forskning.no

Hammer, Øyvind (2016): *Ikkje sitér meg på dette*. Naturfag 1/16 side 102–103

Selden, Paul & Nudds, John (2004): *Evolution of Fossil Eco-systems*. Manson Publishing

Elevane kan lage egne surrealistiske teikningar og forteljingar, for å øve seg på å tenke utanfor boksen. Å lage surrealistiske tekster er faktisk ei veldig god skriveøving. Eit godt råd frå verdas første surrealist, André Breton (1896–1966): *Skriv fort utan å ha førebudd noko emne, så fort at du ikkje reflekterer over kva du skriv, eller blir freista til å lese over det du har skrivne.*

Eit heilt tilfeldig utval surrealistiske bøker for barn og ungdom av norske forfattarar:

Ragnar Hovland: *Fredlaus*

Tor Åge Bringsværd: *Den som har begge beina på jorda står stille*

Fam Ekman: *Papirfuglen*

Kjell Erik Vindtorn: *Barbeinte skyskraper*

Arild Nyquist: *Lille Per og enda mer*



Fysikkbygningen, UiO. Foto: Rim Tusvik



INNOVASJON

Å vekka sansane

Naturen er eit gigantisk bibliotek med løysingar på ulike utfordringar. Og for kvar utfordring finst det mange løysingar som kan inspirera oss.

Augo hennar er lukka. Ansiktet hennar uttrykker ei blanding av nysgjerrigheit, konsentrasjon og glede medan fingrane hennar utforskar gjenstanden ho held i hendene, nesten like stor som labbane hennar. Ho snur og vender på gjenstanden, utforskar kvar einaste flate. Nokon av kantane kjennest kvasse, det som ho beskriv som innsida er glatt, medan utsida er meir ujamn og litt grovare. Han er lett, men likevel hard og sterk. Det verkar som det er eit mønster langs kantane, og tydelegvis ein symmetri òg. Kanskje er det skalet

av eit dyr, men poenget med denne øvinga er ikkje å finne ut kva gjenstanden er, men snarare å utforske han med alle sansane bortsett frå synet, i alle fall foreløpig. Naboen hennar ved arbeidsbordet hadde valt ut denne blant dei naturlege gjenstandane på bordet og plassert den i hendene hennar medan augo hennar var lukka.

Det var ei ny oppleving for henne. Vanlegvis vart sansane hennar påverka og informerte av det ho såg. Denne gongen fekk ho ikkje sjansen til å sjå kva ho kjende på, og hjernen hennar måtte gradvis finstemma dei andre sansane, og prøva å finna adjektiv for å beskriva det ho kjende. No lyfter ho gjenstanden mot nasen. Fyrst luktar ho ikkje noko spesielt, men når ho konsentrerer seg litt til, kan ho ana noko kjend, noko som minner om havet. Men det er berre ei svak aning. Ho held gjenstanden mot øyra og trommar lett på han med neglene. Det høyrst ut som han er hard og litt innhol. Instruktøren sa at det var heilt trygt å smaka på gjenstandane om nokon let seg freista til det, men ho er motvillig. Ho seier høgt dei adjektiva ho kjem på etter kvart som ho utforskar gjenstanden, og naboen hennar skriv dei ned.

Så opnar ho augo og oppdagar at gjenstanden er skalet av ein krabbe, ein slik som ho pleidde finna på stranda nær sommarhytta si. Smilet hennar vert breiare, både av den nye opplevinga og av minna som krabbe-skalet vekkjer.



Gjenstanden blir utforska med lukka auge. Foto: Alex Asensi



INNOVASJON

I det same klasserommet utfører eit titals designstudentar den same blindebukk-øvinga to og to. Den eine let att augo og strekkjer fram hendene og tek mot gjenstanden som den andre vel ut. Til å begynna med går det litt tregt med å koma på adjektiv, men etter kvart begynner det å flyta. Vi er så tilvande og avhengige av synet at vi ofte beskriv ting etter korleis dei ser ut, medan vi overser mykje av informasjonen som kjem frå dei andre sansane. Etter at den fyrste studenten har opna augo, byter para roller. Den som valde gjenstand fyrst, vert no blindebukken.

Alle adjektiva kjenneteiknar ein funksjon. Det er ein grunn til at skalet er hardt, men lett, at det nokre stader er kvast og at det er glatt på innsida. Å forstå desse funksjonane, og så forstå korleis naturen set dei ut i livet, er nøkkelen til å læra av naturen. Det vi ynskjer er å lyfta prinsippa bak naturen sine løysingar over i våre egne design. Mange av dei utfordringane vi menneske møter, møter jo naturen òg. Vi er underlagde dei same fysiske lovene, møter dei same naturtilhøva og må tilpassa oss dei. Naturen er ein mester i å vera «kreativ» gjennom å bruka fysikkens lover til sin fordel. I tillegg er naturen berekraftig. Livet skapar tilhøve som legg til rette for liv. Korleis ville det verta dersom designa våre skapte tilhøve som la til rette for liv? Kan vi designa på ein berekraftig måte? Ja, det kan vi. Å gjera det gjennom å henta inspirasjon frå naturen er det som vert kalla biomimikry. Vi definerer det som bevisst etterlikning av naturens vellukka strategiar.

Innovasjon og kreativitet

Korleis driv naturen innovasjon? Korleis får naturen nye idear? Kreativitet fungerer annleis for oss enn for naturen elles. Naturen er ikkje kreativ i ordets rette forstand. Mangfaldet vi finn blant alt som lever, er resultatet av både tilfeldige genmutasjonar og den evolusjonære prosessen som filtrerer desse mutasjonane gjennom naturleg utval. Det er inga hensikt bak dette mangfaldet, det er ikkje noko intelligent design. Likevel er utfallet interessant for oss menneske, sidan naturen er eit gigantisk bibliotek med løysingar på ulike utfordringar. Og for kvar utfordring finst det mange løysingar som kan inspirera oss.

La oss ta eitt eksempel: regulering av temperaturen er ei felles utfordring for alt som lever. Vi menneske treng det for å bevara maten, for å ha det komfortabelt der vi lever og arbeider eller i dei fleste transportmidla våre. La oss ta ein kikk på korleis temperaturen vert regulert i naturen, og la oss begynna med det nærmaste: vår eigen kropp. Den prøver å halda temperaturen nokon lunde konstant, og løysar dette gjennom for eksempel sveitting og skjelling.

I varme klima brukar mange dyr store overflater på kroppen for varmeutveksling via blodårene. Ta for eksempel elefanten sine øyre. Ørkenreven har òg svære øyre samanlikna med polarreven, som har små øyre for å unngå å mista for mykje kroppsvarme i kulda. Kaktusar brukar skuggar: Sikksakkmonsteret i ledda deira gjer at ein del av planten alltid er i skuggen same kvar sola står, og som de sikkert veit, er det kjøligare i skuggen. Stripene til sebraen kan òg vera ein strategi for nedkjøling: Dei svarte stripene vert varmare enn dei kvite, dermed oppstår det konveksjon og luftbevegelse som gjev ei svak nedkjøling av huda. Nokre stader i Afrika bygger termittane fleire meter høge tuer, som burde ha svært høge temperaturar på innsida sidan dei ligg midt i solsteiken. Men det



Mercedes sin bioniske bil er inspirert av koffertfisk. Foto: Ryan Somma / Wikimedia Commons



INNOVASJON

har dei ikkje, fordi termittane har utvikla eit sinnrikt ventileringssystem som let dei regulera temperaturen. Dessutan ligg sjølve tua under bakken, djupt nok til at temperaturen er konstant, uavhengig av temperaturen på utsida.

Eit godt eksempel frå norske trakter er isbjørnen. Under den kvite pelsen er huden svart. Håra i pelsen er hole, som røyr, og forma slik at dei lei solstrålane inn til den svarte huden og varmar den opp. Under dei lange håra i den ytre pelsen er det ein tettare indre pels som fangar luft og held lufta nær kroppen der ho fungerer som isolasjon. Underhudsfeittet fungerer som endå eit lag med isolasjon. Vi ser kor mange varierte strategiar som finst for ein så enkel funksjon som å regulera temperaturen. Du kan finna mange fleire strategiar ved å gå til den fantastiske nettsida asknature.org og søka etter «regulate temperature». Nettsida er ein database med over

1600 ulike strategiar som ulike organismar har tatt i bruk, og er ei flott kjelde til inspirasjon når du skal løysa utfordringar.

Eit konkret eksempel på bruk av biomimikry basert på strategiane ovanfor er Eastgate Center i Harare i Zimbabwe. Arkitekt Mick Pearce lot seg inspirera av termittuene og la prinsippa frå strategien deira til grunn for ventilasjonssystemet i bygningen, og reduserte energikostnadane til luftkondisjonering med 90 %. Eit godt eksempel på korleis naturen kan bidra til løysingar som er både innovative og berekraftige.

Nesten alle workshopane våre i biomimikry startar med blindebukkøvinga eg beskreiv i innleiinga. I tillegg til å vera ei morosam øving, kjem studentane inn i ein tankegang som er mykje meir kreativ. Vi har ei indre tilknytning til naturen og er tiltrekt av han.



Beltedyret heiter meir passande *armadillo* på engelsk og spansk, som betyr «den vesle pansra». Kva kan vi lære av det?
Foto: publicdomainpictures.net. Innfelt foto: Tim Pierce / Wikimedia Commons

INNOVASJON

Det vert kalla biofili, eller kjærleik til naturen. Konsulentselskapet Terrapin Bright Green har i ein rapport beskrive 14 godt dokumenterte former for biofili. Dei viser til forskingsrapportar som mellom anna viser at ikkje-visuelt samband med naturen verkar positivt på kognitive prestasjonar¹ og at handfast samband betraktar kreativitet².

Neste steg i øvinga er å samla alle adjektiva som har kome fram, og la dei gjetta på kva funksjon dei har. Så inviterer vi dei til å reflektera over kvar vi kan finna desse funksjonane i gjenstandar vi omgir oss med i kvardagen. Korleis vil dei passa inn funna sine i designa sine?

For dei som ikkje er biologar, startar prosessen gjerne i andre enden: i staden for å starta med naturen, er utgangspunktet ei utfordring. Å ta den utfordringa, bryta ho ned til kva funksjonar som trengst for å løysa henne og sjå på korleis naturen løysar desse funksjonane, er ei anna tilnærming til biomimikry. Nyleg hadde vi ein eindags workshop for masterstudentar i produktdesign ved Arkitektur- og designhøgskolen i Oslo (AHO), som ein introduksjon til biomimikry. I den andre delen av workshopen inviterte vi studentane til å tenkja på korleis vi i framtida vil frakta ting med oss når vi er ute og reiser. Det var fantastisk å sjå kva eksempel frå naturen dei kom med og som dei brukte i designa sine. Nokon vart inspirerte av korleis livmora endrar form etter kva den inneheld, eller korleis anakondaen klarar å opna munnen nok til å svelga ei heil geit. Ei anna gruppe undersøkte korleis beltedyr rullar seg saman slik at dei er beskytta mot rovdyr (sjå bilete på førre side), medan ei tredje gruppe lot seg inspirera av korleis bregnelauv rullar seg saman og opnar seg igjen. Det kom ei rad idear basert på løysingar i naturen, og langt frå kva studentane ville ha kome opp med ved å bruka sine vanlege verktøy.

Å skapa tilhøve som passar for liv

Alle desse ideane treng å bindast saman med berekraft. Biomimikry er berre ein av mange måtar å henta inspirasjon frå naturen på, men det som skil biomimikry frå dei andre er at ein må inkludera berekraft i prosessen. Designet ditt må for eksempel krevja mindre råvarer, bruka mindre energi, ha lokal tilknytning osv. Å skapa tilhøve som passar for liv er ein god definisjon av berekraft. Liv skapar tilhøve som passar for liv gjennom ei rekkje djupe mønster. Basert på forskning om desse fundamentale prinsippa har The Biomimicry Institute laga eit verktøy som listar dei i forskjel-

lige kategoriar, som er kjend innan biomimikry som livsprinsippa (Life's Principles). Det er eit nyttig verktøy når ein skal designa nye produkt, tenester eller system. Jo fleire av prinsippa du brukar, jo meir berekraftig er du. Designet ditt bør òg vurderast ut frå dei same prinsippa slik at du når du vidareutviklar det, legg vekt på dei prinsippa som ikkje har vore godt nok implementert, om i det heile.

Biomimikry er mest utbreidd innan produktutvikling, men det siste tiåret har det òg vore ein auke i sosial innovasjon. Berekraft er jo ikkje avgrensa til produkt, produksjon og råvarebruk, det er òg i stor grad eit sosialt spørsmål. Ved å studera korleis sosiale insekt lever saman, eller i ein større målestokk heile økosystem, kan vi få idear til korleis vi kan betra våre egne samfunn. Eg skal ikkje gå for mykje i detalj, men vi kan for eksempel læra korleis vi kan ta betre gruppeavgjerder ved å sjå på korleis biene gjer det. Det er tema i boka *Honeybee Democracy* av Thomas Seeley. Gamle økosystem som skogar avheng i hovudsak av samarbeid, og studier av korleis det samarbeidet er bygd opp kan betra korleis vi bygger opp selskap, marknader og samfunn.

Det er enno mykje å læra av naturen, men det vi alt har oppdaga kan vera viktige bidrag for å gjera arten vår berekraftig.

Fotnotar

- 1 Mehta, R., Zhu, R. & Cheema, A. (2012): Is Noise Always Bad? Exploring the Effects of Ambient Noise on Creative Cognition. *Journal of Consumer Research* 39 (4), 784–799
- 2 Lichtenfeld et al. (2012): Fertile green: green facilitates creative performance. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 38, 784–797

biofili: kjærleik til liv

Biofili-teorien blei lansert av biologen Edward O. Wilson, og seier at menneske har eit nedarva anlegg for å like levande vesen og å vere i naturen, noko som auka vår sjanse til å overleve.

biomimikry: inspirasjon frå strukturar, prosessar eller prinsipp frå levande organismar, brukt til å løyse visse utfordringar
Eksempel: Planten borre gav prinsippet (og namnet!) til borrelåsen. Vevkjerringvev gav prinsippet til skotsikre vestar.

Tekst: Kjetil Lysne Voje

Kjetil Lysne Voje er evolusjonsbiolog og post.doc. ved Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis (CEES) ved UiO. Han var med på ekspedisjonen «I Darwins fotspor» på NRK i 2008–2009.

INNOVASJON

Nøkkelinnovasjoner og evolusjonær suksess

Noen tilpasninger gjør det mulig å benytte ressurser og levemiljøer som før var utilgjengelige.

Det er vanskelig å forutse hvilke innovasjoner som gjør suksess og hvilke som raskt blir glemt. Noen innovasjoner kan vi knapt tenke oss et liv uten. Biler med forbrenningsmotor ble først lansert i 1860-årene og frakter 150 år senere mennesker og varer millioner av kilometer daglig. Og de færreste kan vel tenke oss en tilværelse uten en liten mobiltelefon i veska eller lomma. Men selv om suksesshistoriene er mange, er det også en betydelig mengde innovasjoner som aldri har slått an. Smell-O-Vision var et system der lufta i kinosalen skulle fylles med odører som reflekterte scenene på lerretet. Kombinasjonen lukt, lyd og bilde ble aldri populær. Mot slutten av filmen var lufta i kinosalen en grøt av alle slags lukter, og Smell-O-Vision døde raskt hen.

I etterpåklokskapens lys er det lett å humre av Smell-O-Vision og andre innovasjoner som aldri ble populære. Men å gjette seg til hvilke innovasjoner som etablerer seg og blir til store suksesser er langt fra lett. Da de første datamaskinene ble utviklet, hevdet flere eksperter at kun et fåtall av disse nyvinningene ville være nyttige for folk flest. Også innen biologien er det vanskelig å spå framtida. Det er nemlig svært krevende å forstå hvilke nye egenskaper som danner grunnlag for evolusjonær suksess i form av en eksplosjon av nye arter.

Innovasjon i naturen

Et mye diskutert konsept innen biologien er det som kalles nøkkeltilpasninger. En nøkkeltilpasning kalles også for en nøkkelinnovasjon eller en evolusjonær nyvinning. Felles for slike trekk er at de gjør det mulig å benytte ressurser eller levemiljøer som før

var utilgjengelige, som igjen kan føre til en eksplosjon av nye arter. En nøkkeltilpasning bidrar derfor sterkt til at en gruppe arter oppnår evolusjonær suksess.

Å forstå hva som utgjør en nøkkeltilpasning, er svært interessant for biologer. Dette vil nemlig gjøre biologene bedre i stand til å forstå hvorfor noen grupper av organismer er svært artsrike, mens andre grupper kun er representert med noen få arter. I likhet med innovasjoner produsert av mennesker har det vist seg svært vanskelig å komme opp med kriterier som kjennetegner alle nøkkeltilpasninger. Det er derfor vanskelig å forutsi om en ny egenskap utviklet via naturlig utvalg vil ha suksess tilsvarende Smell-O-Vision eller mobiltelefonen.

Eksempler på nøkkeltilpasninger

Det er lett å peke på en nøkkeltilpasning i ettertid, når vi vet at den nye egenskapen førte til en voldsom økning av nye arter. Et velkjent eksempel er utviklingen av vinger. Flere artsgrupper har utviklet vinger uavhengig av hverandre, men insektene var først ute. Vinger tillot insektene som før var bundet til landjorda å utforske et helt nytt miljø, lufta. De kunne blant annet jakte på nye måter og unngå predatorer mer effektivt. I dag utgjør insektene den klart mest artsrike dyregruppen på kloden. Over én million insektarter er så langt blitt beskrevet, og insektene har i dag inntatt de aller fleste miljøer på jorda, med havet som eneste unntak. Vinger er utvilsomt en nøkkeltilpasning som har bidratt sterkt til insektenes evolusjonære suksess.



Foto: Ummi Vik



Tekst: Kjetil Lysne Voje

INNOVASJON



Vinger er en vinnerstrategi for fuglene. Foto: pixabay.com

Det er ikke bare hos insekter vinger har vist seg å være en evolusjonær vinnerstrategi. Vinger har utviklet seg tre ganger uavhengig av hverandre innen vertebrater; hos flygeøgler, fugler og flaggermus. Fugler er de eneste gjenlevende dinosaurene og teller i dag nesten 10 000 arter. Flaggermus (omtrent 1200 arter) representerer rundt 20 % av alle pattedyr som lever i dag. Antallet flygeøgler vet vi mindre om, men vi vet at de eksisterte på jorda i mer enn 150 millioner år (fra sein trias til sein kritt), lenger enn det flaggermus har eksistert på jorda. Som for insektene tillot utviklingen av vinger disse vertebratgruppene å utforske helt nye miljøer. Vinger er utvilsomt en innovasjon med evolusjonær suksess tilsvarende forbrenningsmotorens kommersielle suksess. Andre eksempler på tilsvarende evolusjonære suksesser er evnen til å drive fotosyntese og utviklingen av multicellulært liv.

Ikke alle innovasjoner er nøkkeltilpasninger

Å definere vinger som en suksess er lett. Vinger gjorde det mulig å utforske lufta, et miljø som representerte nye nisjer og muligheter. Resultatet i dag er tallrike insekter, fugler og flaggermus tilnærmet overalt på jorda. Men er alle trekk som gir adgang til nye ressurser og habitater nøkkeltilpasninger? Nei, og det er nettopp dette som gjør det vanskelig å utvikle en god definisjon på hva en nøkkeltilpasning er.

Det finnes rundt 12 000 arter av maur på jorda. Maur er små, men det er veldig mange av dem, så den totale biomassen deres er omtrent lik den biomassen vi mennesker utgjør. Maur representerer

derfor potensielt mye mat for dem som klarer å nyttiggjøre seg dem. Det er det få pattedyr som gjør, men maurslukere er hederlige unntak. Maurslukere har en lang, tynn snute som den stikker inn i maurtuer. Med snuten inne i tua bruker den en svært lang tunge til å «slikke» i seg den seksbeinte maten. Kombinasjonen lang snute og lang tunge er en evolusjonær innovasjon som gjør det mulig for maurslukere å effektivt benytte seg av et matfat få andre pattedyr utnytter. Likevel finnes det ikke mer enn fire arter maurslukere på jorda.

Nøkkeltilpasninger kun viktige for biologer

Utvikleren av Smell-O-Vision led kommersielt nederlag. Men selv om kombinasjonen lang snute og lang tunge er en evolusjonær innovasjon som ikke har ført til en eksplosjon av nye maurslukerarter, spiller dette selvsagt ingen rolle for de maurslukerne som allerede eksisterer. I motsetning til innovasjoner som utvikles for kommersiell suksess, har ikke naturlig utvalg noe mål. Naturlig utvalg sørger kun for at de individene som til enhver tid er best tilpasset sitt levemiljø, har størst sjanse for å videreføre sine egenskaper til neste generasjon. Sånn sett er alle arter som lever i dag like suksessrike. De eksisterer fortsatt. Med eller uten det biologer definerer som nøkkeltilpasninger.

INNOVASJON

Kreativitet og innovasjon i yrkesfagene

Hva har solceller og humlekasser til felles? Jo, det er eksempler på tverrfaglige undervisningsopplegg på yrkesfag som utfordrer elevene i samarbeid, kreativitet og problemløsning.

Kreativitet, samarbeidsevne og evne til problemløsning trer frem på ulike måter i læreplanverket. I formål for naturfag står det blant annet at det skal legges til rette for at elevene får utvikle kreativitet, kritisk evne, åpenhet og aktiv deltakelse i situasjoner der naturfaglig kunnskap og ekspertise inngår. Det er vel ikke overraskende at kreativitet er sentralt i design- og håndverksfagene, men også i formålet for felles programfag for elektrofag spesifiseres det at kreativitet og løsningsorientering skal være sentrale faktorer i opplæringa.

Hvorfor er det så viktig å stimulere til kreativitet? Professor Andrew McAfee uttaler på NHOs nettsider at det er svært viktig med fokus på innovasjon og kreativitet i skolen slik at yrkeslivet er i stand til å møte dagens og morgendagens behov. Han påpeker at fleksibilitet er – og vil være – helt essensielt i næringslivet. Administrerende direktør i Innovasjon Norge, Anita Krohn Traaseth, mener at nettopp yrkesfagene betyr mye for norsk innovasjonsevne, og at personer med yrkesfaglig bakgrunn ofte er med der de store endringene i samfunnet finner sted. Yrkesfagutdannelsen gir rom for initiativ og kreativitet, noe som bidrar til å utdanne dyktige, selvstendige og løsningsorienterte fagarbeidere.

Hvordan går vi fram for å stimulere til kreativitet og problemløsning i naturfag for yrkesfagene? Å utvikle og gjennomføre undervisningsopplegg som utfordrer elevens kreativitet krever også kreativitet av læreren, i tillegg til evne og vilje til tverrfaglig samarbeid og en trygghet i tolkningen av kompetansemålene i læreplanen. I denne artikkelen presenteres to eksempler på hva et kreativt samarbeid mellom fellesfaglærere og programfaglærere på yrkesfag

kan føre til. To undervisningsopplegg som på ulik måte utfordrer elevene kreativt.

Solcelleprosjektet

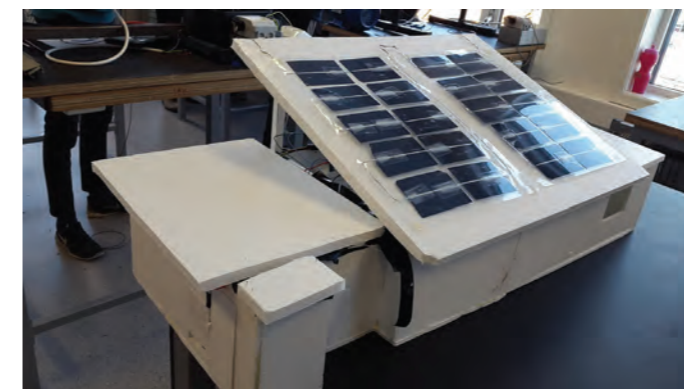
– Prosjektet har generelt egentlig vært ganske interessant, for en gangs skyld så har vi fått lov til å koble og gjøre det vi selv vil i stedet for at lærerne alltid skal bestemme alt. Nå har vi heller slått sammen alt vi har lært frem til nå, og prøvd å gjøre alt på egen hånd, sier en elev fra elektroavdelinga på Hønefoss videregående skole etter å ha vært med på solcelleprosjektet. Solcelleprosjektet har vært et samarbeid mellom naturfag, el-energi, data/elektronikk, norsk og engelsk, og oppdraget til elevene lød slik: «We want you to 'start' a company, make a product powered by solar cells, and introduce it on the American market». Denne markedsføringsen skulle fremføres muntlig på engelsk. I tillegg leverte elevene en rapport med beskrivelse av produksjonen, tekniske detaljer og beregninger. Dette utgjorde et vurderingsgrunnlag i naturfag, norsk, el-energi og data/elektronikk.

Oppdraget utløste læringsbehov i flere fag. For å kunne løse oppdraget måtte elevene blant annet ha kunnskap om energi og energi-overganger, kunnskap om og ferdigheter i serie- og parallellkobling av solceller, beregning av effekt og virkningsgrad. I tillegg skulle de, både på norsk og engelsk, kunne formidle hvorfor det er viktig å satse på fornybare energikilder. Siden oppdraget gikk ut på å utvikle og lage en modell av et produkt som var drevet av elektrisk energi fra egenproduserte solcellepaneler, ble også elevenes kreativitet og evne til samarbeid utfordret.



INNOVASJON

Prosjektet gikk over fire uker, og resulterte i ulike prototyper: baby-call med temperatursensor og alarm, alarmsystem i bolighus, to ulike modeller av aktiv høyttaler med blåtann og visualizer, avlyttingsutstyr, og en krets som gir utslag når lyden blir for høy (klappekrets) som kan brukes f.eks. i barnehager.

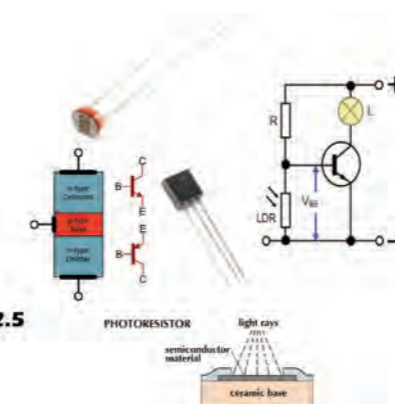


Solcelledrevet alarmsystem til hus. Foto: Berit Reitan

Naturfaglærer Gerd Jørgensen forteller at elevene var fornøyde med å kunne være med å bestemme mye av innholdet i prosjektet, og at de var svært stolte av produktene de hadde laget. Det er flere fordeler med å jobbe tverrfaglig, men det viktigste er kanskje at det blir tid til å gå i dybden på fagstoff når flere fag samarbeider om et tema over en periode. Jørgensen mener dette er en vinn-vinn-situasjon, og at det slett ikke «stjeler» tid fra de få naturfagtimene som er til rådighet.

Technical

- Stamp BS2
- Photoresistor
- Transistor, npn
- Programming, pbasic 2.5



Teknisk beskrivelse av solcelledrevet alarmsystem.

Humlekasseprosjektet

«Ta utgangspunkt i ei standard humlekasse. Gjør modifikasjoner og innred kassa slik at den blir attraktiv for humla.» Slik lød det praktiske oppdraget elevene på bygg- og anleggsteknikk (BAT) og design og håndverk (DH) på Nesbru videregående skole fikk i september. Prosjektet skulle gå gjennom hele året, og var et samarbeid mellom naturfag, programfagene på BAT og DH, matematikk, engelsk og norsk. Det skulle samles inn data, og arbeidet skulle dokumenteres og resultere i en skriftlig rapport og en fagtekst om humler. Resultatene skulle også presenteres muntlig i naturfag og engelsk. Dette arbeidet la grunnlag for vurdering i alle de involverte fagene.

Elevene ble delt inn i grupper slik at det i hver gruppe var elever både fra BAT og DH. For å løse oppdraget var det, i tillegg til byggtekniske kunnskaper og ferdigheter, behov for kunnskap om humler. Hvorfor er humlene viktige, hvilke fiender har humla, hvordan liker humla å ha det inne i reiret, trives den på bakken eller i trær og mye mer. I fagartikkelen skulle elevene gjøre rede for bienes og humlenes betydning for økosystemet, og hva vi som samfunn og enkeltpersoner kan gjøre for å bevare disse artene. Sammen med naturfaglærer diskuterte elevene hva som burde være med i artikkelen, og hvilke begreper som var sentrale. Humlekassene skulle overvåkes utover våren for å finne ut om humlekassene, og plasseringene av dem, tilfredsstilte humlenes krav.

Naturfaglærer Per-Johan Færøvig forteller at prosjektet skapte stort engasjement, og at det å blande elever fra BAT og DH hadde flere fordeler. Det var naturlig for byggfagelevne å ta ansvar for det byggtekniske fra starten, her kunne de briljere med sine kunnskaper og ferdigheter, noe som ga mestringfølelse tidlig i prosjektet. Etter som prosjektet gikk sin gang, utviklet det seg en naturlig samarbeidskultur i gruppene. Oppgavene ble løst i samarbeid, og elevene fikk innblikk i hverandres fagområder. Elevene fra de ulike utdanningsprogrammene begynte også å oppsøke hverandres hjemmeområder på skolen, også utenom samarbeidstida. En annen effekt var at fraværet gikk merkbart ned i prosjektperioden. Elevene ville ikke gå glipp av timene der de fikk arbeide med humlekassene sine.

Færøvig påpeker at den praktiske og kreative delen av prosjektet motiverte elevene til å finne ut mer om rollen til humlene og biele i økosystemene, og at arbeidet med skriving av fagartikkel bidro

INNOVASJON



OPPSTARTSFASEN
(AUGUST – OKTOBER)

MELLOMFASEN
(NOVEMBER – MARS)

GJENNOMFØRINGSFASEN
(APRIL – JUNI)

Naturfag – uke 34:
Introduksjon til prosjektet

Bransjelære og matematikk – uke 39:
Arbeidstegninger

Produksjon – uke 41:
Bygging av kasser

Norsk og engelsk:
Lese relevante tekster

Naturfag og norsk/engelsk
Skrive fagartikkel

Naturfag
Planlegge datainnsamling

Naturfag:
Datainnsamling

Naturfag, norsk og matematikk:
Skrive rapport

Naturfag og norsk/engelsk
Presentasjoner

Framdriftsplan for humlekasseprosjektet sammen med et utvalg av de ferdige humlekassene.

til at elevene økte sin kompetanse i temaet bærekraftig utvikling. Evalueringen av artiklene viste at spesielt de svakeste elevene hadde hatt et større utbytte av denne type undervisning.

Humler og bier er et aktuelt tema, og engasjerer tydelig både elever og lærere.

På Vestby videregående skole har de også startet opp et birøkterprosjekt i et samarbeid mellom BAT, restaurant- og matfag (RM) og service og samferdsel (SS). I vinter har elevene på BAT bygget bikubene etter norsk tradisjonell honningproduksjon, RM-elevne skal drifte kubene, mens elevene på SS skal drive markeds-

føringen. Prosjektet er i startgropen og er tenkt å skulle gå over flere år. Dette kan sies å være et innovativt og ambisiøst prosjekt som det kan bli spennende å følge.

I Stortingsmelding 28 meldes det at det i ny generell del av læreplanverket skal tydeliggjøres at elevene får mulighet til å utfolde og utvikle kreativitet i alle fagene i opplæringen ved hjelp av sin oppfinnsomhet, fantasi og skaperglede. På yrkesfaglige utdanningsløp er mulighetene store, og tverrfaglig samarbeid kan føre til flere spennende og kreative prosjekter som også kan bidra til å oppnå større grad av dybdeløring.



Tekst: Frank Norbeck

Frank Norbeck er daglig leder for Ungt Entreprenørskap Trøndelag og Lektor2-koordinator i Trøndelag. Han har jobbet åtte år i næringslivet og har lang erfaring fra skole og arbeid med ungdom.



INNOVASJON

Ungt Entreprenørskap og Lektor2 – et drømmepar?

I Ungt Entreprenørskap jobbes det med kreativitet og en innovativ tenkemåte hele tiden. Dette kan flere Lektor2-skoler dra nytte av i framtida!

Forsommeren 2016 kom det, på bakgrunn av en omorganisering i NHO, en henvendelse til Ungt Entreprenørskap (UE) om vi ville ta oppgaven som Lektor2-koordinator i flere fylker. Etter en god og faglig diskusjon på UEs ledermøte, var alle tomle i været for å tre inn i en slik rolle.

Fra skoleåret 2015/16 ble en endring i Lektor2-modellen implementert. Undervisningen ble da mer praksisnær gjennom innføringen av «oppdraget». Oppdraget skal løses av elevene, det skal være i en realfaglig kontekst og aller helst skal det være et reelt oppdrag som samarbeidsbedriften/-institusjonen ønsker å få utført. Dette skaper uendelig mange muligheter, og ikke minst åpner det for elevenes kreativitet. Lektor2 og UE møtes i synet på bruk av utforskende undervisning, selv om dette synet kommer litt ulikt til uttrykk overfor elevene.

Tilnærmingen til skoler og skoleeiere har også mange fellestrekk. I dagens skole er det en stor mengde må-oppgaver. I tillegg er det – om mulig – langt flere bør-oppgaver. I den siste kategorien hanner både Lektor2-metodikken og UEs entreprenørielle undervisningsmetodikken. Konsekvensen av dette er at både realfagsagenter og entreprenøragenter må være tett på skolene for å selge det glade budskap. Dette fører igjen til at det ofte er enkeltlærere (gjerne under samlekategoriens ildsjeler?) som ser at de med en ekstra innsats kan gjøre undervisningen langt mer spennende for elevene, og samtidig gjøre kompetansemålene mer begripelige. Lektor2-

modellen har et stort fortrinn her, gjennom de tilskuddsordninger som ordningen fører med seg. Dette sikrer at det vil ligge ferdige undervisningsopplegg på skolen uavhengig av enkeltlæreren og gjerne for tre år på ungdomsskole (8.–10. trinn) eller alle trinn på videregående skole. Dermed blir dette enkelt å ta i bruk for de lærerne som skal undervise i realfag i den nye Vg2-klassen.

Her har UE større utfordringer, hvor avhengigheten av enkeltlærere er langt større, og hvor det ikke ligger de samme krav for dokumentasjon i etterkant av UEs «innovasjonscamper». Likevel har kanskje UE et annet fortrinn: en organisasjon med lang erfaring i å jobbe kreativt og innovativt. Når en Lektor2-skole ønsker å gå inn i et samarbeid med et klonavlsenter for potet, er det mange muligheter for å skape reelle og kanskje tradisjonelle oppdrag. Men etter en kreativ økt kan dette bli vridd til oppdraget «Hvordan hacke settepotet?»

Eller når en annen skole skal gjøre en spørreundersøkelse hjemme for å finne ut hvor mye grønt familiene spiser i et aktuelt tidsrom, hvor de også skal sjekke med en nærliggende restaurant hvor mye salat de bruker. Dermed kan de skalere testresultatene opp og ned. De har fått 60 000,- i støtte fra Trondheim kommune til innkjøp av utstyr under paraplyen «urban dyrking», som er det samarbeidsbedriftene har som målgruppe. Problemstillingen er at bedriften ikke har kvalifiserte svar til kunder (privat og næringsliv) når de får spørsmål om mengde og volum.



Tekst: Frank Norbeck

INNOVASJON



Elevbedriften Heavy Metal EB. Foto: Ungt Entreprenørskap

I et UE-perspektiv kan dette fort dras videre fra biologielevene for å koble på restaurant- og matfagklasser slik at de kan kobles sammen i Lektor2-opplegget til å finne ut hvilke urter som skal brukes i skolekantina og om disse kan vokse i høyden for å være plassreduserende.

I UEs verden, hvor det jobbes med kreativitet og en innovativ tenkemåte hele tiden, er det mange muligheter til å implementere kompetansemålene på en mer spennende måte. I Lektor2 er det faglige utbyttet for elevene det mest sentrale, og det gir trolig større læringsutbytte å måle pH-verdi i vannet på et settefisk-anlegg enn å gjøre det i klasserommet. Særlig innovativt er det vel likevel ikke, så i UE-sammenheng ville det ikke vært like interessant.

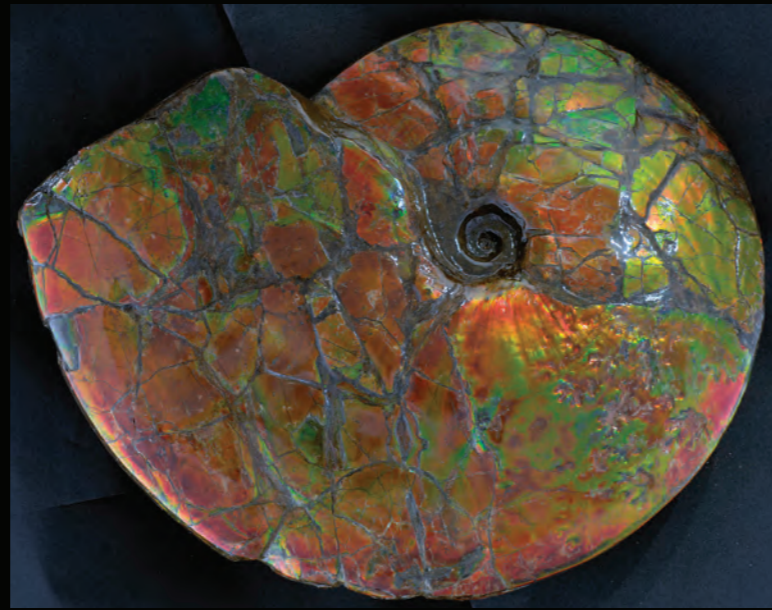
I den lille grenda Vuku i Verdal kommune var det en lærer på ungdomstrinnet som hadde matematikkundervisning og skulle lede elevene inn i Pythagoras' univers. Dere vet, han med læresetningen ...

Etter tre dager så han at det i all hovedsak var tomme blikk som møtte han. Men samarbeidet de hadde med næringslivet i UE-programmene åpnet for at vi kunne kontakte en stor, lokal entreprenør. Daglig leder i bedriften beordret to tømrere opp dalen, og de møtte klassen på skolegården. Der lesset de av materialer og slo opp raskallet til en bod sammen elevene. Da det sto ferdig, hadde elevene brukt Pythagoras' læresetning gjennom hele prosessen, og klassen scoret langt høyere enn vanlig på den påfølgende matematikkprøven!

På samme måte ble det jobbet på en ungdomsskole i Trondheim. Der skulle elevene gå sammen og etablere elevbedrifter. Mange laget seg en bedrift hvor de solgte cupcakes, talglys eller hadde en danseoppvisning. Imidlertid var det tre elever som ikke var altfor motivert, fram til den ene begynte å tenke på en alternativ gjenbruksmåte av brusbokser! De laget noen former i betong, fylte en jernbøtte med kull og la formene i bøtta. Da de oppdaget at brusboksene ikke smeltet etter at kullet var antent, måtte de

finne ut hvordan de skulle løse det problemet. Etter mye googling og en intern idédugnad fant de ut at de skulle bore et hull i bunnen av bøtta. Der monterte de inn et jernrør. I den andre enden festet de en hårføner med gaffatape. Ved å tilføre luft, klarte de å få tilstrekkelig varme i bøtta til at brusboksene smeltet. Dermed startet de produksjon av blomsterpinner i aluminium. Da vi besøkte guttene, kunne de stolt presentere elevbedriften under navnet Heavy Metal EB og orientere oss om at de var avhengig av å få 660 °C for å nå smeltepunktet. Naturfag i praksis!

Så å se klare synergieffekter mellom Lektor2 og UE er lett. Og potensialet er mye større. UE hadde i 2016 over en kvart million elevtreff! Videre har UE over 100 ansatte over hele Norge og er i kontakt med majoriteten av skoler som er i Lektor2-målgruppen. Vi ønsker begge å koble skolefag og arbeidsliv, så selv om vi har litt ulik tilnærming, ser vi fram til å fortsette det gode samarbeidet.



Alle foto: Per Aas, NHM

Foto: NASA



ROLLESPILL

Rollespill og kreativitet i naturfag

Kunstfagene og naturvitenskap har tradisjonelt vært ansett som to svært forskjellige fagområder med ulike kulturer, både i akademia og skolen. Men ser vi litt forbi det ytre har de også mye til felles.

Forestillingsevne og kreativitet spiller en kritisk rolle både når man skal uttrykke seg gjennom kunstformer som drama og teater og når man skal bygge naturvitenskapelig kunnskap. Så, hvordan kan disse to fagområdene gjensidig inspirere og hjelpe hverandre?

Teater og teori har felles etymologiske røtter i det gamle greske verbet *theorein*, som betyr: å se på, å betrakte, å spekulere, å eksaminere. I *theatron* i gamle Hellas fordypet man seg i dramaer av hverdagssituasjoner (for både mennesker og guder riktignok) og prøvde å trekke ut sannheter om det å være menneske. Denne måten å bygge kunnskap på, å prøve å finne universelle sannheter om naturen basert på spesielle observasjoner, er sett på som en sentral epistemisk egenskap ved naturvitenskapelige forklaringer også. Forskjellen er at i naturvitenskap er observasjonene systematisk innhentet på en annen måte. Ingen vil påstå at teater og vitenskap er det samme, men de er beslektet gjennom bruk av kreativitet og refleksjon. Og bruken av drama, teater og rollespill på en gjennomtenkt måte, og under veiledning av kompetente naturfaglærere, kan bidra til innsiktsfullt læringsmiljø for elever.

Ulike perspektiver i undervisningen

Det finnes mange ulike eksempler på hvordan drama og rollespill kan brukes i naturfagundervisningen (se figur på neste side). Det mest tradisjonelle er at elever utforsker faktakunnskaper og naturfaglige begreper som forklarer naturlige fenomener ved å lage ulike typer rollespill. Vi kan si at de dramatiserer modeller av naturvitenskapens produkter. Elever kan for eksempel spille elektroner i en krets for å illustrere og få en dypere forståelse av det vitenskapelige begrepet elektrisitet. Eller de kan dramatisere protein-

syntesen. Det å overføre en modell eller en forklaring fra læreboka til en tredimensjonal levende representasjon, krever at elevene arbeider sin egen kunnskap. Gjennom kreativitet og sosial interaksjon som innebærer både verbale og fysiske aktiviteter, øker elevene sin forståelse. I tillegg får lærere en økt tilgang på elevers forståelse underveis i læringsaktiviteten ved at den blir visualisert, og kan gi tilbakemelding for å øke og fordype elevers forståelse.

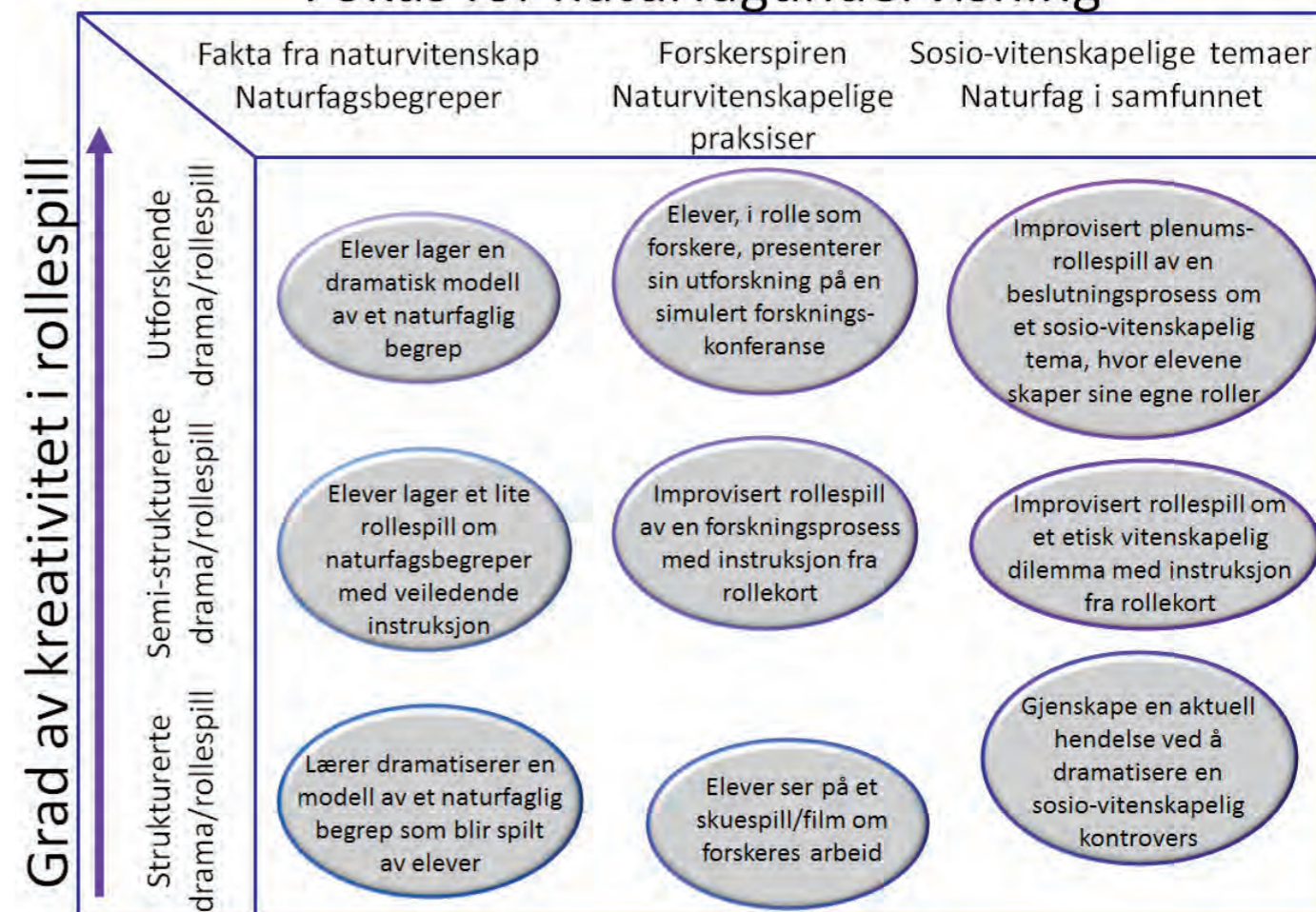
Forskerspiren er et annet viktig område innen naturfagundervisning som krever litt andre typer rollespill. Der er det viktig å belyse vitenskapelige prosesser og å forstå vitenskapelige praksiser og hva som kjennetegner naturvitenskap. Naturfag har alltid vært et praktisk fag, men det elever oftest har erfaringer fra, er elevøvelser med ferdige oppskrifter og ferdige svar. De er dårlig egna til å gi innsikt i de kreative delene av naturvitenskapelige forskningsprosesser. Ved å bli kjent med historier fra vitenskapelig liv og erfaringer i å spille forskere som utforsker fenomener, tilbys elever muligheter for å få innsikt i kreative praksiser knyttet til naturvitenskap. De får innsikt i både eksperimentelle sider av forskeres arbeid i laboratoriet og sosiale sider av forskeres arbeid knyttet til konferanser, forskningsformidling og argumentasjon av arbeidets betydning.

Gjennom rike og komplekse situasjoner får elever føle på kroppen hva det kan innebære å være forsker, noe som kan gi dypere innsikt enn å bare lese om det i læreboka eller steder. Mange elever uttrykker også at drama-metoder er levende og involverende, noe som gjør aktivitetene lette å huske.



ROLLESPILL

Fokus for naturfagundervisning



Oversikt over ulike perspektiver og grad av utforskning ved bruk av rollespill i naturfagundervisning, fra Ødegaard (2015).

Rollespill i klasserommet og teaterrelaterte aktiviteter har også fordeler når det kommer til samfunnsrelaterte og sosio-vitenskapelige temaer i naturfag. Akkurat som i naturfag hvor vi simulerer naturlige fenomener i laboratoriet, kan vi simulere demokratiske prosesser som involverer naturvitenskap, som en internasjonal miljøkonferanse, en nasjonal TV-debatt om bioteknologi eller et lokalt folkemøte om ulvejakt. Den virkelige verden blir brakt inn i klasserommet med en demokratisk aktivitet som kontekst. Elever

kan ta roller som delegater fra ulike land, eller som personer fra ulike interessegrupper. Ved å ta rolle som debattleder eller liknende kan læreren delvis styre retningen rollespillet tar og passe på at alle elever og synspunkter kommer til orde. Motstridende interesser og etiske konflikter er sentrale i demokratiske beslutningsprosesser. Det er det også i gode skuespill og dramaer. I rollespill er det konfliktene og de personlige erfaringene elevene får, knyttet til temaet, som setter dem i stand til å handle. Ved hjelp av fantasi

ROLLESPILL



Elever som spiller forskere på en bleieforskningskonferanse.
Foto: Marianne Ødegaard

og kreativitet utforsker elevene situasjoner som skaper empati og identifikasjon. De spiller personer med en fortid og en framtid, og dermed blir tanker, kunnskaper og følelser stimulert og gir rom for handling. Det å tilegne seg naturfaglig kunnskap får en hensikt, og kunnskapen får verdi ved at den blir brukt i rollespillsituasjonen. Det tverrfaglige potensialet i rollespill gir mulighet for læring som ikke nødvendigvis stykker opp kunnskap og ferdigheter i kunstige enheter, men tillater utforskning av verden på en helhetlig måte hvor fagområder utfyller hverandre.

Rollespill som utforskende aktivitet

Vygotskij definerer kreativitet som evnen til å kombinere etablerte elementer på nye måter. I utforskende aktiviteter må elever bruke nysgjerrighet og fantasi til å løse oppgaver ved hjelp av å samle inn observasjoner, målinger eller annen informasjon. Åpne oppgaver er således mer utforskende enn strukturerte oppgaver. Jo mer utforskende en aktivitet er, jo flere koblinger må elevene gjøre selv, og elevene får utfordret sin egen kreativitet.

Rollespill kan variere og ta mange ulike former i klasserommet. Dramaet kan struktureres på en måte hvor elever kan spille ferdig utarbeidete roller (av lærer) innen et kjent rammeverk av f.eks. vitenskapelige teorier (f.eks. spille elektroner i en elektronisk krets).



Fra Gen-gangere. En dramaklasse har laget et skuespill som utforsker sammenhengen mellom Ibsens karakterer og bioteknologi.
Foto: Ståle Skogstad

Dette kan sammenliknes med en elevøvelse med få frihetsgrader, altså hvor lærer guider elever gjennom en dramatisering og oppgir hvordan elever skal spille en rolle (se nederst til venstre i figuren på forrige side). Hvis elevene selv finner ut hvordan de skal dramatisere f.eks. oksygenets kretsløp, vil forløpet være mer utforskende med flere frihetsgrader. En gruppe elever som lager sin egen modell av et naturfaglig begrep, bygger kunnskap sammen, og ved hjelp av hverandres fantasi og kreativitet styrker de sin egen begrepsforståelse (se øverst til venstre i figuren på forrige side). Det kan være nødvendig for lærere å gi elever litt ekstra støtte når det gjelder komplekse naturvitenskapelige temaer. Dramatiseringen gjør elevenes forståelse mer synlig og legger dessuten til rette for vurdering underveis.

I rollespilldebatter er det ikke uvanlig å gi elever roller med holdninger, f.eks. å være for eller mot ulv. Hvis man i stedet gir elevene i oppgave å representere personer fra ulike interessegrupper, som f.eks. jeger- og fiskelaget, sauebonde, ulveforsker eller Natur og Ungdom, blir debatten mer nyansert. Kompleksiteten i spørsmålet blir mer synlig.

ROLLESPILL

Et rollespill kan også være spontant og impulsivt. Det vil si at det skaper øyeblikket der og da. Elevene improviserer og finner på hvem de er og hva de skal si. Et slikt rollespill passer best når vi har med menneskelige relasjoner å gjøre. I naturfag kan dette være i forbindelse med f.eks. etiske diskusjoner, debatter om naturforvaltning eller demokratiske forhandlinger hvor naturvitenskap inngår (se øverst til høyre i figuren på side 43).

Mellom strukturerte og spontane rollespill er det selvsagt en rekke mer eller mindre improviserte former for rollespill. En mellomliggende form kan være et improvisert rollespill med en strukturert ramme. Et eksempel er et rollespill om genetisk testing av ufødte barn, hvor elevene får rollekort som beskriver de deltakende rollene, hvor selve diskusjonen og avgjørelsen bestemmes av elevene (se naturfag.no/gentesting).

En helt spesiell form for naturfaglig skuespill er «Science Opera» (se globalscienceopera.com). Elever velger ut et tema i naturfag som de utforsker gjennom å lage en historie, en libretto (ved bruk av naturfaglige begreper), musikk og scenografi.



Dette bildet er fra en science opera som utforsker temaet kunstig intelligens. Heltinnen, en robot, har ofret seg og dør for sin skaper. Kan roboter utvikle følelser? Scenografien skal forestille nervesynapser i hjernen. Foto: Marianne Ødegaard

Rollespill og skuespill i naturfag

Et strukturert rollespill som øves inn og presenteres for andre har mange teatral egenskaper og kan ses på som et skuespill. Når en liten gruppe elever dramatiserer et naturfaglig begrep (f.eks. lager en meiose-ballett), er formålet ofte å kommunisere til andre elever, lærere eller foreldre. Elever kan også se på et skuespill/rollespill laget av andre, noe som gir elevene en felles referanse videre i undervisningen. Et skuespill som «Copenhagen» (av Michael Frayn), om utvikling av atombomben, illustrerer forskeres arbeid og etiske ansvar.

Erfarte rollespill uten publikum vil på en annen side ha fokus på å gjennomleve en hendelse og utforske en mening eller holdning (f.eks. rollespill med rollekort om etiske spørsmål i bioteknologi). Flere grupper utfører rollespillet parallelt, og elevene er hverandres publikum mens de spiller. Men selv når elever lager et skuespill av et naturfaglig tema, vil det være en utforskende prosess, hvor fantasi og kreativitet spiller en avgjørende rolle for å lage representasjoner av naturfaglige begreper.

Naturfag er en arena hvor elever kan utøve mye kreativitet ved f.eks. praktiske utforskninger og eksperimentering. Rollespill er en annen måte å fordype seg i naturfaglige temaer på, og åpner for at elever kan trekke inn opplevelser og kunnskap fra hverdagen i sin kreative utforskning.

Referanser

Ødegaard, M. (2001). *The drama of science education. How public understanding of biotechnology and drama as a learning activity may enhance a critical and inclusive science education*. Dr.scient. dissertation, University of Oslo

Ødegaard, M. (2003) Dramatic Science. A Critical Review of Drama in Science Education. *Studies in Science Education*, 39: 1, 75–101

Ødegaard, M. (2015) Drama / Theatre in Science Education in R. Gunstone (ed.) *Encyclopedia of Science Education*. Dordrecht: Springer 928–930

Åpenbaringspedagogikk: Når deltakelsen forandrer deg

Hvordan kan vi som lærere arbeide for å gi elevene læringserfaringer som preger dem eksistensielt, og hvilke læringsarenaer egner seg hvis vi skal arbeide med dette som siktemål? I denne artikkelen skisserer jeg et læringsteoretisk grunnlag for slik undervisning, og jeg presenterer et undervisningsopplegg for ungdomsskolen som har tatt sikte på å gjøre nettopp dette.

Læreren som aktivist

Når du som lærer kommer inn gjennom klasseromsdøra første skoledag, er det et par rungende spørsmål som ligger bak hvert av de forventningsfulle blickene du møter: Hvem er du, og hva vil du meg? Jeg har for lengst bestemt meg for at mitt virke i skolen ikke først og fremst skal handle om å formidle objektiv kunnskap, men snarere å inspirere, påvirke og habiliterer unge mennesker til å bli aktivister for en bedre verden. Jeg ønsker å være en aktivist i skolen.

Den danske læringsteoretikeren Knud Illeris skiller mellom fire grunnleggende ulike former for læring: 1) kumulativ læring (læring av nye begreper), 2) assimilativ læring (videreutvikling av etablerte kunnskaper), 3) akkomodativ læring (endring av etablerte kunnskaper) og 4) transformativ læring (læring som forandrer hvordan du ser på deg selv og verden). Jeg har altså satt meg som mål at undervisningen min over tid skal bidra til transformativ læring.

Å lære handler om å delta

Hvis jeg på et overordnet nivå skal prøve å beskrive hva som skjer med meg når jeg lærer, vil jeg si at det er møter med verden som

setter noe i meg i bevegelse, som igjen fører til at jeg utvikler meg. Naturfagdidaktikeren Aksel Hugo kaller dette for egenbevegelser, og differensierer mellom egenbevegelsesformene oppmerksomhetsbevegelse (møter med verdens fenomener), perspektivbevegelse (møter med andre mennesker) og selviakttagelse (møter med oss selv og vår egen væren). Man kan enkelt si at hva og hvor mye du lærer avhenger av hvordan og i hvilken grad du deltar i disse møtene. Jeg mener det er en fordypende linje gjennom disse tre egenbevegelsesformene, og at transformativ læring vil knytte seg til erfaringer som involverer selviakttagelsen.

Du kan delta i en læringssituasjon på ulike måter, der du bruker ulike sider ved deg selv. Du kan delta med sansene (persepsjon), med tankene (kognisjon), med følelsene (emosjoner), med en gruppe (sosialisering) eller med kroppen (handling). For å forstå hva elevene egentlig lærer, må du vurdere hvilke deltakelsesdomeiner som aktiviseres hos dem. Jo mer mangfoldig deltakelsen er, jo større vil læringsutbyttet kunne bli.

Det jeg kaller åpenbaringspedagogikk er en pedagogikk som skal fremme selviakttagende, transformativ læring gjennom variert og fordypende deltakelse.



Læringsrom: mer enn det fysiske rommet

Et viktig argument for bruk av alternative læringsarenaer er at de skaper variasjon i undervisningen. Dette er åpenbart riktig, og handler blant annet om at elevene utfordres til å delta på andre måter enn det de er vant til i ordinær klasseromsundervisning. Samtidig er det jo ikke bare de fysiske omgivelsene som påvirker læringsopplevelsen. Hvis vi bruker begrepet læringsrom om summen av det ytre fysiske rommet, og det indre opplevelsesrommet som bygger seg opp i den enkelte elev etter hvert som vedkommende involverer seg i læringsprosessen, vil selv klasserommet kunne framstå som en svært variert læringsarena. Dessuten kan det nøytrale klasserommet fylle en viktig funksjon ved ekskursjonsbasert undervisning, i fasene med for- og etterarbeid.

Undervisningsdesign handler for en stor del om å lage en dramaturgi der ulike undervisningselementer samvirker for å skape et læringsrom for elevene, med kontraster og dynamikk mellom ulike former for deltakelse. Jeg bruker begrepet læringsrom om summen av det ytre, fysiske rommet, og det indre opplevelsesrommet som bygger seg opp i den enkelte elev etter hvert som vedkommende involverer seg i læringsprosessen. Å designe undervisningsopplegg handler derfor om å bygge læringsrom med potensielle for deltakelse.

Vindmølleukas ulike læringsrom

Vi befinner oss i en verkstedhall på universitetet, og 24 niendeklassinger har fått permisjon fra skolen en uke for å jobbe med vindturbiner. Det er høyt under taket, som i en fabrikk, og lys strø-



William Kamkwamba bestemte seg for å lage en vindmølle. Bildene er tatt fra YouTube.

mer inn gjennom vinduer høyt oppe på veggen. Utstyr, materialer og maskiner er grovkalibrede, her kjører man truck når noe skal flyttes på! Benkeplatene er 15 cm tykke, og fulle av verktøy. Det lukter støv og metall og smøringsolje. De som arbeider ved det tiliggende laboratoriet går rundt med blå labfrakker med universitetslogo, og vi ser dem gå frem og tilbake mellom eksperimenter, mekking og veiledning.

Elevene blir plassert i seks grupper med hvert sitt gruppebord. De sitter rundt bordene når jeg holder foredrag eller de skal løse teorioppgaver, ellers fungerer bordene som base for gruppene – her oppbevarer de materialer og verktøy og her har de gruppas perm og PC. Ellers foregår det praktiske arbeidet rundt på ulike stasjoner i lokalet, med arbeidsbenker og fastmontert verktøy. På den ene sideveggen henger det en tavle og et lerret, som jeg bruker til mine innledninger, og jeg har PC med projektor stående på en utstyrvogn. Ellers er det lite som minner om et klasserom.

Mitt overordnede mål for uka er intet mindre enn å gi elevene en opplevelse av at de kan bidra til å forandre verden. Jeg ønsker at de gjennom uka skulle kjenne at de ble utfordret, at utfordringen er betydningsfull – for dem, og at de må samarbeide for å mestre oppgaven.

Jeg starter med å fortelle dem historien om den malawiske gutten William Kamkwamba som bestemte seg for å bygge en vindmølle, og fant materialer på skraphauger rundt omkring: en traktorvifte, en sykkelramme, en støtdemper, et PVC-rør.



ROLLESPILL

William er vårt forbilde, og vi skal bygge vindturbiner med enkle gjenvinningsmaterialer – omtrent slik han gjorde det. Dette er innbakt i til sammen 14 «gruppeutfordringer» som gruppene skal løse:

Den første utfordringen er at man innad i gruppene skal fordele følgende fire roller seg imellom: A) miljøvernminister, B) indu-

stridesigner, C) elektroingeniør, D) vitenskapsjournalist. Rollene relaterer seg altså til jobber (yrker) som er svært ulike, men som har det til felles at de krever realfaglig innsikt. Til hver rolle følger det en stillingsinstruks, og de har hver sin dag som «gruppesjef».

Gruppene blir tildelt hvert sitt kontinent, og i en perm finner de oversikt over meteorologiske data (vind, sol, nedbør, maksimums-

Gruppeutfordringer i Vindmølleuka:

1. Fyll rollene!
2. Hvor skal dere bo for å leve så bærekraftig som mulig?
3. Hva skal være deres framtidige el-forbruk?
4. Konkret bærekraft: Bygg et tårn!
5. Bli enige om turbindingen!
6. Bygg en vindturbin!
7. Test turbinen!
8. Lag en magnet!
9. Lag strøm!
10. Mål strøm, spenning og resistans
11. Få turbinen til å lage strøm!
12. Optimaliser turbinen!
13. Effektmåling på turbinen
14. Selvberging:
 - a. Hvor mange turbiner ville dere trenge for å bli selvforsynte med elektrisk energi?
 - b. Hvor mange kommersielle fritidsturbiner av samme størrelse ville dere trenge?
 - c. Hva vil prisen da være per kWh?

Plan for uka:

Mandag (sjef: miljøvernministeren)

- Hvor bærekraftig lever du i dag?
- Hvordan kan du leve så bærekraftig som mulig?
- Velg hvor dere skal bo, og hvilket energiforbruk dere skal ha

Konkret bærekraft: Bygg et tårn!

Tirsdag (sjef: industridesigner)

- Design og test deres egen vindturbin

Onsdag (sjef: elektroingeniøren)

- Få turbinen til å lage strøm

Torsdag

- Optimaliser turbinen ved hjelp av blant annet data-simuleringer og aerodynamikk

Fredag (sjef: vitenskapsjournalisten)

- Gjør ferdig presentasjon av prosjektet. Arbeidstitel: «Strømmen lager vi sjæll!»
- Frakt vindturbinen til skolen; monter og presenter!



ROLLESPILL

og minimumstemperatur) for utvalgte byer på sitt kontinent. De finner også Fremtiden i våre hendes faktaark «Urettferdig fordeling», «Forbruk» og «Hvor fornybar kan verden bli innen 2050?». På bakgrunn av dette skal de nå velge en by hvor gruppen ville bosette seg for «å leve så bærekraftig som mulig». Miljøvernministeren skal lede gruppearbeidet, og vitenskapsjournalisten skal dokumentere beslutningsprosessen og argumentene.

Senere skal de, på bakgrunn av statistiske tabeller og databaser, strømregninger hjemmefra og egne målinger, prioritere og beregne hvilket elektrisitetsforbruk gruppen skulle ha i sitt fiktive samliv. Dette vil så utgjøre målestokken for den ultimate utfordringen på slutten av uka: Hvor mange selvbygde vindturbiner gruppa ville trenge for å bli selvberget med elektrisk energi.

Verkstedet som læringsrom innbyr til skapende aktivitet, og en følelse av å tilhøre en verden av håndfaste realiteter. I verkstedet er det naturlig å ta utgangspunkt i den handlende deltakelsen, og la aktivitetsformene fra de andre deltakelsesdomenene vokse ut av dette. Ettersom jeg hadde lagt opp til gruppearbeid, ble sosial og handlende deltakelse naturlig integrert. Rollespillet iscenesatte rammehistorie bidro til å løfte elevenes emosjonelle deltakelse, mens listen med de ulike problemene utfordret dem kognitivt. Analyser av undervisningen tyder på at elevenes deltakelse ble sterkest innenfor det handlende og det emosjonelle domenet. Samtidig framgår det at vekslingen mellom ulike typer aktiviteter og grader av lærerstyring, styrket og fordypet læringsarbeidet.

Takk til Egil Olsen fra Lektor2-ordningen ved Naturfagsenteret for hjelp til utvikling av vindturbiner.

Retningslinjer for åpenbaringspedagogikk

1. **Deltakelsesimperativet:** Læring er en funksjon av elevens deltakelse og egeninnsats, og ulike læringsrom fremmer ulike former for deltakelse. Deltakelsen er assosiert med ulike former for egenbevegelser. Åpenbaringspedagogikkens mål er at eleven skal bringe seg selv til selviakttagelse.
2. **Fjærprinsippet:** Fra lærerens side må det være en levende dynamikk mellom å holde igjen (gi elevene spillerom) og å presse på (gi elevene struktur). Slik bygges deltakelsespotensialer i undervisningen.
3. **Fasebevissthet:** Bevisst bruk av ulike læringsrom i forskjellige faser av en læringsprosess er et viktig virkemiddel for å fremme et optimalt læringsforløp.
4. **Løypas dramaturgi:** Undervisningsopplegget skal på samme tid stimulere til elevenes veksling mellom ulike former for deltakelse, og til fordypende egenbevegelser innen hvert deltakelses-domene.



ROLLESPILL

		Fordypende egenbevegelsesformer		
		1. Oppmerksomhetsbevegelse (jeg – verden)	2. Perspektivbevegelse (jeg – du)	3. Selviakttagelse (jeg – meg)
Deltakelsesformer	Persepsjon	lakttagelse: <ul style="list-style-type: none"> tydelige sansestimuli overraskelser og brudd med rutiner grundige observasjonsøvelser 	Formidling: <ul style="list-style-type: none"> ekte dialog med åpne spørsmål stimulere til refleksjoner omkring begrepsbruk skriftlige oppgaver og framføringer 	Sansebevissthet: <ul style="list-style-type: none"> oppgaver som stimulerer elevene til å reflektere over sin egen måte å lære og være på tematisering av sansesensory apparatets kapasitet og begrensninger
	Kognisjon	Tenkning: <ul style="list-style-type: none"> tankevekkende problemstillinger abstraksjon stringent begrepsbruk matematiske øvelser og logisk resonnering 	Perspektivering: <ul style="list-style-type: none"> kategorier for systematisering uhildet presentasjon av forskjellige posisjoner personportretter som blant annet fokuserer på hvilke verdier vedkommende står/stod for og hvilke biografiske trekk som ledet til disse 	Kritisk refleksjon: <ul style="list-style-type: none"> oppgaver som stimulerer elevene til å stille spørsmål ved og problematisere svar og løsninger, og diskutere videre strategier oppgaver knyttet til vurdering av usikkerhet og gyldighet
	Emosjon	Følelse: <ul style="list-style-type: none"> stemningsbygging tematisere følelser fokus på personlige opplevelser 	Innlevelse: <ul style="list-style-type: none"> sansenært språk personportretter eller anekdoter fortalt med varme og empati aktiviteter med kroppskontakt 	Selvfølelse: <ul style="list-style-type: none"> bekreftelse og omsorg fra lærer og medelever tematisering og hjelp til å sette ord på følelser
	Sosialisering	Aksept: <ul style="list-style-type: none"> alle tiltaler hverandre ved navn tydelig klasseledelse med klare regler for hva som er akseptert atferd 	Samspill: <ul style="list-style-type: none"> gruppe- og plenumsdiskusjoner kameratveiledning interagerende lek 	Tilhørighet: <ul style="list-style-type: none"> utvikling av sjargong og intern humor fokus på kulturbygging (ekskursjoner, elevkvelder, presentasjoner for andre elever)
	Handling	Vilje: <ul style="list-style-type: none"> konkrete oppgaver utfordrende (men gjennomførbare) oppgaver klare mål tilgang til gode verktøy 	Samarbeid: <ul style="list-style-type: none"> gruppeoppgaver og praktiske aktiviteter som krever samhandling la elevene selv fordele arbeidsoppgaver 	Bevisst øving: <ul style="list-style-type: none"> tilbakevendende perfektionering av form og innhold i et uttrykk fokus på konstruktiv egenvurdering

Hvordan kan man stimulere ulike typer deltakelse hos elevene?

Referanse

Nordal, Snorre (2015): *Åpenbaringsrom: Rom for deltakelse i realfagsundervisningen*. PhD-avhandling.



– Andøya, we have a problem

Gjennom et nettbasert spill får elever et romoppdrag i klasserommet. Elevene får ulike roller og må samarbeide for å løse oppdraget.

Informasjonen på displayet antyder det verst tenkelige: Alexandra har lite oksygen. Det er mulig at hun ikke rekker å gjøre jobben i rommet før oksygenet tar slutt. Etter en ekstra sjekk av verdiene, løper ansvarlig for kontroll av Alexandras helse til sikkerhetsgruppen.

– Vi må avbryte jobben!

Men Alexandra, som befinner seg i bane 700 km over kontrollrommet, ber om ekstra tid.



Alexandra befinner seg i bane 700 km over jorda. Foto: NASA

– Jeg er snart ferdig, jeg trenger bare noen få minutter ... vent ...

Stillheten i kontrollrommet er trykkende. Alt som høres, er astronautens tunge åndedrag ...

Velkommen til Andøya Mission Control. Andøya Mission Control er simulering av en mulig virkelighet og et problembasert undervisningsopplegg tilgjengelig for klasserommet via moderne teknologi for fjernundervisning. Den simulerte situasjonen over illustrerer essensen i programmet. Det er mange aktører som deltar



Alexandra jobber ute i verdensrommet. Foto: NASA



i simuleringene. Alexandra Steigen er den modige astronauten i rommet. På bakken er det en gruppe elever som utgjør kontroll- og støttegruppen i oppdraget. Andøya Mission Control gjør et vanlig klasserom om til et virkelighetsnært kontrollrom.

Andøya Mission Control er utviklet av NAROM i samarbeid med blant annet NTNU. Programmet bruker internett og PC med Skype-forbindelse og mikrofon/høytaler for å koble sammen en ekstern oppdragsleder med en lokal gruppe elever på ungdomstrinnet. Inntil 16 elever kan delta i hvert oppdrag som ledes av en Mission Commander som er lokalisert i Romskipet Aurora ved Andøya Space Center. Dette er et tilbud til skoleelever som ikke kan reise til Andøya for å ta del i et oppdrag med Romskipet Aurora, og samtidig gir det en smakebit av hva man kan oppleve dersom man tar turen til Andøya Space Center og Romskipet Aurora.

Det første oppdraget i rommet, «Oppdrag solstorm», ble lansert i juni i fjor for en klasse på Andenes. «Oppdrag solstorm» er et



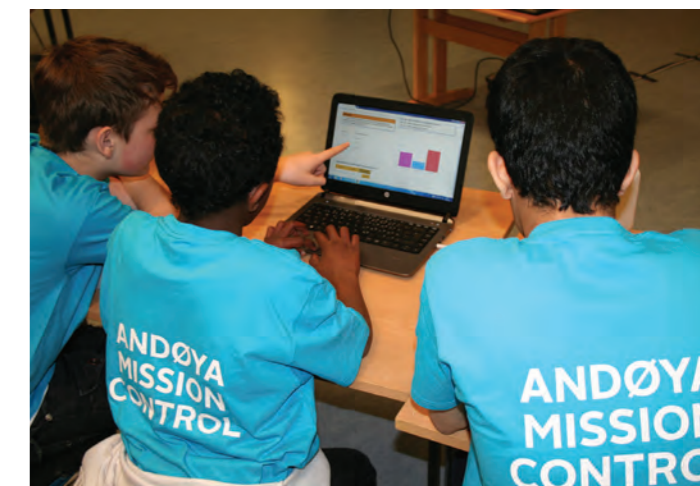
Elevene kan snakke med Mission Commander via Skype. Foto: NAROM

undervisningsopplegg innen temaet realfag og teknologi, og inkluderer begrep som solaktivitet, satellitter, jordens magnetfelt og astronaut. I løpet av 2016 gjennomførte 115 elever ved 7 skoler denne læringsaktiviteten.

Andøya Mission Control som læringsverktøy

«Andøya Mission Control» har som målsetting å øke fokuset på realfag og teknologi i skolen. Oppdraget gjennomføres i klasserommet, som da får rollen som et NASA/ESA-kontrollrom. Elevene er ansvarlige for bakkeoperasjonene i et oppdrag der en astronaut som reparerer en satellitt ute i verdensrommet, blir utsatt for en solstorm. Elevene deltar som skuespillere med en problemstilling som føles virkelig. Elevene må løse oppgaver, dele informasjon, koordinere handlinger og foreta beslutninger. De lærer mens de jobber. Andøya Mission Control er derfor et rollespill med fokus på problemløsning.

Andøya Mission Control baserer seg på aktiv læring. Elevene møter en virtuell virkelighet som er designet for å gjøre oppgaven så lærerik som mulig. Elevene vil også av og til oppleve at de er i en stressende situasjon, fordi enkelte oppgaver innebærer at de må ta raske og uvante avgjørelser: mangel på oksygen og uventet økning i strålingen fra solen er eksempler på situasjoner som innebærer stress. Målet er å engasjere elevene og gi dem en spennende og interessant opplevelse.



Elevene lærer gjennom rollespill. Foto: NAROM



ROLLESPILL

Elevene kan komme til å jobbe med oppgaver som inkluderer beregninger, analyse av grafer og kunne kommunisere på engelsk. I tillegg må de dele oppgavene i et team, skrive rapporter og ta felles avgjørelser.

I «Oppdrag solstorm» deles elevene i fire grupper: vitenskap, kommunikasjon, helse og sikkerhet. Klasserommet blir tilpasset oppdelingen av gruppene. Hver gruppe består av 3–4 elever, og hver gruppe trenger en datamaskin. Det er utviklet fire ulike brukergrensesnitt, ett for hver gruppe. For eksempel er oppgaven til vitenskapsgruppen å overvåke solaktiviteten og mengden stråling som astronauten blir utsatt for. Går disse verdiene over visse grenser, må oppdraget avsluttes umiddelbart.

En elev i gruppen har hovedansvaret for datamaskinen. De andre elevene er ansvarlige for å skrive rapport, overvåke grafer og kommunisere viktig informasjon. Gruppene må selv fordele oppgavene slik at alle er aktive. Høy effektivitet og god koordinering av gruppa er en viktig erfaring.

I tillegg til at medlemmene innad i en gruppe har ulike roller, så har også de ulike gruppene ulike roller, og her er god kommunikasjon mellom gruppene viktig for å løse oppgavene i oppdraget. Plasseringen av gruppene i klasserommet er gjort med tanke på å gjøre kommunikasjonen mellom gruppene og astronauten best mulig. Gruppene er sentrert rundt et infosenter. Hvis en gruppe har behov for å dele informasjon med de andre gruppene, må gruppens kommunikasjonsansvarlige gå til infosenteret. Det er spesielt viktig at rett informasjon når gruppen for sikkerhet, siden denne gruppen tar avgjørelser som i verste fall kan terminere oppdraget i rommet. Kommunikasjonen med astronauten blir utført av kommunikasjonsgruppen, og all informasjon til Alexandra skjer på engelsk.

Oppgaver, grupper, astronaut, infosenter, kommunikasjon mellom gruppene og med astronauten, uventete problemer ... «Oppdrag solstorm» skal være et dynamisk undervisningsopplegg med en smak av stress. Målet er å gi elevene en opplevelse av å være i en reell situasjon, der hver og en av deltakerne er viktig for å nå målet for romferden, og at de får en lærerik og morsom erfaring.

Hvordan bruke dette i egen undervisning

NAROM organiserer kurs for lærere som er interessert i å ta elevene med på et oppdrag. Dette kurset gjennomføres både som nettbasert kurs og som fysisk kurs. Deltakere på lærerkurset vil selv få være med på et «Oppdrag solstorm» og gjennomføre de samme rollene som elevene har i et oppdrag. Deltakerne vil også få veiledning i hva som skal til for å gjennomføre «Oppdrag solstorm» i klasserommet, hvordan forberede elevene og hvordan følge dem opp videre.

Det er laget et forslag til for- og etterarbeid i klasserommet, der alt er knyttet til ulike kompetansemål.

Les her for mer informasjon:

narom.no/aktiviteter/andoya-mission-control



Lærerkurs

På narom.no/laerer finner du informasjon om nettbaserte lærerkurs om Andøya Mission Control.

Tekst: Sonja M. Mork, Liv Oddrun Voll og Maria Gaare Dahl
Sonja M. Mork er førsteamanuensis i naturfagdidaktikk ved Naturfagsenteret.
Liv Oddrun Voll er universitetslektor ved Naturfagsenteret og høgskolelektor ved Høgskolen i Oslo og Akershus.
Maria Gaare Dahl har mastergrad i samfunnsfagdidaktikk og arbeider ved Naturfagsenteret.

UTFORSKING



Fagbrev som modellhuselektriker

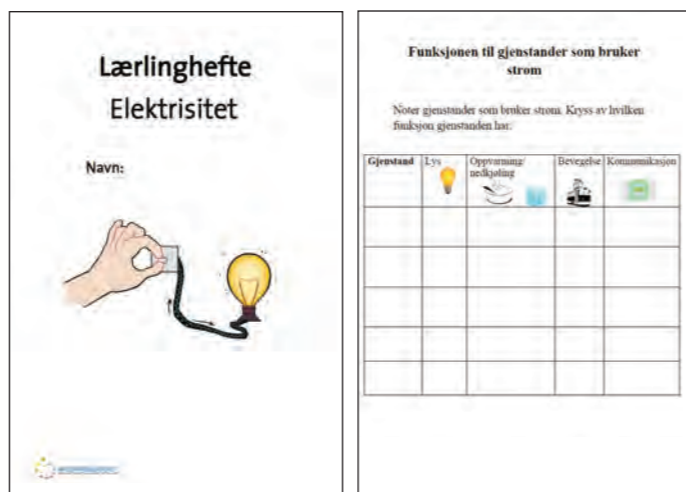
«I rollen som elektrikerlæringer får dere et todelt oppdrag. Dere skal lage ei bok om lamper, og dere skal lage et rom i et modellhus der alle rommene har lyspunkter og lysbryter i en skjult krets.»

Slik introduseres elevene til Elektrisitet, et av Naturfagsenterets nye undervisningsopplegg for elever på mellomtrinnet. I Elektrisitet blir elevene stimulert til å være kreative og til å analysere ulike systemer. Gjennom hele opplegget blir elektrisitet koblet til elevenes hverdag og til elektrikeryrket. Som elektrikerlæringer får elevene både øve på problemløsning og mulighet til å utfolde seg kreativt når de skal utforme og designe et rom i modellhuset. De må ta stilling til en rekke spørsmål som *Hva slags rom skal de lage? Hva slags funksjon skal lampene i rommet ha? Hvordan skal lampene utformes? Hva slags materiale passer best i henhold til lampenes funksjon? Hvor skal de ulike delene i den elektriske kretsen plasseres for å få til et skjult elektrisk anlegg?* På denne måten anvender elevene kunnskap i en ny kontekst og får et innblikk i hvordan teknologiske systemer er satt sammen og fungerer.

Et ønske om en hverdagsrelevant tilnærming til temaet elektrisitet var utgangspunktet for det nye undervisningsopplegget. Et veiledende spørsmål for utviklingsarbeidet ble derfor «Hva trenger elever og folk flest å vite om elektrisitet?» I en slik kontekst var det naturlig å koble elektrisitet til elevenes hjem og til elektrikeryrket. I rollen som elektrikerlæringer får elevene det todelt oppdraget om å lage ei bok om lamper og legge inn elektrisk anlegg i et modellhus med flere rom. For å løse oppdraget må elevene først lære om elektrisk strøm.

Elektrisitet består av 13 økter á 45 minutter, opplegget er prøvd ut i flere klasser, og vil bli klart for bruk i løpet av våren 2017 (se

naturfag.no/elektrisitet). Til hver økt er det en detaljert lærerveiledning og en PowerPoint-presentasjon som kan brukes som støtte i timene. De viktigste ressursene til elevene er et lærlinghefte og tre korte lesebøker. Lærlingheftet skal være en støtte til elevenes arbeid underveis i opplegget. Der skal elevene skrive notater, løse oppgaver og lage arbeidstegninger. Lærlingheftet inneholder også en egen ordliste med fagord som elektrikere bruker.

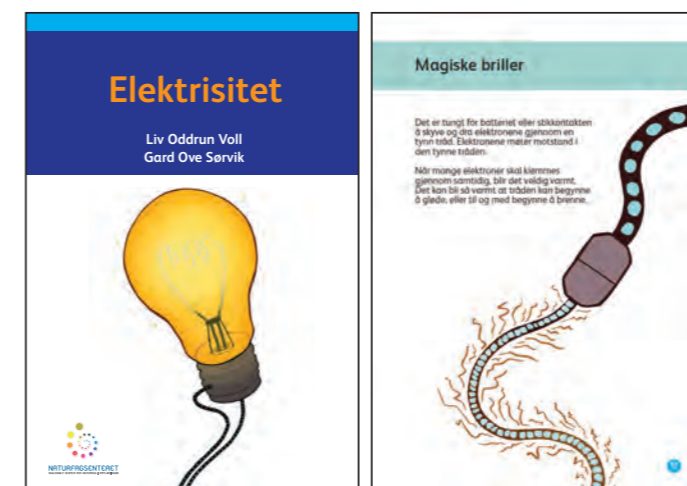


Lærlinghefte med aktiviteter, ordliste og plass for notater og arbeidstegninger.

Tekst: Sonja M. Mork, Liv Oddrun Voll og Maria Gaare Dahl

UTFORSKING

Gjennom undervisningsopplegget stifter elevene bekjentskap med de tre lesebøkene *Små og store systemer*, *Elektrisitet* og *Møt en elektriker*. Bildene under viser noen sider fra elevboka *Elektrisitet*, ei faktabok som veksler mellom å presentere stoff på makro- og mikronivå.



Utdrag fra elevboka *Elektrisitet*.

Denne boka skal ikke leses uavbrutt fra perm til perm. Klassen jobber med ulike deler av boka over flere økter og bokas innhold kobles til praktiske, muntlige og skriftlige aktiviteter, samt drama.

I boka *Møt en elektriker* følger vi en elektriker på jobb og får innblikk i hvordan hun anvender naturvitenskapelig og teknologisk kunnskap i sitt yrke.

Undervisningsopplegget *Elektrisitet* er utviklet etter modell av Forskerføtter og Leserøtter¹ og basert på kjente prinsipper for god undervisning. Opplegget veksler systematisk mellom modaliteter: Gjør det! Les det! Si det! Skriv det!, og har fokus på få, men nøye utvalgte begreper² som aktivt brukes av elevene når de leser, skriver, snakker og gjør praktiske aktiviteter. På den måten legger *Elektrisitet* til rette for dybdeløring.

Dybdeløring handler om ferdigheter og kompetanser knyttet til kritisk tenkning, problemløsning og selvregulering. Dybdeløring

defineres ofte som en prosess der den lærende blir i stand til å overføre og anvende kunnskap i nye situasjoner. Dybdeløring inkluderer innholdskunnskap og prosedyrekunnskap; hva, hvordan og når man skal anvende kunnskapen til å finne svar på spørsmål og løse problemer.³

Elektrisitet har som mål at elevene skal tilegne seg både teknologisk og naturvitenskapelig kompetanse. Naturvitenskap og teknologi er to nært beslektede fagområder. Naturvitenskapens primære mål er å forstå verden, mens teknologiens primære mål er å løse problemer og skape noe nytt⁴. Naturvitenskap produserer tanker, begreper, ideer, lover og teorier, mens teknologi produserer gjenstander og systemer.

Elektrisitet tar utgangspunkt i begrepet *system*⁵, som er meget sentralt både innen teknologi og naturvitenskap. Elevenes kreativitet blir utviklet når de utforsker det ukjente systemet kirsebærsteinuttaker.



En kirsebærsteinuttaker er et system.

I boka *Små og store systemer* leser elevene om et system de kjenner godt, nemlig en sparkesykkel. De lærer at delene i en sparkesykkel kan være egne systemer som igjen består av ulike deler med hver sin funksjon. Med utgangspunkt i systemet «du-og-sparkesykkelen» tas leseren med på en reise gjennom systemer av økende kompleksitet og størrelse til systemer som er så store at fantasien settes på prøve.

Elever som demonstrerer forståelse av systembegrepet vet at et system er satt sammen av deler som jobber sammen, og at delene



UTFORSKING

i et system har hver sin *funksjon*. Videre vet de at delens *form* kan hjelpe den å fungere som den skal. Begrepene system, form og funksjon er altså tett koblet sammen og er nøkkelbegreper som elevene skal bygge sin videre forståelse på når de utforsker en lampe som et system og deretter en elektrisk krets som et system. Elektrisitet legger til rette for dypere forståelse av disse begrepene ved at de anvendes i flere kontekster og legger opp til at elevene skal arbeide stadig mer selvstendig i de ulike kontekstene.

Hva skjer hvis vi ikke har strøm i ei uke?

Etter en innledning om systemer får elevene følgende utfordring: *Hva skjer hvis vi ikke har strøm i ei uke?* Her ligger det til rette for interessante refleksjoner og diskusjoner. Tanken er å bevisstgjøre elevene på hva vi bruker strøm til. Med utgangspunkt i diskusjonen skal strøm kategoriseres i fire hovedfunksjoner: Vi bruker strøm til å få *lys*, *oppvarming/nedkjøling*, *bevegelse* og *kommunikasjon* i form av for eksempel mobiltelefoner, datamaskiner, radio og TV.

Deretter går øktene slag i slag. Elevene utforsker og analyserer ei lampe ved å se på hvilke deler den består av, form og funksjon til de ulike delene, hva slags materiale delene er laget av og egenskaper ved materialene. Tilsvarende analyse gjennomføres av hver enkelt del av lampen og komponenter i en elektrisk krets. Dette arbeidet er knyttet til ulike modaliteter. Elevene leser fra faktaboka *Elektrisitet*, de gjennomfører enkle forsøk, diskuterer, skriver og dramatiserer. I disse øktene jobber elevene mye med å observere og bli bevisst på sammenhenger mellom materialer og egenskaper, form og funksjon. Dette er viktig kunnskap som vil hjelpe dem med å løse oppdraget med å lage lampebok og modellhus.

Hver økt i Elektrisitet innledes med et spørsmål og en kort refleksjon over forrige økt, som kan gjennomføres enten skriftlig eller muntlig. En slik refleksjon kan også brukes som undervisningsvurdering av hvordan elevene utvikler forståelse for viktige begreper i undervisningsopplegget.

Elevene introduseres for nye nøkkelbegreper som *materiale*, *egenskap*, *isolere*, *lede* og *elektron*. I en del av øktene er det også nøkkelsetninger som fremhever det mest sentrale faglige innholdet, for eksempel: *Lyspæra lyser fordi strømmen møter motstand i lyspæra; Det kan bare gå strøm når den elektriske kretsen er lukket og Strøm i for tynne ledninger kan føre til brann*.

Nøkkelbegreper og nøkkelsetninger henges opp på en begrepsvegg i klasserommet, slik at de hele tiden er tilgjengelige for elevene. Begrepsveggen gjør det lettere for elevene å ta begrepene aktivt i bruk og lære det mest sentrale faglige innholdet.

Lage bok om lamper

Del 1 av oppdraget er at elevene sammen skal lage ei bok om lamper. Dette arbeidet skal de stort sett jobbe med som lekse. Hver elev skal lage to sider i boka. De skal velge seg ei lampe de har hjemme, ta bilder av denne og hver av delene som lampen består av. I lampeboka skal elevene begrunne hvorfor de valgte akkurat denne lampen, og de skal beskrive formen og funksjonen til lampen.

Arbeidet med lampeboka blir både en repetisjon av stoff som er gjennomgått på skolen og en anvendelse av det elevene har lært i en ny, men beslektet kontekst. Klassen bør ta stilling til om de skal ha felles layout eller om de skal la kreativiteten blomstre fritt. Elevene kan bli ekstra motivert til å arbeide med lampeboka dersom læreren finner en autentisk målgruppe og elevene på forhånd vet at boka skal leses av andre mottakere enn læreren.

Lage rom i modellhus

I del 2 av oppdraget skal to og to elever samarbeide om å bygge et modellhus. Kravspesifikasjonen er at hvert rom skal ha to lamper og en bryter, og at det elektriske anlegget skal være skjult. De elevene som ønsker det, kan også ha en ringeklokke. Ut over dette er det opp til elevene hvordan de vil løse oppdraget. Her er det mange spørsmål å ta stilling til og kunnskaper om elektrisitet må kobles med kreativitet. *Hva slags funksjon skal rommet ha? Hva slags lamper trenger de? Hvordan skal de utformes? Hvor skal de plasseres? Hva slags materialer bør de bruke i utforming av lamper og rommet for øvrig? Hvor skal de ulike delene i den elektriske kretsen plasseres for å få til et skjult elektrisk anlegg?*

Lærlingheftet har noen støttestrukturer som hjelper elevene i planlegging av den elektriske kretsen og utforming av rommet. God planlegging gjør det lettere å bygge rommet.

Undervisningsopplegget avsluttes med en «fagprøve» der elevene presenterer rommene i modellhuset og lampeboka. Her kan det være motiverende for elevene om det inviteres et eksternt publikum, f.eks. foreldre, skolens ledelse eller en annen klasse ved skolen.

UTFORSKING



Eksempel på ferdig rom i modellhus med bryter på veggen til venstre, ringeklokke på veggen til høyre, gulvlampe og spotter i taket. I dette tilfellet ble det brukt modelleire og playmofigurer for presentasjon for publikum. Foto: Rim Tusvik



Skjult elektrisk anlegg i modellhus. Foto: Rim Tusvik

Fotnoter

- Ødegaard, M., Haug, B., Mork, S. M., & Sørvik, G. O. (2016). *På forskerfotter i naturfag*. Universitetsforlaget.
- Haug, B. S., & Ødegaard, M. (2014). From words to concepts. Teaching for conceptual understanding in an inquiry based science setting. *Research in Science Education*, 44(5), 777-800. doi:10.1007/s11165-014-9402-5
- National Research Council. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*.
- Sanne, A., et al. (2016). *Teknologi og programmering for alle. En faggjennomgang med forslag til endringer i grunnopplæringen*. Oslo, Utdanningsdirektoratet.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC The National Academies Press.

Tekst: Guri Langholm og Kari Holter

Guri Langholm er førstelektor ved Naturfagsenterets barnehagesatsing Forskerfrø. Hun arbeider også ved Institutt for barnehagelærerutdanning ved HiOA, og har vært medforfatter av flere lærebøker, blant annet Forskerfrøboka.

Kari Holter er førstelektor ved Naturfagsenterets barnehagesatsing Forskerfrø. Hun arbeider også ved Institutt for barnehagelærerutdanning ved HiOA, og var i 2011 medforfatter av Forskerfrøboka.

UTFORSKING

Magisk vannkanne – kreativ problemløsning

I flere barnehager har barn lekt med den magiske vannkanna. Vannkanna virker slik at når du heller farget væske i trakta, renner det en klar væske ut av sugerørtuten. I noen tilfeller har barna fått helle oppi selv. Aktiviteten kan gjøres ute eller inne.

Slik lager du ei magisk kanne

Den magiske kanna er opprinnelig en ren vindusspyler-væskekanna. Start prosessen med å lage et hull på den ene kortveggen ca. 3 cm over bunnen. Hullet skal ikke være større enn et sugerør, for du skal feste et sugerør i hullet. Ca. 2 cm av sugerøret skal stikke ut. Bare en liten del av sugerøret skal stikke inn i kanna. Sugeroeret limes fast med en limpistol. Når kanna er ferdig, fyller du vann opp til rett under sugerørsbiten. Lag så et hull i korken. Hullet skal være stort nok til at du kan putte en trakt oppi.

Putt en 3 liters plastpose ned i kanna gjennom kanna-åpningen, men la poseåpningen være igjen og legg den over kanten på kannaåpningen. Skru på lokket over plastposen, slik at plastposen sitter fast. Klipp av overskytende plastpose-materiale. Lag et tredje hull i kanna slik at luft kan slippe ut når du heller væske i plastposen. Dette hullet kan du lage på toppen av kanna, rett bak hanken.

Kle hele kanna med et materiale som skjuler innholdet. Vi har ofte brukt aluminiumsfolie. Det kan være lurt å prøve kanna et par ganger før du viser den til barna.

Se naturfag.no/kanne



Når barna har fått se hvordan kanna virker, har barnehagelæreren utfordret barna til å foreslå hvordan vannkanna kan se ut inni? De har stilt barna åpne spørsmål som åpner for ulike svaralternativ:

– Hva tror du skjer her? Hvordan tror du den ser ut inni? Kan du tenke deg flere løsninger på hvordan kanna kan se ut inni?

Spørsmålene er formulert på en slik måte at barna kan føle seg trygge på at det ikke blir avkrevd riktig svar av dem. Barna har fått tegne forslag eller formidle svar muntlig. Rikke på 5 år mente at fargene var tyngre enn vannet og at de sank til bunnen og presset vannet ut av sugerøret.

Svaralternativene kan kategoriseres på flere måter:

- filter som filtrerer bort fargen på væsken
- fargene går i bønn og presser det blanke vannet ut (tetthet)
- det er vann inni kanna fra før, og så er det noe som dytter vannet ut (ulike kamre i kanna)
- tannhjul eller andre tekniske innretninger som fjerner farger (teknikk)
- fargen fester seg på kanneveggen eller tørker opp slik at det blanke vannet blir igjen (kjemi)
- en babytrollmann sitter inni kanna og tryller bort fargen (magi/trylling)



Tekst: Guri Langholm og Kari Holter

UTFORSKING



Den magiske vannkanna sett utenfra.

Løsningsforslagene ble også preget av hvor vannkanna ble demonstrert. Når demonstrasjonen skjedde utendørs, ble temperatur inkludert i svaralternativene:

- Det er for kaldt, fargen fryser til is.
- Det ble for varmt, fargen kokte bort.

På de neste sidene finner du tegninger fra en utprøving i en første-klasse. Tegningene viser hvordan de så for seg at fargene fester seg på kanneveggen og at det kunne være en trollmann inne i kanna.

Ideer smitter

Det er vanskelig å komme med nye ideer når et godt forslag er presentert. Dette har vi opplevd når vi har presentert kanna for voks-



Slik ser vannkanna ut inni.

ne. Med en gang den riktige løsningen blir presentert for resten av gruppa, stopper kreativiteten og setter stopper for nye forslag. Lar vi de voksne få sitte sammen to og to først, etablerer de flere forslag. Flest forslag får vi fra grupper som ikke er for store og hvor deltagerne kjenner hverandre og er trygge på hverandre.

Lekeskrift og lekefysikk

Barn lekeskriver svært ofte før de lærer å skrive. I rammeplanen for barnehagens innhold og oppgaver heter det at personalet må støtte barnas lekeskriving i barnehagen. I forslag til ny rammeplan heter det at barnehagen skal bidra til at barna får utforske og gjøre seg erfaringer med ulike skriftspråksuttrykk, som lekeskrift. Med denne tilnærmingen til skriving vil barnet delta ved å være nysgjerrig, prøve seg fram og oppdage sammenhengene etter hvert. Er





Tegninger som barn i barnehagealder har tegnet av kanna. Her er barna blitt inspirert av en idé om et tannhjul.

dette også en naturlig tilnærming til fysikk og kjemi, å leke seg til løsninger på tekniske eller kjemiske spørsmål? Det er mulig at en fantasifull og leken tilnærming til naturfagene kan være med på å stimulere til senere forståelser etter hvert.

Ulike måter å gjennomføre aktiviteten

I barnehagekulturen er mange skeptiske til å gi svaret og fortelle hva som er riktig. Når barna får svaret, kan både utforskning og samtale slutte. Å holde tilbake svaret kan være en bevisst pedagogisk holdning for å kunne drive samtalen og aktivitetene videre. I forbindelse med vannkanna er det flere barnehagelærere som har



holdt tilbake sannheten om hvordan kanna virker. I stedet har de tatt den fram igjen noen dager etter første demonstrasjon og kanskje endret litt på forholdene. Hva kan ha skjedd når de heller på blankt vann og så renner det farget vann ut? Denne opplevelsen kan gi undring som stimulerer til nye løsningsforslag.

Når forsøket gjentas, gis det muligheter for å repetere begrepene. Det som barna beskriver som «hvitt vann» kan bli til blank eller klar væske. Andre begreper som kan være aktuelle er oppi, inni, usynlig, på siden og helle ut.



I utprøving i en førsteklasse har barna tegnet hvordan de så for seg at det kunne være en trollmann inne i kanna.

I boka *Språk og digitale verktøy i naturfag* står det beskrevet hvordan vannkanna kan brukes til å lære med sammensatte tekster.¹ Elevene forklarer både med skrift og tegninger hva som skjer i kanna.

Kreativitet og naturfag

Kreativitet kan være søken etter nye og uvante løsninger. Barn trenger å trene på å utvikle en kreativ holdning eller tilnærming.² Gis det rom for samtaler og diskusjoner som inkluderer nye tanker og ideer i barnehagen? I følge den amerikanske psykologen Rollo May kreves det mot for å være kreativ.² Det handler om å trosse konformitet, prøve seg og våge å mislykkes. Hvis barna skal søke etter ett riktig svar, fremmer ikke dette kreativiteten.

Hvem har sagt at naturfag bare krever riktige svar? I aktiviteten med vannkanna kan kreativiteten blomstre. En utforskende tilnærming til naturfag byr på store muligheter til å stimulere barns undring, nysgjerrighet og ja, kreativitet. På Naturfagsenterets nettsted for barnehagen, forskerfr.no, finnes en mengde forslag til aktiviteter med utforskende tilnærming som er lette å ta i bruk, og som er gratis.



Denne tegningen viser at «fargene går i bønn og presser det blanke vannet ut».

Fotnoter

¹ Mork, S. og Erlie, W. (2010). *Språk og digitale verktøy i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget

² Sæther, M. og Hagen, T.L. (red.), (2014). *Kreativ ute*. Bergen: Fagbokforlaget



UTFORSKING

Nysgjerrighetens flow i naturfag

Nysgjerrigpermetoden lar elevene jobbe praktisk i faget samtidig som den åpner opp for et handlingsrom preget av undring og gode spørsmål.

Sjetteklassingen ser på meg med undrende øyne i det han uventet rekker opp hånden i naturfagstimen: «Du lærer, jeg lurer på noe om det å bli far og sønn». Jeg kjenner at jeg blir en smule nervøs, for dette emnet er jeg ikke helt forberedt på akkurat nå. Det har plutselig blitt helt stille i klassen, og 21 nysgjerrige elever vender blikkene sine mot meg. Elleveåringen fortsetter: «Jeg lurer nemlig på om det er farlig for meg som gutt å ha mobilen i bukselomma med tanke på stråling og sønn. Kan det føre til at jeg en dag ikke kan bli pappa?»

Mobiltelefonstråling

Skoleelever lurer på alt mulig. De spør og graver, og de kan komme med gode og kompliserte spørsmål. Mitt første møte med prosjektbasert undervisning i naturfag var i 2009. Da ble elevene mine så interesserte i mobiltelefonstråling at det ble et stort prosjektarbeid ut av det. Prosjektet ble belønnet med Nysgjerrigpers helsepris. Gjennom en diskusjon i klassen utpekte ordene stråling og strålefare seg, og elevene forsket på om stråling fra mobiltelefoner kunne være farlig og på sikt føre til sykdom. Elevene utførte intervjuer, fordypet seg i ulik forskningslitteratur om emnet, de gjennomførte ulike testforsøk med popcorn og mobiltelefoner og det ble laget hypoteser som skulle etterprøves. Som lærer valgte jeg den gang å benytte Nysgjerrigpermetodens oppskrift i seks trinn på hvordan vi skulle forske på mobiltelefonstråling.

Nysgjerrigpermetoden og fremtidens skole

Nysgjerrigpermetoden er en forskningsmetode som er laget spesielt for barneskolen, og er en forenklet variant av hypotetisk-deduktiv metode. Elevene skal selv finne en problemstilling som de



På www.nysgjerrigpermetoden.no/ kan du bestille gratis lærerveiledning i Nysgjerrigpermetoden.

med hovedområdet Forskerspiren i naturfagplanen. Min erfaring er at elever som jevnlig får trening i å komme med egne teorier og hypoteser, enklere vil kunne konkretisere teoretisk stoff. Dette fører til at de får et mer helhetlig bilde av naturfagene.

Ludvigsen-utvalget la i 2015 frem sin anbefaling for fremtidens skole. Å kunne utforske og skape løftes opp som ett av fire kom-

formulerer hypoteser til. Sammen skal de så utvikle, velge ut og gjennomføre metoder for å samle inn data og teste hypotesene. Resultatene vurderes, elevene oppsummerer og trekker sine konklusjoner, og avslutningsvis presenterer de forskningsprosjektet sitt for andre. Nysgjerrigpermetoden kan sees i sammenheng med Læreplanen LK06s understreking av hvor viktig det er å stimulere til aktivitet og skaperglede i skolen, og metoden passer veldig godt sammen



UTFORSKING

petanseområder for et samfunn i stadig raskere endring. Et av de sentrale budskapene fra utvalget er at kompetanse knyttet til innovasjon, kreativitet og nyskaping er veldig viktig for vår fremtidige konkurransekraft. Utvalget anbefaler fokus på kreativitet i alle fag. De mener det å utvikle elevenes kompetanse i å utforske og skape, har stor samfunnsmessig verdi, i tillegg til verdi for hver enkelt. For å utvikle en slik kompetanse må elevene øve opp evnen til kritisk vurdering, problemløsning og kreativitet. Gjennom å arbeide med Nysgjerrigpermetoden kan flere av fremtidens skolekompetanser realiseres på en god måte, fordi elevene er aktive og utforskende i sin egen læringsprosess.

Når Nysgjerrigper-forskning blir innovasjon

Det som skal læres i fremtidens skole, skal oppleves å være verdifullt og ha relevans for elevens mestring og motivasjon. Dette kan sees i nær sammenheng med filosofen John Deweys tenkning, der relasjonen mellom kunnskap og handling i en problemløsende aktivitet blir viktig.¹ I en problemløsende metode er det elevene selv som står i fokus ved at de selv samler inn opplysninger og lager en problemformulering som de skal belyse.

I 2009 klarte 21 småskoleelever fra Nordland å omsette ideene fra Nysgjerrigper-prosjektet sitt til ferdige produkter. Elevene utviklet matematikkspill for barnehagebarn og vant Forskningsrådets pris Årets Nysgjerrigper 2009. De startet forskning på hva slags spill som kunne være både morsomme og lærerike for barn mellom tre og seks år. De utviklet ulike spill som de testet på barnehagebarn, og observerte hva som fungerte godt og dårlig, for så å justere spillene. Både spillideer, design og bruksanvisninger ble

utviklet i klasserommet. Forskningsprosjektet endte i utvikling av hele 11 matematiske brettspill som ble satt i produksjon, og som kom i butikkhyllene kort tid etter. Underveis hadde elevene lært mye om verdien av undring, utprøving, observasjon og bearbeiding.

Problemløsning og kreativitet

Våren 2015 gikk mine elever på Osterøy utenfor Bergen helt til topps i Nysgjerrigpers forskningskonkurranse med forskning på skrittlengder og mengde. De 29 forskerspirene på 6. trinn jobbet med problemstillingen: «Hva mener man med skritt som lengdemål, og hvor mange skritt går man i løpet av en uke?». Elevene startet med å definere en «skrittlengde» til 50 centimeter, og som noe man brukte for måleband og metersystemet. De antok at 10 000 skritt på en uke er normal mengde for dem, og at skrittlengde avhenger av høyde eller fotstørrelse. Klassen intervjuet voksne, involverte Matematikksenteret, Justervesenet og en fysioterapeut, de målte hverandre og beregnet en formel for skrittlengde for 11-åringene. 6.-klassingene kom frem til at en skrittlengde er distansen mellom en hæl og der neste hæl treffer gulvet, og at den avhenger av høyden til en person. Klassen skrev et leserinnlegg i lokalavisa, der de blant annet gjorde oppmerksom på at folk flest ikke kjenner sin egen skrittlengde. Klassen laget også en animasjonsfilm om hvordan forskningen hadde foregått som ble lagt ut på YouTube.

Jeg erfarte som veileder for dette prosjektet at elever i mange sammenhenger tenker mye mer kreativt enn oss voksne. Det var interessant å observere hvordan de flere ganger klarte å resonnerer seg frem til hvordan de for eksempel skulle regne ut gjennomsnittet av ulike tallmengder.² Jeg tenkte da jeg stod midt oppi dette prosjektarbeidet at slike prosjekt er verdt å bruke tiden på, fordi det er med på å inspirere elevenes lyst til å oppdage, tenke fritt og kreativt. Elevene fikk reelle erfaringer i å utvikle hypoteser, problemstillinger, ideer og fikk muligheten til å realisere ulike matematiske løsninger. Prosjektet er et eksempel på hvordan elever og lærer i fellesskap finner spørsmål å lure på, og som i dette tilfellet genererte matematikkføring.

Praktisk, eksperimentrettet og prosjektbasert undervisning

Konseptet Nysgjerrigper har fått meg som lærer til å reflektere over hvor viktig nysgjerrighet er for læring, og hvor sterk motiva-

UTFORSKING

sjonskraft nysgjerrighet er for å lære noe nytt. Den som er nysgjerrig, har det mye morsommere enn den som ikke tør å finne ut av ting. En god skole skaper nysgjerrige og vitebegjærlige elever, og det er naturfaglærerens plikt å vekke undring og nysgjerrighet hos elevene. Nøkkelen er å la barn og ungdom få jobbe praktisk i faget ved å gjennomføre eksperimenter, aktiviteter og andre praktiske øvelser, men samtidig åpne opp for et handlingsrom preget av undring og gode spørsmål. Gjennom praktisk, eksperimentrettet og prosjektbasert undervisning får elever muligheten til å bruke andre sider av seg selv, og det at naturfag handler om «virkeligheten» vil komme mye lettere frem og skape motivasjon for læring. Når vi i dagligtalen bruker ordet motivasjon, mener vi ofte «lyst til» å gjøre noe. Motivasjon kan sies å være en kjernefaktor i all læring, og påvirker alt fra åpenhet overfor inntrykk og tilbagemeldinger, til initiativ, utholdenhet, strategivalg og justering av innsats.³ Motivasjon er viktig for at barn og unge skal tilegne seg kunnskap, og dette kan sees i lys av psykologen Jerome Bruner som fremstiller barnet som en aktiv problemløser og klar til å utforske vanskelige oppgaver.⁴ Bruner fremhever videre betydningen av interesse, nysgjerrighet og oppdagelse som virkemidler i læring. Vi ønsker skoleelever som er indre motiverte for læring, og det viktigste skillet mellom indre og ytre motivasjon er interesse; at aktiviteten i seg selv er engasjerende og fascinerende.⁵ Dette kan man få ved å bruke Nysgjerrigpermetoden i skolen.



Når elevene jobber med hypotesene sine, må de selv lage eksperimenter som tester om hypotesen stemmer eller ikke. Her illustrert ved lyttetesten fra prosjektet «Hvorfor blir knekkebrød myke i matpakken?» ved Haukås skole i 2016. Foto: Øyvind Ganesh Eknes

Jeg har møtt på mange lærere som har snakket glødende om naturvitenskap, ikke bare som et fag, men òg som en mulighet for fremtiden og innovasjon. Et slikt engasjement smitter ofte over på elevene ved at de viser mer interesse for faget, kjenner mer ansvar for det de gjør, blir tryggere til å prøve ut egne løsninger og skolearbeidet blir mer lystbetont.

Motivasjonens skoleflow

En giv for enhver lærer må være når elever blir så oppslukt i noe at de glemmer både tid og sted uten at de selv legger merke til det. Det eneste som finnes, er du og det du holder på med. Da er man ifølge den ungarsk-amerikanske psykologen Mihaly Csikszentmihály i en egen helt spesiell sinnstilstand som han gav betegnelsen «flow» eller «flyt» i ens egen sone.⁶ Når en elev er i flytsonen, vil han oppleve en tilstand av stort engasjement som blir drevet av den indre motivasjonen. Csikszentmihály hevder at vi går over til et annet bevissthetsnivå når vi er i flyt, og vår oppfatning av tilværelsen endres. Når vi er i flytsonen, opplever vi vanligvis at tiden forsvinner. Timer føles som om det bare er minutter. Tilstanden av flyt innebærer også en høy grad av kreativitet. Når jeg tenker tilbake på mine egne barne- og ungdomsår, så er det de praktiske



Praktisk arbeid kan gi en opplevelse av å være flytsonen. Foto: Øyvind Ganesh Eknes

UTFORSKING

tingene vi gjorde på skolen som sitter som støpt i hukommelsen min. Jeg husker den følelsen da vi holdt på med naturfageksperiment i timene, og jeg er sikker på at jeg flere ganger var innom min flytsone da vi hadde elektronikk og lodding som valgfag.

Når man som lærer undrer seg over tema sammen med elevene, så våger man seg også inn i flytsonen deres. Voksne som våger å være i flytsonen med elevene, vil lett kunne formidle nysgjerrighet, glede, undring, kreativitet og entusiasme. Nysgjerrigpermetoden som problemløsende metode gjør at elevene selv kan sette sin standard, og dette er helt i tråd med teorien om flyt. En viktig forutsetning for flyt er en opplevelse av selvbestemmelse.⁷ Jeg glemmer aldri syvendeklassingen som allerede første skoledagen om høsten hadde problemstillingen klar. Han hadde i løpet av sommeren lurt sånn på hva som gjør at barn blir så glad i kosebamser. Klassekameratene ville forske på dette, og disse 12 forskerspirene fant raskt ut at alle har et forhold til kosebamser – enten man er gutt eller jente, barn eller voksen.

Nysgjerrigper og detektivlesing

Nysgjerrigper har i nyere tid lansert et nytt, gratis undervisningsopplegg kalt Lesekroken. Her blir det fokusert på lesestrategier med utgangspunkt i spennende kvalitetssikrede fagtekster, og det blir gitt tips til hvordan tekstene kan brukes til å øke elevenes lesekompetanse: For at elevene skal bli motivert for lesing, må teksten bety noe for dem. Læreren må finne et grep for å sette søkelys på artikkelen. Det holder ikke bare å si «Les på side 4», vi må gi elevene lyst til å nærme seg stoffet.⁸ Å invitere elever til å være detektiver i fagtekster, er et godt konkret eksempel på å legge til rette for at elever kan havne i flyt ved å arbeide med spennende naturfaglige fagtekster.

Å jobbe etter Nysgjerrigpermetoden har vært en ny giv for meg i arbeidet som lærer, og jeg har erfart hvor gøy elevene synes det er å forske. Å jobbe kreativt med et fag har fått elevene til å gløde når spennende ting blir mer «lovlige», for eksempel det å få lov til å tygge tyggis i matematikktimene en uke fordi det skal forskes på om man blir bedre i brøkgregning av å tygge tyggis. Nysgjerrigpers utforskende arbeidsmetode får elevene til å se forbi lærebøkene og klasserommet. Autentiske situasjoner er drivkraft for motivasjon og gjør læring lystbetont, spennende og sette elever i «flow». Eller som forfatteren Taylor Caldwell en gang uttrykte det: «Læring skal være fylt av glede og spenning. Det er livets største eventyr, det er en illustrert reise inn i sinnene til de edle og de lærde».

Lesekroken

På nysgjerrigper.no finner du Lesekroken. Her sendes elevene på detektivjakt inn i fagtekster fra Nysgjerrigpermagasinet.



Fotnoter

- 1 Dewey, J. (1916). Democracy and Education, An Introduction to the Philosophy of Education (1966 ed.): The Free Press.
- 2 Flatås, R. M. (2015). Vi tok skrittet heilt til topps! Tangenten 3/2015, s. 2-8. Bergen: Caspar Forlag.
- 3 Pintrich, P. & Schunk, D. (1996). Motivation in education: Theory, research & applications. New York: Prentice-Hall.
- 4 Bruner, J. (1970). Om å lære. Oslo: Dreyers forlag.
- 5 Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2009). Promoting self-determined school engagement. Motivation, learning and well-being. Handbook of motivation at school. New York: Routledge.
- 6 Csikszentmihály, M. (2002). Flow. The classic work on how to achieve happiness. London: Rider Books.
- 7 Deci, E. L. & R. M. Ryan (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Plenum Press.
- 8 Bjørkvold, T. (2017). Fleip eller fakta. Undervisningsopplegg til artikkelen «Sukkermaur har innedo» i Nysgjerrigper nr. 1-2017.

Hvor våres det først: på land eller i havet?

Det er vanlig å se etter vårtegn på land, men finnes det vårtegn i havet også? I dette forskningsprosjektet for barnehager og barneskoler vil barna finne ut nettopp dette.

Du kjenner det, du også. Når vårsola begynner å varme, og snøen tiner på takene. Når de første krokusene blomstrer og knoppene dannes på trærne. Da er det ikke mange møter med kolleger, familie og venner hvor dette årlige fenomenet ikke blir frydefullt kommentert. Det våres, det grønnnes, det går mot sommer. Følelsene våre er så sterke og positive når naturen våkner til liv etter en lang vinter, at vi er flinke til å se og kommentere forandringene rundt oss. Flinke til å lese vårens tegn. I hvert fall på land. Derimot vet de færreste av oss at det også våres i havet. Og det ofte lenge før det grønnnes og blomstrer på land.

Grunnen til vår uvitenhet om et like stort naturfenomen langs kysten er at vårtegn i havet ikke er like synlige. Der gress, krokuser og trær grønnnes på land, spirer planter i havet som ikke er større enn en tusendel av en millimeter, usynlige for våre øyne. Disse mikroskopisk små plantene består av bare én celle, driver fritt i vannet (derfor kalt «planteplankton») og vokser og formerer seg gjennom enkel celledeling. Dermed vokser planteplanktonet raskt når vekstforholdene er gode, det vil si med tilstrekkelig lys og næringssalter. Den raske veksten muliggjør en nesten eksplosiv oppbygging i mengden planteplankton i havet om våren. I løpet av ei uke kan antall planteceller i en liter sjøvann gå fra noen hundre til mange tusen, og helt opp til hundre tusen algeceller per liter sjøvann på toppen av vårblomstringa.

Selv om dette store antallet av planteceller ikke er direkte synlig, så kan oppblomstringen i havet studeres ved hjelp av enkle virke-



midler. Alt du trenger er et filtreringsoppsett og noen finmaskede filter som holder planteplanktoncellene tilbake på filteret når sjøvannet renner igjennom. Filteret vil farges av pigmentene som planteplanktonet bruker til å fange sollyset, slik landplanter gjør, og som farger landplantene grønne. Jo mer planteplankton i vannet, jo grønnere blir filteret.



Når sjøvann filtreres, vil planteplankton farge filteret. Foto: Tusseladden friluftsbarnehage



Barna hentet sjøvann i fjæra. Foto: Tusseladden friluftsbarnehage

I Tusseladden friluftsbarnehage på Kvaløya i Troms har vi brukt denne enkle måten til å «synliggjøre» mengden planteplankton i havet i et lite forskningsprosjekt gjennomført av barnehagens 5-åringer. Forskningsoppgaven til barna var å finne ut hvor det grønnnes først – på land eller i havet. For å finne svaret filtrerte ungene hver uke en halv liter sjøvann som de hentet i fjæra. Ungene var selv ansvarlig for prøvetaking, montering av filtreringsoppsettet og filtrering av sjøvannet. Etter filtrering ble filteret fotografert for å kunne sammenligne grønnfarga på filterene i løpet av de åtte ukene prosjektet varte. I tillegg til filteret fotograferte ungene også ukentlig et tre i barnehagen for å dokumentere utviklingen på land. Ved hjelp av disse bildene laget ungene en plakat med en tidsserie av deres observasjoner fra havet (bildet av filteret) og land (bildet av treet).

Plakaten ble brukt ved en avsluttende samlingsstund med alle de involverte ungene til å sammenfatte alle observasjonene og for å besvare det opprinnelige forskningsspørsmålet om hvor det grønnnes først. Her viste det seg at det var veldig nyttig at de involverte barnehageansatte hadde skrevet ukentlige forskningsrapporter som inneholdt en sammenfattende tekst om ungenes observasjoner og kommentarer. Det gjaldt spesielt en mer nøyaktig beskrivelse av vårens utvikling på land, som for eksempel utviklingen av knoppene på trærne. Basert på sine observasjoner konkluderte flertallet av barna med at det var plantene i havet som begynte å vokse først.

Prosjektet ga barnehagen en mulighet til å jobbe systematisk med tema «vår» over et lengre tidsrom. Særlig positivt var det at ungene fikk mulighet til å komme frem til sin egen konklusjon basert på sine observasjoner, heller enn å bli presentert ferdige fakta. Prosjektet bidro dermed til å stimulere undring og nysgjerrighet blant ungene, samt å formidle grunnleggende forskningsmetodikk.



Planteplankton observeres. Foto: Tusseladden friluftsbarnehage



Planteplankton farger filteret grønt, mens trærne fortsatt bare har knopper. Foto: Tusseladden friluftsbarnehage



KREATIV TILRETTELEGGING

Læreren som «entertainer» i naturfaget

Det finnes mange grep for å vekke elevenes undring gjennom undervisningen.

Lærerens rolle er å legge til rette for læring! Ja – det er vi enige om, men der slutter kanskje også enigheten? Jeg har ofte hørt lærere si: «Vi er jo i underholdningsbransjen», og dermed er diskusjonen i gang. Hva betyr eller innebærer det å underholde? Er det å være gjøgler? Er det viktig, og ofte bare nok, å skape god stemning? Oppskriften på en god time, god undervisning og en god lærer finnes ikke, heller ikke i denne artikkelen. Jeg skal her likevel slå et slag for *undring* som didaktisk veiviser for å legge til rette for læring i naturfaget. Undringsskaping kan låne elementer fra underholdningsbransjen. Jeg gir ingen trylleformel, men vil sette navn på noen (kjente) elementer som jeg har tro på som viktige i all undervisning.

Lesere av Naturfag har kanskje blitt kjent med 5E-modellen (se naturfag.no/5E). Modellen tjener som hjelp til å strukturere utforskende arbeidsmåter i naturfag. Slike arbeidsmåter skal hjelpe eleven til å skape mening ut i fra sin forståelse for et tema, som så blir utfordret gjennom hypotesedannelse og hypotesetesting. En fase i denne modellen er *engasjeringsfasen*. Lærerens rolle er her å engasjere elevene ved blant annet å motivere og skape undring og interesse og på den måten danne et *læringsbehov* hos elevene. Særlig i denne fasen mener jeg det er naturlig å se sammenhengen mellom underholdningsbransjen og læring. Kan vi så godta at undring er et godt utgangspunkt for motivasjon, som igjen er en viktig premiss for læring? Kan en *forelesning* da virke som impuls til undringsprosessen?

I forskningsprosjektet SPACE ME om mennesker og vårt forhold til verdensrommet, ble det avdekket at mennesker, både ungdom og voksne, har ulike typer undring:

- **Naturfaglig undringsmåte:** Tar utgangspunkt i fakta-undring; hva man vet og hva man vil vite mer om. Det meste av denne undringen finnes det svar på.
- **Estetisk undringsmåte:** Beskrives ofte i sanselige termer; hva man føler, naturopplevelser, frykt, glede og fascinasjon. Undringen trenger ingen svar, og kan endre karakter, gjerne i løpet av kort tid.
- **Eksistensiell undringsmåte:** Beskrives med hva man tror på; Gud, liv etter døden, uendelighet, meningen med livet og framtiden. Dette er undring (de fleste) aldri får svar på.
- **Kunstnerisk undringsmåte:** Hvordan undring kan omsettes i andre/ulike uttrykk; ved å lage film, bilder, musikk og drama. Denne typen undring kan transformeres eller realiseres om man ønsker.

For å vekke, og/eller utvikle, undring kan vi som naturfaglærere åpne opp for *sammensatte* måter å gjøre det på. Vi kan kombinere vitenskapsfaget med elementer fra kunstfagene og etikken. En samlebetegnelse for det jeg vil fram til er «estetisk tilnærming til læring» eller kanskje heller *sansebasert læring*. Undringen må provoseres fram ved at den berører – via sansene – noe vi kjenner fra før, pirrer fornuft- eller rettferdighetssansen og dermed gjør at vi ønsker å finne ut mer om et emne for så til slutt å kunne handle, endre holdning eller tenke annerledes.

Jeg har vært så heldig å være i slike situasjoner der jeg har vært «agent» for denne prosessen. På neste side gjengir jeg en e-post jeg fikk noen tid etter at jeg hadde holdt en forelesning til mine studenter om sansebasert læring.

KREATIV TILRETTELEGGING



Hva betyr det å underholde? Skal læreren være gjøgler? Foto: pixabay.com

E-post fra student

Denne mailen er ment som en takk for det bidraget jeg fikk fra forelesningen om bruk av anslag og dramaturgi i fellesforelesningen før vårens praksis.

Jeg følte at alle elementene i den forelesningen hang sammen og bygde forventninger, helt til siste øyeblikk, akkurat som et godt regissert skuespill. I forkant av hver eneste undervisningsøkt i praksis har jeg fokusert på hvordan jeg kan koble på elevene, ved å bruke gripende anslag. De gangene dette har fungert godt har falt sammen med de timene som jeg anser som mine mest vellykkede, selv om det selvsagt er flere årsaker til dette.

Men det som gav mest inntrykk på meg i den forelesningen, er hvordan naturfag kan brukes til å skape en eksistensiell forståelse av livet i seg selv. Hvordan i alle dager skal man finne meningen i et bilde av jorden som en ubetydelig dott i et uendelig kosmisk bak-teppe? Hvorfor angår et slikt bilde nettopp meg? Diktet av John Donne, sydde bitene på plass. Og det er første gang jeg har vært på gråten etter en forelesning. Takk skal du ha.

KREATIV TILRETTELEGGING

Ok – jeg nådde fram til i hvert fall én student denne dagen. Men var det noe fra denne anledningen som kan overføres til andre og til andre situasjoner? Gjennom SPACE ME-prosjektet ble det gjort en analyse av forelesningen og hvordan den virket på tilhørere. I analysen kom det i og for seg ikke fram noe som ikke har vært kjent siden Aristoteles satte retorikken i system, men det var nytt for meg! Og, vel så viktig, jeg lærte at retoriske grep og dramaturgi kan læres. Du kommer ikke til å lese mye om retorikk i denne artikkelen, men jeg skal gjengi noe jeg selv mener er sentralt.

En *retorisk femkant* består av sender, emne, tilhører, situasjon og språk. Med språk menes her den eller de *modalitetene* som man har til rådighet. Disse kan blant annet være tekst, tale, bilder, video, lyd, lukt, modeller, berøring eller bevegelse. Det må være en klar kopling mellom elementene. Du som lærer må ha kontroll over dem, og være observant på følgende:

1. Å fange tilhørernes oppmerksomhet
2. Å skape troverdighet
3. Å skape energi

Rekkefølgen av disse punktene er ikke tilfeldig. Det å fange *oppmerksomheten* er en forutsetning for *troverdigheten* foreleseren viser. Uten oppmerksomhet og troverdighet blir *energien* som foreleseren eventuelt tilfører bare støy. I denne sammenheng er *kairos* viktig; å gripe øyeblikket, og å komme med rett uttrykk til rett tid. *Aptum* er et annet sentralt retorisk begrep, dvs. indre og ytre tilpasning; både innhold, utforming og utførelse må være tilpasset situasjonen og publikummet.

Det som er beskrevet over er selvsagt lettere å skrive enn faktisk å gjennomføre. Likevel har jeg hatt nytte av å være bevisst de tre punktene, og for å omsette dem til praksis har jeg benyttet meg av noe som faktisk likner en oppskrift:

Underholdningsindustriens bruk av *dramaturgi* for å fenge publikum kan støtte opp under forelesningen som undringsskaper. Dramaturgi handler om å *komponere* formen til en formidlingssituasjon. Det finnes ikke én dramaturgi som er korrekt. Riktignok har den aristoteliske, eller klassiske greske, oppbygningen av forestillinger (dramaer) vist seg å være ganske bestandig mot forandring, og noe som underholdningsindustrien ofte er tro mot. Moderne «Hollywood-dramaturgi» følger langt på vei Aristoteles' dramaturgi.

En forelesning kan ha mye til felles med en teaterforestilling, i den forstand at det er vanlig at en person fører ordet foran et publikum som i hovedsak sitter stilltiende. En forelesning trenger slettes ikke være slik, men realiteten er ofte at forelesninger foregår i rom med fysiske rammer, f.eks. faste seter i rader, som setter føringer for undervisningen.

Oppbygningen til en klassisk forestilling, og også forelesningen jeg refererer til over, er som følger: vignett – anslag – fordypning og konfliktopptrapping – klimaks – oppløsning og konfliktløsning – avslutning (og konklusjon). I gjennomføringen kan man benytte følgende dramaturgiske grep:

1. Anslag
2. Bakoverpek og frampek
3. Variasjon
4. Overraskelser og provokasjoner
5. Rytme

I tillegg vil jeg legge til foreleserens bruk av kropp og stemme. Med dette mener jeg en aktiv bruk av både kropp og stemme som foreleserens dramaturgiske omdreiningspunkt for å drive forelesningen eller undervisningen framover. Dette går *utover* det man ofte omtaler som kroppsspråk og stemmebruk, og inkluderer plass og bevegelse i rommet og effektiv, ofte bevisst, bruk av gester og tale.

Å skape, og å holde, en «undringsforelesning» er en *kreativ* prosess. Intuisjon, skaperglede og skaperkraft er elementer som virker sammen med de planlagte, faglige kunnskaps- og erfaringsbaserte elementene. Jeg mener at kunnskap om sanselige, multimodale og dramaturgiske elementer er sentrale for både å kunne skape og utvikle undring hos elevene.

Til slutt vil jeg peke på en del av den større historien som min fortelling er en del av. Ungdom og ungdomskultur gjennomgår hurtige og store forandringer gjennom stadig mer multimodalitet og globalisering. Unge mennesker tilegner seg sin personlige dannelse og sin estetiske kompetanse i kontakt med digitale og sosiale medier. Forventningene til forelesningen er farget av denne kunnskapen, og derfor utfordres jeg som foreleser til å gå i dialog med ungdomskulturen. Kjennskap til ungdomskultur, og bruk av ungdommens egne uttrykks- og væreformer kan gjøre dem mer

KREATIV TILRETTELEGGING



Den klassiske greske oppbygningen av en forestilling kan følges den dag i dag. Illustrasjonsfoto: colourbox.no

motiverte. Undervisningen blir rett og slett mindre kjedelig og lettere å relatere til deres eget liv. Vi forsket på elever og studenter i SPACE ME-prosjektet og fant at forelesningen jeg refererer til over, «traff» dem ganske godt. Bruken av de multimodale virkemidlene var en av grunnene til det. Slike virkemidler skal benyttes for å forsterke det faglige innholdet i en forelesning. De er med på å *skape mening*.

I denne artikkelen har jeg argumentert for at naturfaglæreren skal skape undring hos elevene. Grunnen til dette er at undring kan

være en forutsetning for å skape mening. Meningsskaping er, etter min mening, synonymt med læring.

Endelig – skal naturfaglæreren også være en underholder? Når jeg nå sier JA! så er det med de premisene at underholdningen tjener hensikten: å legge til rette for læring.

Referanse

Østern, T. P. og Strømme, A. 2014. *Sanselig didaktisk design – SPACE ME*. Fagbokforlaget, Bergen

Tekst: Marianne Ødegaard og Finn Arne Melhus
Marianne Ødegaard er professor i naturfagdidaktikk ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning (ILS) ved UiO. I 2016 ga hun ut boken På forskerføtter i naturfag sammen med tre andre forfattere.
Finn Arne Melhus tok mastergraden i realfagdidaktikk ved ILS i 2015, og arbeider nå som lektor ved Selsbakk skole i Trondheim.

KREATIV TILRETTELEGGING

Kreativitet på forskerføtter

Hvordan tilrettelegger en lærer for kreativitet i utforskende naturfagundervisning? I en klasse som fulgte et undervisningsopplegg med utforskende arbeid knyttet til prosjektet Forskerføtter og leserøtter, ble lærerens arbeid for å fremme kreativitet studert.

Utforskende naturfagundervisning inneholder koblinger mellom elevers egen kreativitet og naturvitenskapens kreativitet. Elever kan oppleve at egen fantasi og det å tenke nye tanker kan gi dem ny innsikt i naturfag. Det å oppdage nye sammenhenger og ny kunnskap i naturfag er engasjerende. Men hvordan kan lærere tilrettelegge for kreativitet i utforskende naturfagundervisning?

Beskrivelse av situasjonen: Elevene har skrevet ned argumenter for og imot at et papirark er et system og skal nå legge frem påstandene sine på gruppene. Læreren går rundt og følger diskusjonen i de ulike gruppene.



Elevers kreativitet

Kreativitet kan ses på som sammensatt av flere aspekter, som originalitet, verdi, bruk av forestillingsevne og kombineringskunnskap. Ved å se på disse aspektene i sammenheng, kan man få et mer helhetlig inntrykk av elevenes kreativitet. Dersom en elevprestasjon bærer preg av individuell originalitet; bidrar til å gi en gyldig løsning på et problem; tyder på bruk av forestillinger og ser ut til å bygge på variert kunnskap, vil det være rimelig å anta at prestasjonen er et produkt av en kreativ prosess.

Hvordan tilrettelegge for kreativitet i utforskende naturfagundervisning?

Lærere tilrettelegger for kreativitet under utforskende aktiviteter ved å bruke flere ulike strategier. Strategien henger sammen med hvilken aktivitet elevene gjør. Å diskutere betydningen av innsamlet data eller informasjon i en utforskning betyr mye for å øke elevenes forståelse. Det kan se ut til at diskusjonen i seg selv også fremmer kreativitet. Ved å dele sine tanker, styrker elevene idémengden i klassen. Samtidig ser vi at en slik utveksling muliggjør at elever kritisk vurderer hverandres ideer og videreutvikler og forbedrer forklaringer, noe som kjennetegner kreativ tenkning. Lærere kan tilrettelegge for elevers diskusjon, blant annet ved å sørge for at elever med ulike oppfatninger diskuterer sammen, og ved å gå rundt og snakke med grupper om hvilke tanker elever har.

Idémangfoldet i klasserommet kan styrkes ved å gjøre ulike kognitive strukturer tilgjengelige for elevene. Læreren kan fremme at elever har ulike tanker, og elever kan oppfordres til å tenke på



Tekst: Marianne Ødegaard og Finn Arne Melhus

KREATIV TILRETTELEGGING

forskjellige måter (for eksempel både for og imot). Å stille elever åpne spørsmål kan også styrke idémangfoldet deres.

I den klassen som ble studert i Forskerføtter og leserøtter ble det observert at læreren i liten grad kom med utpregede positive eller negative tilbakemeldinger under elevenes utforskning. Dette kan forstås som en måte å bygge opp under et læringsmiljø hvor det er uproblematisk for elevene å gjøre feil. Når læreren verken bekrefter eller avkrefter elevenes ideer, men heller stiller oppfølgings-spørsmål, rettes ikke oppmerksomheten mot «riktig» eller «galt», men mot prosessen å komme frem til gode forklaringer. I tillegg er det mindre relevant å snakke om riktige og gale svar hvis problemstillingen er en åpen oppgave.

For å tilrettelegge for elevers bruk av forestillingsevne, kan ulike strategier brukes. Læreren kan modellere, ved for eksempel å fortelle om en situasjon hun har forestilt seg. Læreren kan også passe på å fremme situasjoner eller sammenhenger som elever har



Eksempel på oppfordring til forestillingsevne:

Lærer: Nå har jeg ingen steiner her, nå er alle steinene lånt bort.
Elev: Vi kan løpe ut og hente en.
Lærer: Nei, vi trenger ikke det. Vi kan prøve å se det for oss. Lukk øynene og se for deg en stein.

forestilt seg. Og så kan selvsagt læreren be elever om å forestille seg ulike situasjoner.

Hvordan ivaretas kreativitet i utforskende naturfagundervisning?

Studien i Forskerføtter og leserøtter-prosjektet viste at elevers kreativitet ble ivaretatt i den utforskende naturfagundervisningen som var observert. Det er ikke dermed sagt at all utforskning ivaretar elevers kreativitet. Enkelte forutsetninger og tilnærminger kan øke sannsynligheten for at kreative evner kan utvikles gjennom utforskende arbeidsmåter:

- Den utforskende aktiviteten bør skje i et læringsmiljø hvor elevene ikke er redde for å gjøre feil. Villighet til å ta sjanser kan få elevene til å gjøre og tenke nytt, noe som er en forutsetning for individuell originalitet.
- Elevene bør vite målet med det utforskende arbeidet, slik at prestasjonene deres kan orienteres mot en hensikt, og på denne måten ha en verdi. Kreative produkter har et formål.
- Den utforskende aktiviteten bør ikke være styrt av læreren i for stor grad. Problemstillinger som fordrer at elevene kommer frem til bestemte resultater, begrenser elevenes frihet til å komme opp med egne ideer og løsninger.
- Diskusjon kan legge til rette for kreativitet. Ved å diskutere forklaringer knyttet til utforskning kan elevene vurdere hverandres bidrag, bygge på hverandres ideer og videreutvikle sine forklaringer.
- Læreren bør legge til rette for elevenes bruk av forestillingsevne, og bør gjøre ulike ideer og måter å tenke på tilgjengelig for elevene.

Vi understreker at disse punktene er basert på funn fra én enkel case hvor diskusjonsfasen i utforskende arbeidsmåter preget undervisningen. Ser man på utforskende aktiviteter der andre aspekter ved utforskningen tar mer plass, kan også andre aspekter ved kreativitet vise seg å være sentrale.

Referanser

Melhus, F.A. (2015). *Kreative spirer. En kvalitativ studie hvor utforskende arbeidsmåter i naturfag kobles mot kreativ tenkning.* (Masteroppgave). Universitetet i Oslo.
Ødegaard, M., Haug, B.S., Mork, S., & Sørvik, G.O. (2016). *På forskerføtter i naturfag.* Oslo: Universitetsforlaget.



Naturfagundervisning bak murane – kreativitet og samspel

I to praksisperiodar som PPU-student har eg undervist ein naturfagklasse med åtte elevar ved Grønland voksenopplæring (GVO) i Oslo fengsel. Dei særleine rammene for undervisninga gjer at ein som lærar må freiste å tenke nytt om korleis ein formidlar naturfaget og dets eigenart.

I filmen *De fem benspænd* gir Lars von Trier fem utfordringar til sin ven, filmskaparen Jørgen Leth, der Leth må gjenskape ein av sine egne filmar under svært stramme rammer definert av von Trier. Resultatet er fem sterke, kreative løysingar, som aldri ville vore skapt utan dei spesifikke rammene. Poenget i filmen er at det er når vi vert møtt med utfordringar at vi skapar nye løysingar.

Som lærarar i fengsel arbeider vi òg under strenge rammer. Det kjem sikkert ikkje som ei overrasking for nokon at det må være slik, men ikkje alle vil ha tenkt gjennom kva dette vil seie for undervisninga. Som lærar vil ein møte desse utfordringane på ulikt vis.

Elevar i fengsel har same rett til utdanning som befolkninga elles. Men tilhøva i fengselet har konsekvensar for korleis undervisninga kan gjennomførast. For det første er all undervisninga inneundervisning. For det andre finnast det ingen lab med bunsenbrennarar, skalpellar, hydrogenperoksid og avtrekksvifter. Det betyr at vi må nytte oss av det som vi kallar kjøkkenkjemi. Dette er enkle, men forhåpentlegvis illustrerande og engasjerande eksperiment som kan utførast med ufarlege gjenstandar og kjemikalier. For det tredje er nett-tilgangen svært avgrensa, sjølv om alle våre elevar har tilgang til datamaskiner. Sensuren gjer at informasjonssøking og bruk av nettressursar som viten.no og ndla.no er svært vanskeleg.

Desse rammene påverkar naturfagsundervisninga, då restriksjonane grip inn i dimensjonar i undervisninga som utgjer noko av naturfaget sin eigenart. Det vil mellom anna seie didaktiske grep som ekskursjonar, laboratorieforsøk, og informasjonssøking og kjeldekritikk. Dette blir våre beinspenn.

Både lærarar og elevar må tenkje nytt

Ein metode eg har freista å bruke for å kompensere for dei utfordringane vi møter i fengselsundervisninga har vore å involvere og ansvarleggjere elevane.

Ein nærliggande og konkret måte å inkludere elevane på er at dei bidreg med sine egne kroppar. Vi kan ikkje gå ut i naturen for å utforske, men vi kan bruke den naturen vi sjølv tek med oss inn i klasseromma. Vi kan ved hjelp av våre egne kroppar måle puls, temperatur og vekt, og gjere berekningar av inntak av næringsstoff og trening. Med utgangspunkt i egne kroppar kan vi reflektere over tema som respirasjon, metabolisme, sjukdomar med meir. Vi kan og diskutere konsekvensar av korleis vi tenkjer om kropp og kjønn i samfunnet.

I våre klasserom, som i alle andre klasserom, finst det mykje kunnskap blant elevane. Mange er godt vaksne, og mange har erfaring frå arbeidslivet og god kjennskap til tema som ligg innanfor naturvitenskaplege felt. Å ikkje ha tilgang til Wikipedia er eit sterkt insen-



Oslo fengsel. Foto: Ustaoset / Wikimedia Commons

til til å nyttiggjere seg den kunnskapen som allereie finst i klassen. For å få utbytte av kunnskapen må ein gjere det tydeleg at kunnskapen som elevane sit med er ynskt, og ein må la han komme til uttrykk, både i uformelle og formelle situasjonar. Til dømes i plenumsdiskusjonar, presentasjonar, gruppearbeid og organiserte debattar. Likeins må ein ta elevane på alvor når dei stiller spørsmål, og ein må ta seg tid til å undre seg saman med elevane.

Samarbeidsundervisning er sentral for naturfagundervisninga av mange grunnar. Sidan alle naturfagelevane ved GVO går opp til munnleg eksamen, er det viktig å få øvd dei munnlege ferdigheitene. Det er tre grunnar til at eg er oppteken av samarbeid og munnlege ferdigheiter:

1. Munnleg samarbeid gir høve til å øve på bruk av faguttrykk samt styrke sjølvtiliten når det kjem til å «snakke fag».
2. Det er gjennom språket vi tenker, og øving i det naturfaglege språket legg til rette for ny innsikt i faget.
3. Fokus på samspel kan styrke klasse miljøet. Meiningsutveksling, fagleg uenigheit og høgtenking er styrker i eit naturfagklasserom, men er avhengig av at miljøet er inkluderande og opent for divergerande meiningar.

Basert på desse tre punkta gav eg elevane ei konkret oppgåve eg kallar *omvend presentasjon*. Alle elevane skulle forberede ein presentasjon for resten av klassa. Presentasjonane skulle være korte, og elevane hadde stor grad av fridom i korleis dei ville presentere. Alle presentasjonane var innan temaet stråling og radioaktivitet, og hensikta var å repetere stoffet vi hadde vore gjennom i timen. I forkant av presentasjonen vart alle elevane informerte om at

fokuset ikkje var på eleven som til ei kvar tid presenterte, men dei som såg på.

Alle fekk beskjed om å sjå seg sjølv som lagkameratane til han som presenterte. Det betydde at når presentasjonen var ferdig kunne alle stille spørsmål, men spørsmåla skulle være med å hjelpe presentøren vidare, gi hint om noko han hadde gløymt å nemne eller på anna vis spore han på noko som kunne utfylle presentasjonen eller demonstrere kunnskapen i større djupn. Det var ikkje lov å stille spørsmål som var meint å sette presentøren fast, noko ein av og til kan sjå tendensar til i meir konkurransedrivne situasjonar.

Kreativitet og samarbeid i naturfag

Kreativitet og samarbeid er to dimensjonar som er uløyselig knytt saman i naturfaget og er like viktige i forskning som i undervisning. Naturfagleg framgang er avhengig av kreativ tenking, og kreativitet oppstår ikkje i vakuum. Ikkje berre er fleire av dei alle største framskritta i moderne tid gjort i store forskingssamarbeid, men forskingsresultata vert etablerte, omdiskuterte og forhandla om i sosiale kontekstar.

Undervisninga i klasserommet bør reflektere denne verkelegheita, ikkje berre fordi det er ein effektiv modell for øving av munnlege ferdigheiter, bruk av faguttrykk og eksponering for ulike synspunkt, men òg fordi desse kategoriane illustrerer eit fundamentalt poeng i naturvitenskapleg kunnskapsdanning. Dette gjeld elevar så vel som forskarar. Eg meiner dette er eit ålment poeng, men det har ein spesiell funksjon i konteksten fengselsundervisning. Sjølv om tilgangen til andre ressursar er innskrenka, er tilgangen på samspel og kreativitet per definisjon uendeleg.

Fortellemagi

Jørgen Moltubak
ISBN: 9788205494923
Gyldendal Akademisk



Fortellemagi er en bok for deg som ønsker å utvikle ferdigheten din i å skape fortellinger.

Enten du vil bruke fortellinger i undervisning, som del av taler eller foredrag, i jobbintervju eller for å skrive noveller og romaner, er det å fortelle en ferdighet som kan læres og videreutvikles.

Virkeligheten kan ikke bare fortelles i stadig nye versjoner, den kan skapes helt på nytt gjennom fortellinger. Der noen vil fortelle, og noen vil lytte, kan fortellinger vokse fram og skape mening og sammenheng.

Fortellemagi gjør deg tryggere på fortellehåndverket, og viser deg hvordan du bruker fortellinger for å informere, underholde, engasjere og overbevise.

Annerledestenkerne

Kreativitet i vitenskapens historie

Per Arne Bjørkum
ISBN: 9788215027166
Universitetsforlaget



Annerledestenkerne er en fascinerende reise i kreativitetens historie. Boken handler om mennesker som hadde mot til å utfordre etablerte oppfatninger – og som derfor kom til å stå bak mange av vitenskapens viktigste vitenskapelige fremskritt. Leseren får innblikk i hvordan disse tenkte, kampene de måtte kjempe, lidenskapen, skuffelsene og gleden.

Dette er en bok for alle som er interessert i en grundigere forståelse av forskningens vesen og dens betydning for utviklingen av det moderne samfunn. 4. utgave byr på mye nytt, spennende stoff. Einstein og hans måte å tenke om viten på har fått større plass. Det samme har kvantefysikken, årsak-virkning-forklaringer og kritikk av postmodernismen. Med sine mange interessante historier og artige anekdoter viser *Annerledestenkerne* at naturvitenskap kan være svært underholdende lesning!

På forskerføtter i naturfag

**Marianne Ødegaard, Berit S. Haug,
Sonja M. Mork og Gard Ove Sørvik**
ISBN: 9788215024356
Universitetsforlaget



På forskerføtter i naturfag er en praksisnær og forskningsbasert bok om utforskende arbeidsmåter og grunnleggende ferdigheter i naturfag i grunnskolen. Forfatterne tar utgangspunkt i forskningsprosjektet Forskerføtter og leserøtter, og presenterer gode og konkrete eksempler fra norske klasserom, kortfattede analyser av undervisningsøkter og forslag til varierte aktiviteter.

Det kan lett bli mye aktivitet for aktivitetens skyld i naturfagsundervisningen. Et viktig mål med denne boka er å vise hva man kan oppnå ved å gjøre aktivitetene utforskende, og hvordan dette kan gjøres i praksis. Det trekkes spesielt fram hvordan lesing, skriving, muntlige og praktiske aktiviteter kan støtte opp om hverandre i en naturfaglig utforskning. Begrepsinnlæring er også en viktig og sentral komponent.

Boka er særlig rettet mot lærerstudenter, lærerutdannere og lærere, med håp om å inspirere og veilede til forskningsbasert naturfagundervisning som er spennende og relevant for elever.

Marianne Ødegaard er professor i naturfagdidaktikk ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning ved Universitetet i Oslo. Berit S. Haug er forsker ved Naturfagsenteret. Sonja M. Mork er førsteamanuensis ved Naturfagsenteret. Gard Ove Sørvik er doktor i naturfagdidaktikk og har vært forsker ved Naturfagsenteret, og er lærer ved Sykehuskolen i Oslo.

Er det liv i verdensrommet?

Kva er ei celle?
Kva er ein modell?
Og korleis
smakar ein
cellemodell?

Nytt utforskande
undervisningsopplegg
for ungdomstrinnet:

Cella som system
naturfag.no/celler



ABONNER
på **Naturfag**
– **helt gratis!**
post@naturfagsenteret.no