

Kollaborativ och explorativ problemlösning som ett sätt att öka elevernas intresse för naturvetenskapliga ämnen

Anders Jönsson

Högskolan Kristianstad

Denna text diskuterar hur undervisning i naturvetenskap kan göras mer engagerande genom kollaborativ och explorativ problemlösning. Traditionellt upplever många elever naturvetenskap som tråkigt, delvis på grund av passiva undervisningsformer. Forskning visar att när elever först får utforska problem tillsammans, innan de får direkt undervisning, utvecklar de både djupare begreppsförståelse och högre motivation. Särskilt effektiva är komplexa och öppna uppgifter som tillåter olika lösningar och kreativa resonemang. Grupparbete stärker intresset och lärandet, medan lärarens roll blir att bygga vidare på elevernas lösningar. Sammantaget framstår metoden som lovande för att öka både förståelse och engagemang i naturvetenskapliga ämnen.

Det kan knappast ha undgått någon att undervisningen i naturvetenskapliga ämnen står inför flera utmaningar. En av de mest akuta är att många elever upplever skolans naturvetenskap som riktigt tråkig. Även om många elever har ett intresse för "riktig naturvetenskap", finns det en stor skillnad mellan vad eleverna tycker är intressant och den undervisning de möter i skolan. Faktum är att mycket av den naturvetenskap som eleverna möter i skolan är det som intresserar dem minst (se t.ex. [1-3]). I sin studie om hur elevers attityder till naturvetenskap förändras under senare delen av grundskolan, sammanfattar Britt Lindahl [4] situationen med att "det går åt helvete", åtminstone när det gäller intresset för kemi och fysik från årskurs 5 till 9.

Det har gjorts många försök att komma till rätta med detta problem, både i Sverige och internationellt. En del av dessa har fokuserat på att inkludera samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll, som klimatförändringar, vaccin eller genteknik, i undervisningen (se t.ex. [5,6]). En annan riktning har betonat att undervisningen ofta prioriterar passiva undervisningsformer, som föreläsningar, istället för mer aktiva arbetssätt som diskussioner eller undersökningar. Som försök till lösning har elever därför fått arbeta med öppna uppgifter och undersökande arbetssätt (se t.ex. [7,8]). Det har också föreslagits att undervisningen kan bli mer engagerande om eleverna får inblick i hur "riktig naturvetenskap" fungerar och själva får delta i mer autentisk vetenskaplig praktik, vilket brukar kallas undervisning i "naturvetenskapernas karaktär" på svenska (se t.ex. [9,10]).

Jag genomförde själv en studie [11], där jag introducerade undervisning i naturvetenskapernas karaktär inom ramen för gymnasiekurserna biologi 1 och 2. Resultatet blev lyckat på flera sätt, till exempel genom att undervisningen verkade bidra till att synliggöra människornas roll i forskningen och att ge en mer nyanserad bild av, och inkluderande attityd till, naturvetenskaperna. Det kanske tydligaste resultatet från studien handlade emellertid inte om undervisningen i naturvetenskapernas karaktär, utan om problemlösning i grupp. Som lärare och forskare blir man naturligtvis väldigt nyfiken på pedagogiska upplägg som tycks fungera så bra. Jag började därför söka efter tidigare forskning om problemlösning i grupp och hittade ett antal studier om *kollaborativ och explorativ problemlösning*. Syftet med den här artikeln är att med utgångspunkt i mina egna erfarenheter presentera några viktiga resultat som jag stött på när jag läste forskningen.

Oväntade resultat från en studie där elever löste problem i grupp

Eleverna i de klasser som ingick i min studie [11] delades in i basgrupper, vilka var "halvbeständiga" genom att de ändrades för varje ämnesområde. I undervisningen ingick olika typer av lektioner, däribland seminarier och workshops. Inför seminarierna fick eleverna läsa anvisade sidor i läroboken och varje basgrupp fick ansvar för att muntligt redovisa svaren på ett antal instuderingsuppgifter. Under seminarierna diskuterades innehållet gemensamt utifrån gruppernas redovisningar. Undervisningen av ämnesinnehållet baserades alltså inte primärt på genomgångar ledda av läraren, utan på gemensam diskussion av innehållet utifrån elevernas redovisningar (jfr "flipped classroom"). Seminarierna följdes av workshops, där eleverna fick möjlighet att tillämpa de ämneskunskaper i form av begrepp, teorier och modeller som diskuterats på seminarierna i problemlösningssuppgifter. Principen var att eleverna fick ett antal problemlösningssuppgifter, som de arbetade med i basgrupperna, varefter gruppernas lösningar redovisades muntligt och diskuterades i helklass. Aktiviteten var helt formativ och ingick inte i betygsättningen, däremot förväntades eleverna kunna lösa likartade uppgifter individuellt vid summativa bedömningstillfällen.

För mig var det överraskande att det var problemlösningssuppgifterna (och inte naturvetenskapernas karaktär) som var det mest uppskattade inslaget i undervisningen och det som eleverna ansåg ha varit mest lärorikt. I intervjuer med eleverna framkom att de ansåg upplägget särskilt bra för att de fick lära sig tänka på olika sätt i diskussionerna med de andra eleverna. Eleverna kunde till och med hänvisa till specifika uppgifter, som de kom ihåg för att uppgiften fått dem att förstå saker på ett nytt och bättre sätt. Flera av uppgifterna upplevdes dock som utmanande, varför det även var viktigt att jag som lärare fångade upp styrkor och utvecklingsbehov i elevernas lösningar, vilket skedde i en gemensam diskussion efter problemlösningssaktiviteten.

Utforskande, tillrättalagd eller både och?

När denna text skrivs, finns det något av en dragkamp mellan så kallad "konstruktivistiskt inspirerad undervisning" och "direkt undervisning" (se t.ex. [12]). Konstruktivistiskt inspirerad undervisning (som problembaserat lärande och undersökande arbetssätt) utgår från idén att elever själva aktivt skapar och konstruerar kunskap utifrån sina egna erfarenheter och tidigare kunskaper. Detta leder till en undervisning där eleven är i centrum, med fokus på deltagande, samarbete, praktiska övningar och problemlösning. Läraren fungerar därmed mer som en handledare, eller "facilitator", som stödjer och vägleder elevernas lärande, snarare än att ha rollen att förmedla kunskaper, även om detta kan ingå som en del i lärarens roll.

Direkt undervisning (eng. "direct instruction") är i vissa avseenden raka motsatsen till konstruktivistiskt inspirerad undervisning, genom att fokusera på lärarstyrd undervisning där läraren tydligt förklarar och demonstrerar nya fakta och begrepp för eleverna. Metoden innebär även att läraren bryter ner materialet i mindre delar, ger tydliga instruktioner och modellerar hur man utför uppgiften innan eleverna får öva själva. Förespråkare för direkt undervisning menar att metoden är mer effektiv än exempelvis konstruktivistiskt inspirerad undervisning, eftersom elevernas uppmärksamhet därmed styrs mot det som är mest relevant, vilket minskar kognitiv belastning och förvirring kring saker man kanske inte förstår [13].

I diskussioner kring respektive metods förtjänster och tillkortakommanden lyfts ofta att konstruktivistiskt inspirerad undervisning är tidskrävande, kognitivt utmanande och att eleverna inte nödvändigtvis lär sig det som läraren hoppats på. I kontrast framställs direkt undervisning som en mer effektiv och målinriktad undervisningsmetod. Det är dock fullt möjligt att istället se metoderna som komplementära, beroende på vad eleverna ska lära sig. Om målet med undervisningen är att lära ut specifika färdigheter eller att förmedla grundläggande kunskaper, så

är direkt undervisning troligen bästa alternativet. Men om målet med undervisningen är att lära sig samarbeta, lösa komplexa problem eller designa systematiska undersökningar, är valet av metod inte längre lika självklart. Det är inte heller (vilket är en kärnfråga i det här sammanhanget) nödvändigtvis så att direkt undervisning är den metod som bäst väcker intresse, skapar motivation eller djupare förståelse hos eleverna. Tvärtom tycks ett av grundproblemen för undervisning i naturvetenskapliga ämnen vara just att lärarna tenderar att prioritera starkt strukturerade och (för eleverna) passiva former av undervisning, som föreläsningar, istället för mer elevaktiva arbetssätt som diskussioner eller undersökningar.

Istället för att ställa konstruktivistiskt inspirerad undervisning och direkt undervisning mot varandra, har man i forskningen kring "explorativt lärande" försökt kombinera de båda angreppssätten för att utnyttja deras respektive styrkor. Konkret innebär detta att eleverna först får utforska ett nytt område mer förutsättningslöst (d.v.s. en form av konstruktivistiskt inspirerad undervisning), för att därefter få direkt undervisning av läraren [14].

Forskning om explorativt lärande

Huvuddelen av forskningen om explorativt lärande har inte genomförts i naturvetenskapliga ämnen, utan i matematik. Till exempel har DeCaro med flera [14] visat att explorativt lärande kan leda både till att elever tar till sig och använder mer sofistikerade problemlösningsstrategier i matematik och utvecklar bättre begreppsförståelse. I den här studien handlade det om elever i andra till fjärde klass, men andra studier har genomförts med elevgrupper som motsvarar hela grundskolans bredd.

När det gäller forskning med fokus på naturvetenskapliga ämnen, har man till exempel låtit fysikstudenter på grundnivå utforska nya begrepp innan de fick direkt undervisning. Dessa studenter uppvisade bättre begreppsförståelse än studenter som först fick direkt undervisning. Men det som är särskilt intressant i det här sammanhanget är att studenternas intresse och glädje för att lära sig var antingen lika stort eller större bland studenterna som medverkade i explorativt lärande [15]. I en annan studie visade Schwartz med flera [16] att elever i årskurs åtta inte bara lärde sig det naturvetenskapliga innehållet bättre, jämfört med elever som fick direkt undervisning, utan också i högre grad kunde överföra sina kunskaper till andra ämnesområden (s.k. transfer). Dessutom gynnade undervisningen både låg- och högpresterande elever. Liknande resultat rapporteras av Hsu med flera [17] för gymnasieelever i Taiwan.

Forskningen inom explorativt lärande tyder således på att elever som givits möjligheten att utforska nya begrepp före direkt undervisning kan få både bättre begreppsförståelse och djupare förståelse för ämnesinnehållet, samtidigt som elevernas intresse och glädje för att lära sig är lika stort eller större jämfört med de som fått direkt undervisning först. Fördelarna gäller dessutom för både låg- och högpresterande elever. Det man emellertid måste vara uppmärksam på, är att det inte verkar finnas så många studier med fokus på naturvetenskapliga ämnen. I min sökning hittade jag bara fyra studier. Tre som riktade sig mot motsvarigheten till högstadiet/gymnasiet och en som riktade sig mot lågstadiet. Jag har dock inte gjort en fullständig, systematisk sökning, så det kan finnas fler studier, som jag ännu inte hittat.

I det följande presenterar jag några lärdomar, som jag funnit särskilt intressanta i läsningen av forskning om explorativt lärande.

Samarbete ger ökat intresse

Samarbete mellan elever är ett vanligt inslag i studier om explorativt lärande. Elevsamarbete är generellt en undervisningsmetod med flera fördelar. Till exempel innebär samarbete verbal kommunikation och utbyte av idéer, och när elever utvecklar eller förklarar sina idéer för sina klasskamrater kan deras eget tänkande förtydligas och förstärkas (jfr. beskrivningen från min

studie ovan [11]). Detta innebär att de positiva effekterna av explorativt lärande i grupp helt eller delvis kan bero på samarbetet, snarare än på själva utforskandet. För att undersöka den potentiella effekten av elevsamarbete i samband med explorativt lärande, genomförde Weaver med flera [15] en studie där de jämförde resultat från studenter som arbetade antingen individuellt eller i grupp. Resultaten visar att studenternas prestationer inte skilde sig åt mellan de båda förhållandena, vilket tyder på att samarbetet inte gav någon fördel i förhållande till hur eleverna lärde sig ämneskunskaper. Elevernas intresse och glädje i att lära sig var dock större för elever som fick arbeta i grupp. Dessa resultat tyder på att elevsamarbete kan användas i explorativt lärande som ett sätt att öka elevernas intresse och engagemang, även om de inte nödvändigtvis lär sig mer. Eleverna i min egen studie [11] ansåg emellertid att det inbördes samtalet dem emellan gjorde stor skillnad för deras förståelse. Det skulle därför vara intressant med fler studier, som kunde undersöka detta närmare.

Kreativ problemlösning kräver öppna uppgifter

Något som karaktäriserar problemlösningssuppgifter i naturvetenskap är att de ofta är domänspecifika. Det innebär att uppgifterna kräver kunskaper och färdigheter som är specifika för naturvetenskaperna. Men utöver att de är domänspecifika kan sådana uppgifter se väldigt olika ut. I detta sammanhang är framför allt graden av struktur av särskild betydelse. För om problemlösningssuppgifter ska användas i explorativt lärande behöver eleverna ges tillräckligt med friutrymme för att kunna hitta olika lösningar. Om de bara följer en strukturerad guide (s.k. "kokboksrecept") kan fördelarna för elevernas lärande och intresse gå förlorade.

I ena änden av spektrumet från välstrukturerade till mindre strukturerade uppgifter finns uppgifter med ett korrekt svar, som eleverna kan komma fram till med hjälp av en fördefinierad algoritm eller formel. I den andra änden hittar vi uppgifter som är både komplexa och öppna. Det betyder att de kan lösas på olika sätt och med olika typer av kunskap (t.ex. inte bara domänspecifik kunskap), men också att olika lösningar kan skilja sig åt med avseende på kvalitet. Att lösa sådana komplexa och öppna problem kräver kreativitet, flexibilitet och mångfacetterad kunskap (se t.ex. [18]). Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll räknas vanligtvis till den här kategorin, men även systematiska undersökningar kan vara komplexa och öppna, om de kräver att eleverna formulerar frågor, bestämmer hur data ska samlas in, tolkar resultat och/eller drar slutsatser.

Ett enkelt sätt att skapa problemlösningssuppgifter, som i princip kan varieras i det oändliga, är genom att ge eleverna någon form av data att utgå ifrån (t.ex. i form av en tabell eller ett diagram), som de får dra slutsatser utifrån. Som exempel har jag (i ekologi) gett elever data som visar hur antalet revir hos övervintrande fåglar varierar med vintertemperaturen och hur storleken på musslor varierar med salthalten i vattnet. Med utgångspunkt från sådana data får eleverna svara på frågor av typen: "Vad kan man dra för slutsatser utifrån dessa data?" och "Hur kan man förklara resultaten?". Eftersom jag har haft ett särskilt fokus på naturvetenskapernas karaktär, har jag dessutom lagt till frågor som: "Hur tror ni att forskarna har gjort för att samla in dessa data?" och "Hur skulle ni göra för att samla in data om...".

Frågor om att samla data handlar inte enbart om naturvetenskapernas karaktär, utan även om systematiska undersökningar. Här har jag skapat problemlösningssuppgifter som fokuserar på hur man kan genomföra undersökningar, och hur "riktiga forskare" har genomfört vetenskapliga studier, som en viktig förberedelse inför att låta eleverna planera och genomföra egna undersökningar. Som exempel på uppgifter om hur man kan genomföra undersökningar, fick eleverna veta att starar oftast lägger 5–6 ägg. Därefter fick de försöka formulera hypoteser om vad det är som gör/gjort att de flesta starar lägger just så många ägg samt diskutera hur man skulle kunna testa dessa hypoteser (med inspiration från [19], sid. 243). Eleverna fick även följdfrågor kring etiska aspekter, som om det är rimligt att som forskare medvetet ändra kullstorleken och därmed påverka fåglarnas möjligheter till överlevnad. En liknande uppgift handlade om att formulera hypoteser om vilka fördelar (och eventuella nackdelar) det har för vissa fjärilar att de har "ögonfläckar" på vingarna och hur man skulle kunna testa sådana hypoteser (se [20], sid. 17-19).

Som exempel på uppgifter med fokus på hur "riktiga forskare" har genomfört vetenskapliga studier, utgick jag bland annat från ett par studier av Nancy Emery och hennes kollegor vid University of Colorado Boulder, USA ([7], [21]). I dessa studier grävde forskarna upp olika plantor som växte i tidvattenzoner och planterade om dem på nya ställen (t.ex. från en plats längre från vattnet till en plats där de dränks av saltvatten vid högvatten). Utifrån resultaten från dessa studier fick eleverna bland annat i uppgift att avgöra vilka växter som begränsades i sin utbredning av abiotiska faktorer (saltvatten) respektive biotiska faktor (mellanartskonkurrens). Liknande uppgifter handlade om hur man identifierar bakterier som innehåller rekombinant DNA, och hur man tolkar resultat från gelelektrofores, med hjälp av programmet "eDNA - det virtuella labbet".

Som exempel på egna undersökningar, fick eleverna (i grupp) bland annat genomföra en inventering av antalet individer av en viss växtart inom ett givet område och utifrån en given metod. Utifrån sina undersökningar skapade de digitala bildspel, där de redovisade sin metod och sina resultat för resten av klassen. Genom att låta olika grupper undersöka samma sak, men utifrån olika metoder (se [20], sid. 260-261), uppstod livliga diskussioner kring exempelvis tillförlitlighet, felkällor och behovet av att genomföra olika sorters undersökningar. I dessa undersökningar var det alltså i första hand hur man skulle förstå resultaten och dra slutsatser som var öppet för tolkning, inte hur man skulle genomföra själva datainsamlingen. En liknande uppgift handlade om olika sätt att uppskatta biologisk mångfald (se [20], sid. 280).

Ovanstående är bara några enstaka exempel på komplexa och öppna uppgifter. För ytterligare exempel, se till exempel Hansson med flera [7], Jönsson [11] och Rosenblad med flera [22].

Att utgå från elevernas lösningar ger djupare förståelse

Som nämnts ovan är explorativt lärande en metod som bland annat syftar till att ge eleverna en djupare förståelse av ämnesinnehållet. I detta sammanhang handlar "djupare förståelse" oftast om elevernas förmåga att "överföra" sin kunskap från en situation till en annan, där båda situationerna bygger på samma naturvetenskapliga principer [23], vilket brukar kallas "transfer". I studien av Schwartz med flera [16], som nämndes tidigare, undersöktes till exempel överföringen av kunskap från lektioner om densitet och hastighet, till problem som handlade om tryck och fjäderkonstanten. Enligt författarna är dessa ämnen visserligen ganska olika i termer av fysikaliska fenomen, men de bygger ändå på samma underliggande principer. I detta fall kunde man se att elever som medverkade i explorativt lärande i högre grad kunde överföra sin förståelse av dessa underliggande principer mellan olika ämnesområden och situationer.

Även om ett antal studier har visat att en inledande problemlösningsfas följt av en mer strukturerad undervisning kan stödja transfer, rapporterar inte alla studier positiva resultat. I en granskning av forskning med fokus på transfer föreslår Loibl med flera [23] att det finns två specifika aspekter av undervisningen som korrelerar väl med kunskapsöverföring mellan olika ämnesområden. Den första aspekten kallas för "kontrasterande fall" och kännetecknas av att information presenteras för eleverna på ett sätt som framhäver de principer man vill att de fokuserar på. Detta görs genom att placera fall som bara skiljer sig åt i förhållande till dessa principer sida vid sida, samtidigt som allt annat hålls konstant i så hög grad som möjligt. Eftersom det är mer uppenbart för eleverna vilket samband, vilken princip eller vilken lag som uppgiften fokuserar på, tas många av egenskaperna hos komplexa och öppna problem bort, vilket gör detta till en mindre attraktiv lösning i det här sammanhanget. Däremot ligger det väl i linje med utgångspunkterna för direkt undervisning.

Den andra undervisningsaspekten som korrelerar väl med transfer handlar om att bygga undervisningen på elevernas lösningar. I dessa studier följs elevernas försök att lösa ett komplext och öppet problem av undervisning som bygger på elevernas lösningar. I min undervisning hade vi till exempel gemensamma diskussioner i helklass efter varje problemlösningstillfälle [11]. Det innebär bland annat att man som lärare kan hjälpa till med att ställa följdfrågor och kommentera såväl styrkor som tveksamheter i det som eleverna redovisar. På så sätt känner eleverna att deras lösningar uppmärksammas och alla elever i klassen ges dessutom möjlighet att ta del av olika sätt

att lösa samma uppgift, samtidigt som man inte lämnar eleverna med eventuella felaktigheter eller missuppfattningar. Alla studier som jag tagit upp i den här forskningsgenomgången som arbetade på det här sättet rapporterade att elever som medverkade i explorativt lärande presterade bättre än eleverna i kontrollgrupperna, både vad gäller begreppsförståelse och transfer, vilket gör det till en potentiellt kraftfull undervisningsmetod. Denna metod fungerar dessutom väl ihop med kollaborativ problemlösning, samt ger ytterligare möjligheter till lärande, såsom att jämföra olika lösningar och förklara orsaker till att olika lösningar bedöms ha högre eller lägre kvalitet (med eller utan användning av explicita kriterier).

Sammanfattning och slutsatser

Den här texten startade i att jag, mer eller mindre av en slump, lät eleverna lösa naturvetenskapliga problem tillsammans, som ett sätt för dem att få tillämpa de begrepp, teorier och modeller som undervisningen fokuserade på. I min utvärdering av undervisningen var det tydligt att eleverna upplevt problemlösningen som mycket lärorik och flera av dem kunde ge exempel på hur de förändrat sitt sätt att tänka utifrån dessa aktiviteter. De menade också att möjligheten att diskutera förutsättningslöst tillsammans, innan läraren gav sin syn på lösningen, var avgörande för deras lärande. Elevernas tankar gjorde mig nyfiken, vilket ledde till att jag försökte hitta tidigare forskning kring explorativ problemlösning, som kunde förklara utfallet samt hjälpa mig att utveckla upplägget ytterligare.

Enligt den tidigare forskning jag hittade, verkar explorativt lärande ha betydande potential både för att stödja elevers lärande i naturvetenskapliga ämnen och för att öka elevernas intresse för naturvetenskap. Förutom att problemlösningen behöver komma före den direkta undervisningen finns det emellertid även andra viktiga undervisningsaspekter, som man behöver ta hänsyn till. För det första behöver problemen som ska lösas vara komplexa och öppna, så att eleverna ges möjlighet att använda sina kunskaper och sin kreativitet för att lösa problemet, istället för att leta efter en enda och korrekt lösning. För det andra bör problemlösningsaktiviteten helst utföras i grupp, eftersom detta sannolikt ökar elevernas intresse och glädje för att lära sig, men kanske även bidrar till deras förståelse. För det tredje behöver undervisningen som följer på problemlösningsaktiviteten bygga på elevernas lösningar (eller försök till lösningar), dels så att eleverna känner att deras ansträngningar inte försummas och är värda uppmärksamhet, dels för att det ger ytterligare möjligheter till lärande.

Även om resultaten från tidigare forskning verkar lovande, särskilt eftersom metoden har testats med ett brett spektrum av elever (från andraklassare till studenter i högre utbildning) och visat sig gynna både hög- och lågpresterande elever, har de flesta studier genomförts i matematik. I studier med inriktning på naturvetenskap, är det dessutom nästan uteslutande fokus på fysikämnet och det verkar inte ha genomförts några studier i en svensk eller nordisk kontext. Det är därför inte möjligt att med någon form av precision förutsäga hur väl explorativt lärande fungerar i dessa sammanhang. Däremot finns det goda möjligheter för dig som lärare att själv testa metoden med dina elever, för att se hur den fungerar i ditt klassrum och kanske dela med dig av dina erfarenheter. Själv ska jag se om det finns någon som kan tänka sig att finansiera ytterligare forskning om kollaborativ och explorativ problemlösning, som ett sätt att öka både elevernas intresse och lärande i naturvetenskapliga ämnen.

Författare

Anders Jönsson är legitimerad ämneslärare i naturvetenskapliga ämnen och professor i didaktik vid Högskolan Kristianstad (HKR). När detta skrivs är Anders studierektor för forskarutbildningen i Pedagogiskt arbete, samt ansvarig för masterutbildningen i samma ämne, vid HKR. Anders är aktuell med boken "Ämnesdidaktiska val i naturvetenskap" (Gleerups), som han skrivit tillsammans med Lena Hansson och Lotta Leden vid HKR, läromedlet "Helios NO" för mellanstadiet (Studentlitteratur), framtaget tillsammans med Nina Rosenblad och Richard Kristiansson, samt

”Texter för vetgiriga” (Studentlitteratur).



Figur 1. *Anders Jönsson*

Referenser

1. Jidesjö A. En problematisering av ungdomars intresse för naturvetenskap och teknik i skola och samhälle – Innehåll, medierna och utbildningens funktion. Doktorsavhandling, Linköpings universitet. 2012. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-78789>
2. Oskarsson M. Viktigt – men inget för mig: Ungdomars identitetsbygge och attityd till naturvetenskap. Doktorsavhandling, Linköpings universitet. 2011. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:miun:diva-49902>
3. Skolverket. Nationella utvärderingen av grundskolan 2003: sammanfattande huvudrapport. Skolverket; 2004.
4. Lindahl B. Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet. Doktorsavhandling, Göteborgs universitet. 2003. <http://hdl.handle.net/2077/9599>
5. Rietz L. ”Det handlar om vår framtid”: Hur elevers scientific literacy kan utvecklas genom SNI-argumentation i kemiundervisning. Licentiatuppsats, Lunds universitet. 2021. https://portal.research.lu.se/files/101032224/Rietz_Det_handlar_om_v_r_framtid.pdf
6. Zeidler D, Sadler TD. Exploring and expanding the frontiers of socioscientific issues. I: Lederman NG, Zeidler DL, Lederman JS, redaktörer. Handbook of Research on Science Education (Vol. III). Routledge; 2023.
7. Hansson L, Leden L, Jönsson A. Ämnesdidaktiska val i naturvetenskap: För agens i vardag och samhälle. Gleerups; 2022.
8. Dah NM, Noor MSAM, Kamarudin MZ, Azziz SSSA. The impacts of open inquiry on students’ learning in science: A systematic literature review. Educational Research Review. 2024;43. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100601>
9. Leden L. Black & white or shades of grey: Teachers’ perspectives on the role of nature of science in compulsory school science teaching. Doktorsavhandling, Malmö högskola. 2017. <https://doi.org/10.24834/2043/22322>
10. McComas WF, Clough MP. Nature of Science in science instruction: Meaning, advocacy,

- rationales, and recommendations. I: McComas WF, redaktör. Nature of science in science instruction: Rationales and strategies. Springer; 2020.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6_1
11. Jönsson A. Naturvetenskapernas karaktär som redskap för inkluderande undervisning i biologi. Nordic Studies in Science Education. 2023;19(1).
<https://doi.org/10.5617/nordina.9756>
 12. Kirschner PA, Sweller J, Clark RE. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist. 2006;41(2).
http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
 13. Sweller J, Kirschner PA, Clark RE. Why minimally guided teaching techniques do not work: A reply to commentaries. Educational Psychologist. 2007;42(2).
<http://dx.doi.org/10.1080/00461520701263426>
 14. DeCaro DA, DeCaro MS, Rittle-Johnson B. Achievement motivation and knowledge development during exploratory learning. Learning and Individual Differences. 2015;37.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2014.10.015>
 15. Weaver JP, Chastain RJ, DeCaro DA, DeCaro MS. Reverse the routine: Problem solving before instruction improves conceptual knowledge in undergraduate physics. Contemporary Educational Psychology. 2018;52. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.12.003>
 16. Schwartz DL, Chase CC, Oppezzo MA, Chin DB. Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer. Journal of Educational Psychology. 2011;103(4). <https://dx.doi.org/10.1037/a0025140>
 17. Hsu C-Y, Kalyuga S, Sweller J. When should guidance be presented in physics instruction?. Archives of Scientific Psychology. 2015;3(1). <https://dx.doi.org/10.1037/arc0000012>
 18. Siew NM, Chong CL, Lee BN. Fostering fifth graders' scientific creativity through problem-based learning. Journal of Baltic Science Education. 2015;14(5).
<https://doi.org/10.33225/jbse/15.14.655>
 19. Karlsson J, Krigsman T, Molander BO, Wickman PO. Biologi 1. Liber; 2011.
 20. Arvantis L, Hamza K, Sundberg CJ. Biologi Campus 1. Sanoma Utbildning; 2015.
 21. Emery NC, Ewanchuk PJ, Bertness MD. Competition and salt-marsch plant zonation: Stress tolerators may be dominant competitors. Ecology. 2001;82(9).
[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2471:CASMPZ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2471:CASMPZ]2.0.CO;2)
 22. Rosenblad N, Jönsson A, Kristiansson R. Helios NO 4. Lärarhandledning. Studentlitteratur; 2024.
 23. Loibl K, Roll I, Rummel N. Towards a theory of when and how problem solving followed by instruction supports learning. Educational Psychology Review. 2016;29(4).
<https://doi.org/10.1007/s10648-016-9379-x>