

Cecilia Dudas är licentiat inom forskarskolan för didaktisk modellering (NaNo) vid Stockholms universitet samt föreläsare i kemi vid Globala gymnasiet i Stockholm.

Carl-Johan Rundgren är docent i naturvetenskapsämnenas didaktik vid institutionen för matematikämnet och naturvetenskapsämnenas didaktik (MND) vid Stockholms universitet. Han disputerade i naturvetenskapernas didaktik vid Linköpings universitet 2008 och hans forskning inriktar sig bl a på naturvetenskaplig medborgarbildning, särskilt i relation till media, och på användning av olika representationer av naturvetenskapliga fenomen.

Iann Lundegård är docent och lektor i naturvetenskapsämnenas didaktik vid Stockholms universitet. Hans forskningsintressen berör framförallt elevers samtal om miljö och hållbar utveckling i ett utbildningsinnehåll som befinner sig i skärningspunkten mellan natur och samhälle. Lundegård är också intresserad av pragmatisk utbildningsfilosofi och hans forskning bidrar till metodutveckling på det området.

CECILIA DUDAS

Stockholms universitet, Sverige
cecilia.dudas@mnd.su.se

CARL-JOHAN RUNDGREN

Stockholms universitet, Sverige
carl-johan.rundgren@mnd.su.se

IANN LUNDEGÅRD

Stockholms universitet, Sverige
iann.lundegard@mnd.su.se

Didaktisk modellering av komplexa hållbarhetsfrågor i gymnasiets kemiundervisning

Abstract

To meet future challenges regarding sustainability issues, science education needs to address how to educate scientifically literate and responsible citizens. One aspect of this is how to draw students' attention to the complexity in sustainability issues. We explore how a didactic model and design principles can be developed and used to analyse complexity in students' deliberation on sustainability issues. The study has been conducted as an in-situ study at two upper secondary schools. The data was analyzed using Practical Epistemological Analysis (PEA) and Deliberative Educational Questions (DEQ). The results highlight four different kinds of considerations needed to visualize complexity, which were used to construct a didactic model. Those considerations regarded facts and values in relation to known and unknown facts. Design principles were also developed, which together with the model can support teachers in didactic analyses regarding complex sustainability issues in chemistry education. Furthermore, the study shows that chemistry education can contribute to development of Bildung and democratic citizenship.

INTRODUKTION

Stockholm Resilience Center har identifierat nio planetära gränsvärden där mänsklig aktivitet hotar jordens möjligheter till självreglering (Rockström et al. 2009). Flera av dessa knyter an till kemiämnet: ozonlagrets uttunnning; havsförsurning; biogeokemiska flöden (fosfor- och kvävecykler); aerosoler i atmosfären; nya kemiska substanser (t.ex. mikroplaster, organiska miljögifter och nanopartiklar). För att förstå och diskutera dessa och andra komplexa hållbarhetsfrågor med naturvetenskapligt innehåll behövs ämneskunskaper, men dessa kunskaper behöver också sättas i ett socialt sammanhang. En av gymnasieskolans utmaningar är således att utveckla en undervisning i naturvetenskapliga ämnen som erbjuder såväl kunskaper för vidare studier i naturvetenskap som medborgarbildning. Föreliggande studie syftar till att undersöka hur en undervisning som stöttar eleverna i att uppmärksamma komplexitet i kemiundervisningens hållbarhetsfrågor kan designas samt hur en sådan undervisning kan bidra till elevernas naturvetenskapliga medborgarbildning. Studien avser också att utveckla en didaktisk modell för analys av komplexitet i elevers resonemang runt dessa frågor.

Tidigare studier om hållbarhetsfrågor i kemiundervisning

Flertalet tidigare studier diskuterar hållbarhetsfrågor i kemiundervisningen. Dessa undersöker exempelvis undervisningssekvenser vid arbete med miljöfrågor i kemiundervisningen (t.ex. Marks, Bertram & Eilks 2008; Marks & Eilks, 2009; Marks & Eilks, 2010; Burmeister & Eilks, 2012). Elevers argumentation och beslutsfattande i debatter och samtal om hållbarhetsfrågor studeras också (t.ex. Christenson, Gericke & Chang Rundgren, 2017; Kolstø, 2006; Sadler & Zeidler, 2005). Andra artiklar har en mer teoretisk ingång och diskuterar olika modeller för arbete med hållbarhetsfrågor i kemiämnet (Burmeister, Rauch & Eilks, 2012). Flera artiklar diskuterar också kemiämnet i relation till bildningsperspektivet (t.ex. Sjöström, 2013) samt hur kritisk - reflexiv kemiundervisning kan möjliggöra kritiskt tänkande och aktivt medborgarskap (t.ex. Sjöström & Talanquer, 2014). Studier som analyserar hållbarhetsfrågor i kemiämnet saknas således inte, men frågan behöver undersökas vidare (Sjöström, Rauch och Eilks 2015). Rudsberg och Öhman (2010) uppmärksammar exempelvis att få studier har gjorts om hur arbetet med deltagande och pluralistiska arbetsformer i naturvetenskapliga ämnen tar sig uttryck i klassrummet.

Naturvetenskaplig medborgarbildning

Det finns flera olika traditioner som diskuterar utbildning för medborgarbildning. En av dessa är *Bildung*, som inbegriper både en process och ett sätt att vara (Wickman, Liberg & Östman, 2012). Ibland används begreppen *bildning* på svenska respektive *dannelse* på norska och danska som motsvarigheter till tyskans *Bildung*. Här väljer vi dock att använda den internationellt brukade termen *Bildung*. *Bildung* innefattar personlig och samhällelig utveckling samt solidaritet och ett ansvar att agera för att förändra samhället i en positiv riktning (Elmose & Roth, 2005; Wickman et al., 2012). *Bildung* handlar också om att utveckla både ett självständigt och kritiskt förhållningssätt till omvärlden. Relationen mellan självständighet och ansvarsfullt medborgarskap skapar en spänning mellan personliga och sociala värden (Sjöström, Frerichs, Zuin & Eilks, 2017). Traditionellt sett har dock inte naturvetenskapliga ämnen betonats som relevanta för utveckling av en persons *Bildung* (Sjöström et al., 2017; Wickman et al., 2012). Sjöström (2013) menar vidare att *Bildungs*-inriktad kemiundervisning kan bidra till naturvetenskaplig medborgarbildning.

Ett närliggande perspektiv är "education through science" (Holbrook, 2010) vars övergripande mål beskrivs som: "*The ultimate goal is that the education enables a person to function with society as a responsible citizen, able to incorporate science understanding into decision making activities and to appreciate the value of science in today's society*" (Holbrook, 2010, s. 87). Holbrooks utgångspunkt är att många länder har lärandemål som inte är direkt knutna till ett specifikt ämne, utan förväntas uppnås utifrån utbildningen som helhet. I arbetet mot dessa mål måste även de naturvetenskapliga ämnena delta. Holbrook menar vidare att om detta ska kunna ske, krävs ett paradigmskifte i hur naturvetenskaplig undervisning bedrivs och betraktas. För närvarande finns ett starkt fokus på äm-

nesinnehåll, vilket behöver ersättas med fokus på övergripande undervisningsmål. Detta innebär inte att naturvetenskapliga innehållet ska exkluderas, däremot behöver det omsättas i ett kulturellt och socialt sammanhang. Både Bildung och education through science betonar alltså betydelsen av att sätta naturvetenskapliga ämnen i ett socialt och kulturellt sammanhang för personlig och samhällslig utveckling samt för möjliggörande av ett ansvarsfullt medborgarskap.

Komplexa hållbarhetsfrågor i kemiundervisning

För att aktivt kunna delta i debatter och beslutsfattande rörande samhällsutmaningar och verka för en hållbar framtid är kunskaper i kemi viktiga (Chang Rundgren & Rundgren, 2015; Childs, Hayes & O'Dwyer, 2015; Eilks & Hofstein, 2015). Om utbildning i kemi ska vara relevant i förhållande till hållbar utveckling är det inte tillräckligt med ämneskunskaper, utan undervisningen måste organiseras så att eleverna får möjlighet att utveckla kompetenser för att förstå och delta i samtal där kunskaper i kemi behövs och efterfrågas (Burmeister et al., 2012; Sjöström et al., 2015). En översikt av undervisning i naturvetenskapliga ämnen i Israel, Tyskland och USA visade att möjligheten för eleverna att delta i diskussioner om hållbarhetsfrågor ofta saknades (Hofstein, Eilks & Bybee, 2011).

En metod att arbeta med hållbarhetsfrågor i naturvetenskaplig undervisning är att utgå från Socioscientific Issues (SSI), vilka har sin bas i naturvetenskapen men med potentiellt stor påverkan på samhället (t.ex. Sadler & Zeidler, 2005; Chang Rundgren & Rundgren, 2010). Frågor inom SSI är autentiska och aktuella (Ratcliffe & Grace, 2003) samt kontroversiella där olika aktörer har olika perspektiv, vilket också synliggörs genom den inneboende osäkerheten (Simonneaux, 2008). Frågor som är ostrukturerade, övergripande, svåra eller omöjliga att lösa på grund av ofullständiga, motsägelsefulla och föränderliga krav på kunskapsinnehåll benämns ibland "wicked problems" (Weber & Khademian, 2008). Kännetecknande för dessa är också att olika intressenter har motstridiga tolkningar av problemet och dess lösningar (Kreuter, De Rosa, Howze & Baldwin, 2004). Begreppet "wicked" ska här inte förstås som att frågorna är ondsinta, utan snarare i betydelsen mångfacetterade eller svärfångade. Undervisning utifrån SSI inkluderar att hantera problem och utmaningar som till sin natur är komplexa, ostrukturerade och öppna för diskussion (Simonneaux, 2008), vilket knyter an till beskrivningen av wicked problems. SSI och wicked problems kan förstås som frågor där det är svårt att reda ut fakta kring orsak och verkan, där det inte finns konsensus i identifiering av problem och lösningar samt att frågor genomsyras av olika värdemässiga perspektiv och intressekonflikter och att det inte finns en slutgiltig lösning. Flertalet tidigare studier visar att resonemang inom SSI inte bara handlar om ett naturvetenskapligt innehåll utan också om sociala perspektiv och värderingar (t.ex. Aikenhead, 1985; Simonneaux, 2008; Chang Rundgren och Rundgren, 2010). Komplexa naturvetenskapliga hållbarhetsfrågor har följaktligen både ett faktamässigt och ett värdemässigt innehåll.

Tidigare studier pekar på vikten av att eleverna ges möjlighet att uppmärksamma den komplexitet som föreligger i hållbarhetsfrågor (Simonneaux, 2008; Öhman, 2008; Öhman & Öhman, 2012). I föreliggande studie har vi valt att undersöka följande aspekter av komplexitet: att kunskaper i kemi efterfrågas för att förstå hållbarhetsfrågor och dess eventuella lösningar; att motstridiga perspektiv och värderingar förekommer samt att det finns en osäkerhet i kunskapsinnehållet vilket tillsammans med motstridiga perspektiv och värderingar gör frågan ofullständig, svårutredd och motsägelsefull.

Pluralism och demokratisk deliberation

I en pluralistisk undervisningstradition ses hållbarhetsfrågor som konflikter mellan olika värderingar, perspektiv och intressen (Öhman, 2008). I det sammanhanget kan skolan fungera som en arena där olikheter synliggörs och där elever deltar i demokratisk deliberation (Sandell, Öhman & Östman, 2003). Det deliberativa samtalet kan då bli ett sätt för eleverna att uppmärksamma olika sätt att förstå olika perspektiv och värderingar på frågorna (Lundegård & Wickman, 2007; Van Poeck & Vandnabeele, 2012). Här utgår undervisningen inte från något förbestämt rätt svar eller förhållningssätt

utan att var och en måste få tillfälle att argumentera för de val de gör (Rudsberg & Öhman, 2010). Ett mål med en pluralistisk undervisning är att stärka elevernas demokratiska handlingskompetens vilket kan ske genom att eleverna får tillfälle att uppmärksamma de konflikter och värderingar som finns inom aktuella hållbarhetsfrågor (Lundegård & Wickman, 2007; Öhman & Öhman, 2012). Sund (2015) menar vidare att komplexiteten i hållbarhetsfrågor i undervisningssammanhang ofta skalas bort, vilket kan vara till nackdel för elevernas möjlighet till att utvecklas som demokratiska medborgare. Rudsberg och Öhman (2010) menar att om en demokratisk process är att betrakta som situationer där elever kan skapa nya möjligheter genom att influera varandra, så kan pluralism ses som en av demokratins centrala beståndsdelar. I det sammanhanget kan utbildning kan således erbjuda ett forum där medborgarskap kan utvecklas (Van Poeck & Vandenabeele, 2012). Genom möten med andra, får eleverna tillfälle att diskutera och ta ställning i hållbarhetsfrågor där de ges möjligheter att skapa nya sätt att agera och vara (Lundegård & Wickman, 2012; Van Poeck & Vandenabeele, 2012).

I föreliggande studie inspireras undervisningen innehållsmässigt av SSI. Detta genom att den utgår från frågor i samhället där kunskaper i kemi efterfrågas. Det praktiska genomförande av undervisningen tar avstamp i en pluralistisk undervisningstradition i vilken möjligheten till deliberation är central vilket också synliggör hållbarhetsfrågornas komplexa aspekter.

Lärares perspektiv på undervisning utifrån hållbarhetsfrågor

Diskussioner med inslag av etiska och moraliska frågor har traditionellt sett inte varit en del av undervisningstraditionen i naturvetenskapliga ämnen (Roberts, 2007). Lärare uttrycker ofta att undervisning i naturvetenskap handlar om att eleverna ska lära sig fakta samt att undervisningen ska vara värderingsfri (Simonneaux, 2008). Enligt en studie av Borg, Gericke, Höglund & Bergman (2012) känner sig lärarna i de naturvetenskapliga ämnen säkra på att arbeta med hållbarhetsfrågor så länge dessa fokuserar på fakta, men mindre säkra när det kommer till att inkludera lärande för hållbar utveckling utifrån ett pluralistiskt perspektiv. Svårigheter att integrera hållbarhetsfrågor i undervisningen, avsaknad av inspirerande exempel, relevans i relation till ämnet samt brist på nya metoder, kunskap, stöttning och tid lyfts som hindrande faktorer (Rudsberg & Öhman, 2010; Borg et al., 2012; Ekborg, Ottander, Silver & Simon, 2013).

METODOLOGI

Ett pragmatiskt perspektiv på lärande

Studien tar avstamp i ett pragmatiskt perspektiv på lärande, inspirerat av Deweys teorier om lärande och Wittgensteins senare verk. Ett pragmatiskt perspektiv på lärande och meningsskapande innebär att lärandet ses som situerat och något som sker i ett socialt sammanhang. För att lära sig något nytt utgår människor från det de redan vet och de tidigare erfarenheter som är relevanta för den aktivitet som pågår (Wickman, 2013). Dewey (1925/1995) menar att kommunikation ger möjlighet till omprövning och revidering av vanor utifrån aktivitetens syfte och ur detta växer ett meningsskapande. Samspelet med omgivningen är då centralt för transformation av erfarenheter.

Design based research

Det praktiska genomförandet av studien är inspirerat av Design Based Research (DBR). DBR är en praktikinära forskningsmetod som syftar till att utveckla utbytet mellan forskningen och skolpraktiken (McKenney & Reeves, 2014; Andersson & Shattuck, 2012). I DBR är både forskare och lärare aktiva i att producera meningsfulla förändringar i undervisningen (McKenney & Reeves, 2014; The Design based research collective, 2003). En designstudie innebär att en intervention planeras och genomförs i flera cykler. Med en cykel menas här att undervisning, utifrån tentativa designprinciper, planeras, genomförs och analyseras. Analysen ligger sedan till grund för revidering av design-

principerna. Mellan varje cykel genomförs således förändringar som syftar till att utveckla och förfinas designprinciper till nästa cykel (The design based research collective, 2003). Genom att arbeta med att utveckla designprinciper i samarbete med undervisande lärare kan undervisning och ny kunskap utvecklas. DBR syftar alltså till att vara både praktik- och teorigenererande (McKenney & Reeves, 2014).

De tentativa designprinciper som formulerades inför föreliggande studie var att elevernas aktivitet skulle innefatta demokratisk deliberation för att synliggöra motstridiga perspektiv och värderingar samt att innehållet skulle väljas så att kunskaper i kemi efterfrågas i dessa resonemang. Dessa formulerades utifrån lärarnas erfarenheter samt den tidigare forskning och lärandeteori som presenterats ovan.

Didaktisk modellering

Designstudien genomförs som en del av en didaktisk modellering (se artikel av Wickman, Lundegård & Hamza i detta nummer). Didaktisk modellering innebär här att undervisning planeras, genomförs och analyseras i cykler med syfte att utveckla en didaktisk modell. Wickman (2014) menar att en didaktisk modell bygger på hur didaktisk teori samspelar med praktik och syftar till att användas av lärare vid didaktisk analys för planering, genomförande och utvärdering av undervisning. Wickman menar vidare att detta innebär att didaktiska modeller måste utvecklas och modifieras i samverkan med lärare.

Metodologiskt finns flera beröringspunkter mellan didaktisk modellering och designstudier, exempelvis det nära samarbetet mellan praktik och teori samt att varken designstudier eller didaktisk modellering syftar till att skapa slutgiltiga modeller utan modeller som ständigt kan revideras och förfinas (The design based research collective, 2003; Wickman, 2014). En skillnad mellan DBR och didaktisk modellering är dock det förväntade kunskapsbidraget. Didaktisk modellering syftar till att utveckla en didaktisk modell medan en designstudie syftar till att utveckla designprinciper. I föreliggande studie utvecklas således både en didaktisk modell och designprinciper. Dessa kan komplettera varandra genom att den didaktiska modellen är mer övergripande och designprinciperna kan precisera användning av den.

SYFTE OCH FORSKNINGSFRÅGOR

Studien avser att utveckla en didaktisk modell som syftar till att analysera komplexitet i elevers deliberation om kemiundervisningens hållbarhetsfrågor. Studien syftar också till att undersöka hur undervisning kan designas för att stötta eleverna i att uppmärksamma den komplexitet som föreligger i dessa frågor samt hur denna undervisning kan bidra till naturvetenskaplig medborgarbildning.

Syftet konkretiseras i följande frågeställningar:

1. Vilka överväganden kan urskiljas när eleverna får möjlighet att delta i demokratisk deliberation om hållbarhetsfrågor i kemiundervisning?
2. Hur kan en didaktisk modell med syfte att analysera komplexitet i elevers deliberation utarbetas utifrån dessa överväganden?
3. Hur kan kemiundervisning designas för att stötta elever i att uppmärksamma komplexitet i hållbarhetsfrågor?

GENOMFÖRANDE

Studien genomfördes iterativt i två cykler i ett nära samarbete mellan undervisande lärare och forskare, såväl vid planering som genomförande. Trots de stora skillnader som finns mellan cyklerna har vi valt att benämna interventionerna som cykel 1 respektive cykel 2. Anledningen till detta är att planeringen och genomförandet av cykel 2 utgick från analysen av cykel 1. Då vi erfor att ämnesinnehållet och undervisningsmetoderna i cykel 1 inte stöttade eleverna i att uppmärksamma komplexiteten valde vi att förändra såväl innehållet som formen till nästa cykel. Nedan beskrivs hur de tentativa och reviderade designprinciperna konkretiserats i respektive cykel.

Cykel 1

Datainsamling

Cykel 1 genomfördes tillsammans med två kemilärare på en kommunal gymnasieskola i Stockholm med elever på Naturvetenskapliga programmet i årskurs 1, inom kursen kemi 1. Studien genomfördes i två klasser med sammanlagt 60 elever. Elevsamtal mellan elever i en av klasserna spelades in med video. Tre elevgrupper med tre till fem elever i varje grupp spelades in, totalt ingick 12 elever. Samtalen varade i ca 30 minuter.

Undervisningens genomförande

Inledningsvis arbetade eleverna med teori om elektrokemi. Därefter introducerades ett grupparbete där eleverna undersökte ett av sex givna batterityper. Arbetet redovisades på en poster. Därefter följde den inspelade lektionen som planerades utifrån de tentativa designprinciperna (se s. 271). Syftet med lektionen var att eleverna skulle använda sina kunskaper i kemi för att diskutera och ta ställning i hållbarhetsfrågor rörande batterier. Vid den inspelade lektionen hade eleverna möjlighet att söka information i kemiboken och på internet samt rådfråga andra elever eller läraren. Grupperna var sammansatta så att varje grupp innehöll elever som tidigare arbetat med olika batterier. Varje grupp blev tilldelade en av följande diskussionsuppgifter:

- Välj batteri till "smarta glasögon", diskutera för och nackdelar med de batterier ni arbetat med i de olika grupperna samt välj och motivera vilket batteri som du tycker är mest lämpligt.
- Välj batteri till "smart träningströja", diskutera för och nackdelar med de batterier ni arbetat med i de olika grupperna samt välj och motivera vilket batteri som du tycker är mest lämpligt.
- Välj batteri till "rymdraketen", diskutera för och nackdelar med de batterier ni arbetat med i de olika grupperna samt välj och motivera vilket batteri som du tycker är mest lämpligt.

Cykel 2

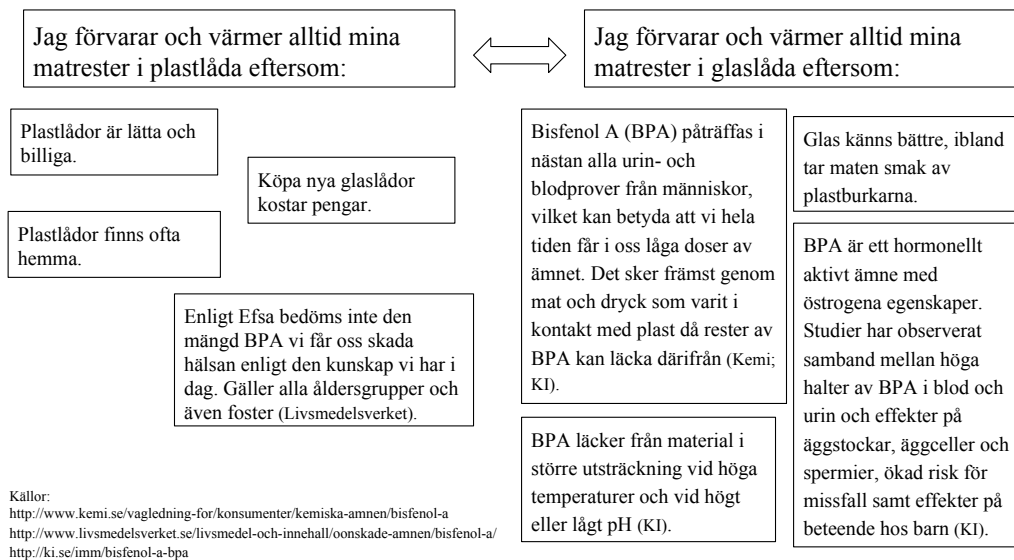
Datainsamling

Cykel 2 genomfördes tillsammans med tre kemilärare på två kommunala gymnasieskolor i Stockholm. Vid studiens genomförande var förstaförfattaren kemilärare på en av skolorna. Eleverna deltog i kursen kemi 2, i årskurs två (60 elever) respektive årskurs tre (51 elever) på Naturvetenskapliga programmet. Samtal med elva grupper, om tre till fyra elever, spelades in med video. Totalt deltog 38 elever. Samtalen varade 30–60 minuter. Eleverna i årskurs två deltog även i cykel 1. Cykel 2 genomfördes ca sex månader efter cykel 1.

Undervisningens genomförande

Inledningsvis arbetade eleverna med ett förberedande undervisningsmoment där teoriundervisning om miljökemi och miljögifter varvades med arbete i grupp. I grupperna valde eleverna en vardagsprodukt innehållandes ett organiskt miljögift som de undersökte. Därefter följde den inspelade lektionen som planerades utifrån de reviderade designprinciperna (se s. 278). För att stötta eleverna i att uppmärksamma osäkerhet valdes ett innehåll i forskningens framkant. Eleverna formulerade egna motsatta påståenden med argument för de båda "sidorna" för att synliggöra motstridiga perspektiv och värderingar. Syfte med lektionen var att eleverna skulle använda sina kunskaper i kemi för att diskutera och ta ställning i frågor rörande organiska miljögifter i vardagsprodukter samt att eleverna

skulle uppmärksamma olika perspektiv och tänkbara konflikter i dessa frågorna. Vid den inspelade lektionen hade eleverna möjlighet att söka information i kemiboken och på internet samt rådfråga andra elever eller läraren. Grupperna var sammansatta så att varje grupp innehöll elever som tidigare arbetat med olika produkter och miljögifter. Lektionen inleddes med att läraren visade och diskuterade följande exempel med eleverna:



Figur. 1. Introduktion till elevernas aktivitet i cykel 2

Därefter fick grupperna följande instruktioner:

- Redogör kort för innehållet i era respektive rapporter/tidigare diskussioner.
- Formulera ett dilemma (motsatta påståenden) som rör hur man kan resonera runt en vardagsprodukt innehållandes ett organiskt miljögift.
- Hitta argument som stödjer eller motsäger era påståenden. Anteckna på post-it lappar. En färg för varje "sida", placera dessa under respektive påstående på ett A3-papper.
- Vad tycker du? Motivera och diskutera era egna ställningstaganden i frågan.

Exempel på dilemma grupperna formulerade och diskuterade var: "Poppa popcorn i mikro - poppa popcorn i kastrull", "Leksaker av plast - leksaker av andra material", "Använda kläder med Gore-Tex - använd kläder utan Gore-Tex", "Släcka bränder med brandskum innehållandes perfluorerade ämnen - släcka bränder med vatten", "Välja tandkräm med triclosan - välj tandkräm utan triclosan".

ANALYS

Det inspelade materialet transkriberades i sin helhet. För att analysera materialet och följa elevernas meningsskapande har Praktisk Epistemologisk Analys och Deliberative Educational Questions använts som analysverktyg. Dessa presenteras närmare nedan.

Praktisk Epistemologisk Analys och Deliberative Educational Questions

Den kvalitativa analysen tar avstamp i en didaktisk modell för analyser av klassrumssamtal, Deliberative Educational Questions (DEQ) (Lundegård & Wickman, 2007), som baseras på Praktisk Epistemologisk Analys (PEA) (Wickman & Östman, 2002; Wickman, 2004). PEA har utvecklats som en metod för att analysera lärande och meningsskapande och bygger på ett pragmatiskt perspektiv på lärande. PEA utgår från fem begrepp; syfte, stå fast, mellanrum, relation, möte (Wickman & Östman, 2002). Dessa begrepp handlar om hur elever i *möten* med varandra och omgivningen använder språk och andra handlingar för att foga samman tidigare erfarenheter med nya sätt att göra och tala om saker. Alla kommunikativa möten utgår från att något *står fast* mellan de som ingår i en situation, annars skulle kommunikationen inte upprätthållas. När nya *mellanrum* uppstår mellan de samtalande och dessa fylls med *relationer*, så transformeras den erfarenhet som behövs för att komma vidare (Wickman, 2013). Vid PEA är det dock inte de individuella elevernas uttalande och handlande som är intressanta att analysera utan hur innehållet skapas genom de transaktioner som utgör processen (Lundegård & Wickman, 2007).

DEQ är en didaktisk modell som används för att synliggöra de överväganden som elever möter i sin diskussion om hållbarhetsfrågor (Lundegård & Wickman, 2007; 2012). I den ena individens uttalande finns det ofta en valmöjlighet inbyggd, för den andre att ta ställning till genom att antingen ifrågasätta eller acceptera påståendet. Dessa pågående valmöjligheter påverkar sålunda vilken riktning samtalet tar och vilket meningsskapande som utvecklas. I det ständiga utbytet av kommunikativa handlingar tvingas eleverna kliva fram på arenan och blotta sig i sina fortgående ställningstaganden, *“I am forced to either connect with one of the distinctions (s)he has made, or to create my own new distinction”* (Lundegård & Wickman, 2012, s. 165). Analysmetoden innebär att omformulera de mellanrum som uppmärksammas i elevers samtal till deliberativa frågor. Mellanrummet är svaret på den fråga som (implicit) besvaras genom att det knyts en relation mellan elevernas yttranden. Dessa överväganden kan förstås som de val eleverna gör då de ges möjlighet att uppmärksamma olika värderingar och intressekonflikter (Lundegård & Wickman, 2007).

I denna studie görs en distinktion mellan DEQ som innebär överväganden med ett mer faktamässigt innehåll och överväganden med ett mer värdemässigt innehåll. Vi ser dock dessa kategorier som delvis överlappande. Ofta är det problematiskt att skilja fakta från värdeomdömen (Lundegård & Wickman, 2007; Wickman, 2013). Wickman (2004) menar att inläringen av fakta alltid ackompanjeras av värderingar, om inte annat i termer av att eleverna lär sig om de gillar det de håller på med eller inte. I denna studie ser vi det som att samtalet i sin helhet har ett värderande syfte och mål men att vissa val på vägen har ett faktamässigt innehåll.

I excerpten nedan visas ett exempel på hur DEQ analysen genomförts. Syftet med samtalet är att diskutera och jämföra mikropopcorn respektive kastrullpopcorn. I sekvensen diskuterar eleverna förekomsten av perfluorerade ämnen i mikropopcorn.

1. Elin: vad har det för effekter på...?
2. Frida: det kan vara hormonstörande.
(Mellanrum uppmärksammas: är effekten hormonstörande?)
3. Elin: men också om man tänker på att det är barn igen som konsumerar mest...
4. Jonas: mmm
(Mellanrum uppmärksammas: är det relevant att barn har en högre konsumtion?)
5. Elin: ...dom är ju känsligare.
6. Frida: just det.
(Mellanrum uppmärksammas: är barn känsligare?)

Ur det korta meningsutbytet kan tre DEQ urskiljas ur de mellanrum som uppmärksammades i transaktionen mellan eleverna.

- 1: *Är en effekt av perfluorerade ämnen att det är hormonstörande eller inte?*
- 2: *Bör hänsyn tas till barnens högre konsumtion av popcorn eller inte?*
- 3: *Är barn känsligare för påverkan än vuxna eller inte?*

DEQ 1 och 3 betraktas här som med ett framförallt faktamässigt innehåll medan DEQ 2 har ett mer värdemässigt innehåll.

I föreliggande studie genomfördes analysen i två steg som båda utgick från de DEQ som urskilts i elevernas samtal. Det första steget i analysen syftade till att utveckla den didaktiska designen av undervisningen (forskningsfråga 3). Först analyserades de DEQ som urskildes i cykel 1 utifrån de olika aspekterna av komplexitet som formulerats i studien. Utifrån analysen reviderades designprinciperna inför cykel 2. Efter genomförandet av cykel 2 analyserades de DEQ som urskildes där.

Det andra steget syftade till att utarbeta en didaktisk modell (forskningsfrågorna 1 och 2). Denna analys utfördes efter att de båda cyklerna var genomförda. Samtliga DEQ analyserades då för att undersöka om några kategorier av överväganden som synliggör komplexitet kunde utkristalliseras. Utifrån de kategorier som uppkom utarbetades den didaktiska modellen (tabell 1). Slutligen användes den didaktiska modellen för att kvantitativt analysera DEQ i cykel 1 respektive 2 (tabell 3).

RESULTAT

Vilka överväganden kan urskiljas när eleverna får möjlighet att delta i demokratisk deliberation om hållbarhetsfrågor i kemiundervisning?

För att besvara forskningsfråga 1 analyserades och kategoriserades de DEQ som uppkommer i de båda cyklerna. De mönster som utkristalliserades beskrivs efter excerpten.

Nedan visas ett samtal mellan tre elever i cykel 2 som syftar till att diskutera dilemmat *“leksaker till barn i plast - leksaker i andra material”* som de själva har formulerat. Excerpten har valts då de är exempel på samtal där karakteristiska DEQ går att identifiera i cykel 2. De används här för att exemplifiera och tydliggöra hur olika typer av överväganden kan ta sig uttryck. Tidigare i samtalet har eleverna uppmärksammat att leksaker i plast kan innehålla ftalater. Nedan använder eleverna inte begreppet ftalater utan istället *“det”*, *“såna grejer”*, *“miljögifterna”* samt *“ämnet”*.

1. Adele: ni som jobbade med plast, fick ni fram något om argument *det* är skadligt för hälsan?
2. Kim: alltså man vet ju inte säkert, fortfarande...men att man inte vet är ju snarare orsak att låta bli, att vara försiktig, försiktighetsprincipen. Vi kan ju komma på några...
3. Adele: motargument?
4. Kim: Ja, öhhh ... det är osäkert och det är risk för exponering, eller det är ju en exponering.
5. Anna: det beror väl på om det är *såna grejer* i plasten
6. Kim: jo, precis.
DEQ 1: Är ftalater skadligt för hälsan eller vet forskarna inte säkert?
DEQ 2: Bör vi chansa på att det inte är farligt eller resonera utifrån försiktighetsprincipen, när vi inte vet säkert?
DEQ 3: Blir vi alltid exponerade om det finns “såna grejer” i plasten eller inte?
[...]
7. Kim: men om man gör sig av med alla plastleksaker, måste man ju ersätta dom på något sätt
8. Emilie: det är inte ekonomiskt hållbart
9. Anna: men jag tänker också, kommer *miljögifterna* minska om man så här återvinner leksakerna? Om dom har gått flera generationer.
10. Kim: att dom redan gett ifrån sig liksom...? Kanske?
11. Anna: är det någon skillnad?

12. Kim: men om det är så här, eller det finns ju en begränsad mängd av *ämnet* liksom i ytskiktet av leksaken, så så småningom borde det väl... men jag vet inte under hur lång period den kan fortsätta släppa ifrån sig.
13. Anna: och hur ser leksaken ut när alla...
14. Kim: ja, precis. Den bryts långsamt ner och blir hårdare och hårdare...och till slut har den släppt ut alla...Ja.
 DEQ 4: Bör plastleksaker ersättas med andra leksaker eller blir det inte ekonomiskt hållbart?
 DEQ 5: Läcker ftalater ut över tid eller är koncentrationen i ytskiktet konstant?
 DEQ 6: Kommer det märkas någon skillnad på materialet när ftalaterna läckt ut eller kommer det vara likadant?

En analys av elevernas meningsutbyte visar att deras överväganden rör sig på flera olika nivåer. Ibland har de ett faktamässigt innehåll där faktakunskap finns tillgänglig (DEQ 3, DEQ 5, DEQ 6). Andra gånger efterfrågas faktakunskaper som inte ännu finns att tillgå på området (DEQ 1). Vad gäller elevernas värdemässiga överväganden är dessa ibland sådana att faktakunskaper tillsammans med andra erfarenheter och värderingar kan vägleda eleverna i deras ställningstaganden (DEQ 4) men ibland stöter eleverna på värdemässiga frågor där fakta saknas (DEQ 2).

Hur kan en didaktisk modell med syfte att analysera komplexitet i elevers resonemang utarbetas utifrån dessa överväganden?

Vid analysen av samtliga DEQ utkristalliserades fyra olika typer av överväganden enligt ovan. Dessa kategorier användes för att utarbeta den didaktiska modellen nedan (tabell 1). Samtliga DEQ som urskildes i elevernas samtal kunde kategoriseras enligt den didaktiska modellen.

Tabell 1. Didaktisk modell för analys av komplexitet i deliberation om hållbarhetsfrågor.

Faktamässiga överväganden	
Faktakunskaper efterfrågas för att hantera övervägandet.	
- med tillräcklig faktakunskap (DEQ 3, 5, 6) Faktakunskap finns att tillgå.	- med otillräcklig faktakunskap (DEQ 1) Faktakunskap finns (ännu) inte att tillgå varken bland eleverna, lärare eller forskningssamhället.
Värdemässiga överväganden	
Faktakunskaper, värderingar och andra erfarenheter efterfrågas för att hantera övervägandet. Elevernas ställningstaganden kan bli olika beroende på deras värderingar och erfarenheter.	
- med tillräcklig faktakunskap (DEQ 4) Faktakunskap finns att tillgå.	- med otillräcklig faktakunskap (DEQ 2) Faktakunskap finns (ännu) inte att tillgå.

I föreliggande studie undersöks olika aspekter av komplexitet i elevers deliberation. En av dessa aspekter är att kemi efterfrågas, vilket i modellen ovan kan synliggöras i faktamässiga överväganden. En annan aspekt är att motstridiga perspektiv och värderingar uppmärksammas, vilket i modellen synliggörs i värdemässiga överväganden. Ytterligare en aspekt är frågornas ofullständighet och osäkerhet, vilket i modellen framförallt synliggörs i överväganden med otillräcklig faktakunskap. För att synliggöra komplexitet berörs alltså faktamässiga och värdemässiga överväganden, med både tillräcklig och otillräcklig faktakunskap. Överväganden i samtliga fyra kategorier behövs följaktligen för att synliggöra komplexitet i kemiundervisningens hållbarhetsfrågor.

Didaktisk modellering av komplexa hållbarhetsfrågor i gymnasiet kemiundervisning

Vi vill här betona att värdemässiga och faktamässiga överväganden kan vara överlappande samt att faktakunskap inte är antingen tillräcklig eller otillräcklig utan att dessa kategorier är delar av ett kontinuum.

I tabell 2 visas exempel på hur dessa olika typer av överväganden kan ta sig uttryck i elevers deliberation.

Tabell 2. Exempel på överväganden från cykel 1 respektive cykel 2.

Faktamässiga överväganden	
- med tillräcklig faktakunskap	- med otillräcklig faktakunskap
<p>Cykel 1</p> <p>Är det skillnad på alkaliska laddningsbara och engångsbatterier eller inte?</p> <p>Är alkaliska eller Li-I batterier starkare?</p>	<p>Cykel 1</p> <p>Kan vi minska mängden alger eller kan det finnas ett syfte med att det finns mycket alger som vi inte känner till?</p> <p>Kommer algbatteriet kunna uppfylla alla de krav vi har satt upp eller inte?</p>
<p>Cykel 2</p> <p>Finns ftalater i alla mjukplaster eller bara i vissa?</p> <p>Lagras högfluorerade ämnen i fettvävnad eller lagras de inte alls?</p>	<p>Cykel 2</p> <p>Innehåller mikropopcorn tillräckligt höga halter av PFOA för att kunna påverka eller är dosen för liten?</p> <p>Är ftalater skadligt för hälsan eller vet inte forskarna säkert?</p>
Värdemässiga överväganden	
- med tillräcklig faktakunskap	- med otillräcklig faktakunskap
<p>Cykel 1</p> <p>Är alkaliska eller Li-I batteri det bästa alternativet i dagsläget?</p> <p>Har alkaliska eller Li-I batterier har mest nackdelar?</p>	<p>Cykel 1</p> <p>Är det värt risken med algbatteriet eller är det bättre att fortsätta använda de gamla mindre miljövänliga batterierna?</p> <p>Kommer skördandet av alger ske försiktigt eller finns det en risk att någon tar för mycket om man kan tjäna pengar på det?</p>
<p>Cykel 2</p> <p>Vilka fördelar finns med mikropopcorn jämfört med kastrullpopcorn?</p> <p>Skulle det vara jobbigt att segla eller vara ute i naturen utan Gore-Tex kläder eller inte?</p>	<p>Cykel 2</p> <p>Bör vi ta hänsyn till cocktaileffekten när vi pratar om doser eller inte?</p> <p>Tycker du att miljögifter fyller en viktig funktion i någon av de produkter som vi har diskuterat som motiverar fortsatt användning av dem eller bör vi sluta använda dem?</p>

Hur kan kemiundervisning designas för att stötta elever i att uppmärksamma komplexitet i hållbarhetsfrågor?

Nedan beskrivs i vilken utsträckning de olika aspekterna av komplexitet uppmärksammades av eleverna samt hur designen reviderades till cykel 2.

Cykel 1

Vad gäller motstridiga perspektiv och värderingar synliggjordes dessa inte i elevernas överväganden med tillräcklig faktakunskap, utan här var eleverna överens om hur fakta ska värderas. Eleverna resonerade som att det går att hitta ett batteri som är energirikt, miljövänligt, billigt och litet. Ingen elev reflekterade heller över om produkterna behövs. Att frågan kan ses ur olika perspektiv och att olika intressenter kan ha olika tolkningar av problemet och dess lösningar berördes i större utsträckning i värdemässiga överväganden med otillräcklig faktakunskap. Dessa förekom dock i liten utsträckning i cykel 1 och då endast i relation till algbatteriet.

Eleverna i cykel 1 efterfrågade i stor utsträckning kunskaper i kemi. Dessa överväganden handlade framförallt om olika batteriers egenskaper samt om jämförelser mellan olika batterier.

I cykel 1 formulerades endast sju (se tabell 3) överväganden som synliggjorde osäkerhet och ofullständighet, och då enbart i resonemang runt algbatteriet.

Revidering av designprinciper inför cykel 2

Då analysen av cykel 1 visade att eleverna i låg utsträckning uppmärksammade komplexitet reviderades designprinciperna till cykel 2.

I cykel 2 undersöktes om motstridiga perspektiv och värderingar tydligare kunde uppmärksammas genom att elevernas aktivitet explicit efterfrågar detta. Aktiviteten designades därför så att eleverna skulle formulera dilemman om en vardagsprodukt innehållandes organiska miljögifter (*exempelvis: jag äter alltid mikropopcorn - jag äter alltid kastrullpopcorn*) med för- och motargument för de båda ställningstagandena (se s. 272-273).

I cykel 1 synliggjordes frågans ofullständighet och brist på lösningar endast i förhållande till algbatteriet där elever, lärare och forskare har otillräcklig faktakunskap. I cykel 2 undersöktes därför om eleverna tydligare kunde uppmärksamma osäkerhet att när aktiviteten tar avstamp i frågor i forskningens framkant. Utifrån detta bestämdes att cykel 2 skulle handla om organiska miljögifter i vardagsprodukter.

De reviderade principerna för designen i cykel 2 var således dels att explicit efterfråga motstridiga perspektiv och värderingar samt dels att utgå från frågor i forskningens framkant. Att välja ett innehåll så att kunskaper i kemi efterfrågas i elevernas resonemang kvarstår som designprincip.

Cykel 2

Även i cykel 2 var det framförallt i värdemässiga överväganden med otillräcklig faktakunskap som eleverna diskuterade olika perspektiv, konflikter mellan dessa och tog ställning. De ifrågasatte explicit behovet av en del av produkterna och användningen av miljögifter i dessa: *Ska vi utgå från försiktighetsprincipen när det gäller produkter som inte är livsnödvändiga eller ska vi använda dom ändå?*

I cykel 2 efterfrågades kunskaper i kemi i stor utsträckning. Dessa överväganden handlade framförallt om förekomst av miljögifter i olika produkter, vad som händer med miljögiften i kroppen, om miljögiftets egenskaper, om vilka doser som är skadliga, exponering samt om vad som är "bevisat".

Eleverna i cykel 2 uppmärksammade ofullständighet och osäkerhet i stor utsträckning. Detta visade sig dels som överväganden som explicit pekar på osäkerhet: *Kan forskning bevisa samband mellan ftalater och astma/allergier eller är forskarna oense?* samt dels som överväganden om risk och försiktighet: *Är det ok att exponeras för ftalater eftersom vi inte vet om alla är hormonstörande eller är det en onödig risk att ta?*

Kvantitativ sammanställning av överväganden i cykel 1 respektive cykel 2

En kvantitativ sammanställning (tabell 3) visar att de DEQ som uppkom i cykel 1 framförallt handlade om överväganden med tillräcklig faktakunskap, både med faktamässigt och värdemässigt innehåll. I cykel 2 syntes en jämnare fördelning av överväganden mellan de fyra kategorierna, vilket innebär att andelen värdemässiga överväganden respektive överväganden med otillräcklig faktakunskap ökade i cykel 2. Genom den nya designen i cykel 2 stöttades eleverna i att uppmärksamma komplexiteten i större utsträckning.

Tabell 3. Kvantitativ sammanställning av överväganden i cykel 1 respektive 2.

Faktamässiga överväganden	
- med tillräcklig faktakunskap	- med otillräcklig faktakunskap
Cykel 1: 78 st.	Cykel 1: 3 st.
Cykel 2: 160 st.	Cykel 2: 65 st.
Värdemässiga överväganden	
- med tillräcklig faktakunskap	- med otillräcklig faktakunskap
Cykel 1: 30 st.	Cykel 1: 4 st.
Cykel 2: 73 st.	Cykel 2: 80 st.

I den första cykeln formulerades 115 DEQ och i den andra 378 DEQ. Skillnaden kan förklaras med att det inspelade materialet var mer omfattande i cykel 2 (se s. 272).

Sammanfattning av resultat

I studien utkristalliserades fyra olika typer av överväganden. Dessa överväganden rör fakta och värderingar i relation till tillräcklig respektive otillräcklig faktakunskap. Utifrån dessa överväganden utarbetades en didaktisk modell som syftar till att analysera komplexitet i elevers resonemang.

I studien utvecklades också tre designprinciper:

- att explicit efterfråga motstridiga perspektiv och värderingar.
- att välja ett innehåll så att kunskaper i kemi efterfrågas i elevernas resonemang.
- att utgå från frågor i forskningens framkant.

DISKUSSION

De två första frågeställningarna handlar om vilka sorts överväganden som elever möter i deliberation om hållbarhetsfrågor samt hur en didaktisk modell för analys av komplexitet i elevers resonemang kan utarbetas utifrån dessa överväganden.

Den naturvetenskapliga undervisningstraditionen har haft ett stort fokus på fakta (Holbrook, 2010; Simonneaux, 2008) och i hållbarhetsfrågor hyser lärare i naturvetenskapliga ämnen ofta en förhoppning om att eleverna ska resonera utifrån relevanta faktakunskaper (Chang Rundgren & Rundgren, 2010). I föreliggande studie förekommer faktamässiga överväganden i stor utsträckning, vilket tyder på att eleverna efterfrågar kunskaper i kemi för att ta sig vidare i aktiviteten. Således erbjuder aktiviteterna eleverna möjlighet att delta i samtal där kemi behövs och efterfrågas, vilket är viktigt för att ämnet ska vara relevant i förhållande till hållbar utveckling (Burmeister et al., 2012; Sjöström et al., 2015). Men för att bidra till utveckling av ansvarsfulla medborgare behöver ämneskunskaper också sättas i ett socialt sammanhang (Holbrook 2010).

Vad gäller värdemässiga överväganden visar tidigare studier (t.ex. Sandell et al., 2003; Van Poeck och Vandenabeele, 2012) på vikten av att skolan erbjuder en arena där eleverna får möta motstridiga perspektiv och värderingar. Detta stärker elevernas demokratiska kompetens (Lundegård & Wickman, 2007). Flera studier pekar också på vikten av att undervisningen explicit synliggör konflikter mellan motstridiga perspektiv och värderingar för att uppmärksamma den komplexitet som finns i hållbarhetsfrågor (Öhman, 2008; Öhman & Öhman, 2012) och att det ur ett demokratiskt perspektiv är viktigt att komplexiteten inte skalas bort (Sund, 2015). I föreliggande studie synliggörs motstridiga perspektiv och värderingar framförallt i kategorin värdemässiga överväganden med otillräcklig faktakunskap. I cykel 2 handlar dessa i stor utsträckning om sammanhang där eleverna resonerar om försiktighetsprincipen och cocktaileffekten samt om hur de ska förhålla sig till hållbarhetsfrågor då faktakunskap inte finns att tillgå. Här erbjuds möjlighet för eleverna att erfara olika perspektiv och värderingar samt att ta ställning (Lundegård & Wickman 2007; Van Poeck och Vandenabeele, 2012). Tidigare studier har också visat att elever ofta använder personlig erfarenhet och värderingar när det inte finns tydliga fakta att tillgå (Chang Rundgren & Rundgren, 2010). Både föreliggande studie och tidigare forskning pekar följaktligen på vikten av att både faktamässiga och värdemässiga överväganden uppmärksammas i den naturvetenskapliga undervisningen.

Föreliggande studie visar att överväganden med otillräcklig faktakunskap ofta berör frågor i forskningens framkant där det finns en osäkerhet eller otillräcklighet i kunskapsinnehållet. Inom den pluralistiska undervisningstraditionen ses osäkerhet inom hållbarhetsfrågor som en viktig beståndsdel, där naturvetenskap inte kan visa den "rätta" vägen att handla (Sund, 2015). I frågor som saknar enkla lösningar måste var och en måste argumentera för de val som görs (Rudsberg & Öhman, 2010). Att ställas inför överväganden där det inte finns några svar är viktigt för att synliggöra frågans komplexitet (Simonneaux, 2008). Både frågor inom SSI och wicked problems handlar om att möta och diskutera samhällsutmaningar som är komplexa, kontroversiella och med stor grad av osäkerhet (Simonneaux, 2008) samt svåra att lösa på grund av ofullständiga, motsägelsefulla och föränderliga krav på kunskapsinnehåll (Weber & Khademian, 2008). Studien visar att denna osäkerhet och föränderlighet i stor utsträckning berörs av eleverna i cykel 2, exempelvis när Kim (s. 275) säger: *alltså man vet ju inte säkert, fortfarande... men att man inte vet är ju snarare orsak att låta bli, att vara försiktig, försiktighetsprincipen.*

Bildung innebär både att utvecklas som individ i samhället samt att utveckla ett ansvarsfullt förhållningssätt i relation till samhället (Sjöström et al., 2017; Wickman et al., 2012). I föreliggande studie diskuterar eleverna personliga och samhälleliga aspekter av vilka följer deras val kan få för dem själva och andra, nu och i framtiden. Här får de användning av både faktamässiga och värdemässiga kunskaper. Studien pekar alltså på att kemiundervisning kan vara både relevant och nödvändig för utveckling av Bildung.

Studiens tredje frågeställning undersöker hur undervisning kan designas för att stötta eleverna i att uppmärksamma komplexitet. I studiens två cyklerna deltar olika antal elever där relativt få elever deltog i cykel 1. Möjligtvis skulle resultatet i cykel 1 blivit annorlunda om ett större antal elever hade deltagit. Det finns också en skillnad i ämnesinnehåll, där cykel 1 handlar om batterier och cykel 2 om

organiska miljögifter. Detta kan också ha bidragit till skillnader i resultatet mellan de olika cyklerna. Syftet med studien är dock inte att jämföra de två cyklerna utan att undersöka hur undervisning kan designas för att stötta eleverna att uppmärksamma komplexiteten i hållbarhetsfrågor. Då komplexitet inte uppmärksammades i någon större utsträckning i cykel 1 vill vi understryka att hållbarhetsfrågor i kemiundervisning inte nödvändigtvis erbjuder möte med komplexa frågor eller synliggör komplexitet i elevers resonemang.

I studien utvecklas både en didaktisk modell och tre designprinciper. För att diskutera hur dessa kan komplettera varandra utgår vi från tre didaktiska frågor (Wickman, 2014): *Vilket* innehåll ska undervisas? *Hur* ska detta innehåll undervisas. *Varför* detta innehåll och *varför* dessa metoder? En didaktisk modell kan stötta lärare i att utveckla och använda ett gemensamt språk som behövs för att diskutera (i detta fallet) vad komplexitet i hållbarhetsfrågor inom naturvetenskapliga ämnen kan vara och hur det kan analyseras. Modellen kan också vara ett verktyg för didaktisk analys och ett redskap att reflektera över och motivera sina val i undervisningen, vilket knyter an till *varför*-frågorna ovan. Wickman (2014) menar också att ett syfte med didaktisk forskning är att ge lärare redskap att göra dessa val och motivera dem utifrån vetenskaplig grund. Däremot ger den didaktiska modellen som utarbetas här ingen konkret vägledning i *vilket* innehåll som ska väljas och *hur* detta ska undervisas. Här kan däremot designprinciper precisera hur kemiundervisning om komplexa hållbarhetsfrågor kan planeras och genomföras.

En av de tre designprinciperna är att utgå från frågor i forskningens framkant, vilket kan vara ett sätt att stötta eleverna i att uppmärksamma komplexitet i hållbarhetsfrågor och då framförallt vad gäller frågornas osäkerhet. En annan princip är att välja ett innehåll så att eleverna efterfrågar kunskaper i kemi i sina resonemang. Ytterligare en designprincip är att explicit efterfråga olika perspektiv för att ge eleverna möjlighet att uppmärksamma motstridiga perspektiv och värderingar i högre utsträckning. De två första av dessa designprinciper kan ge vägledning om *vilket* innehåll som kan undervisas och den tredje om *hur* undervisningen kan organiseras. Många lärare efterfrågar nya metoder och stöttning i att arbeta med hållbarhetsfrågor ur ett pluralistiskt perspektiv inom naturvetenskapliga ämnen (t.ex. Borg et al., 2012; Ekborg et al., 2013). Vår intention är att den modell och de designprinciper som utvecklas här kan vara ett stöd för lärare vid design av undervisning som syftar till att stötta elever i att uppmärksamma komplexitet i hållbarhetsfrågor. Hur den didaktiska modell som utvecklas här och designprinciper kan komplettera varandra behöver dock undersökas vidare.

SLUTSATS

Genom den didaktiska modelleringen kunde fyra olika typer av överväganden identifieras, som samtliga behövs för att synliggöra komplexitet. Dessa överväganden användes för att utarbeta en didaktisk modell. Som en del av den didaktiska modelleringen genomfördes också en designstudie som utvecklade tre designprinciper. Tillsammans med modellen kan dessa vara ett stöd för lärare vid planering, genomförande och utvärdering av kemiundervisningen utifrån komplexa hållbarhetsfrågor. Studien visar också att kemiundervisningen kan bidra till elevernas naturvetenskapliga medborgarbildning.

REFERENSER

- Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education* 69, 453–475. doi:10.1002/sce.3730690403
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. doi:10.3102/0013189X11428813
- Borg, C., Gericke, N., Höglund, H.-O. & Bergman, E. (2012). The barriers encountered by teachers implementing education for sustainable development: discipline bound differences and teaching

- traditions, *Research in Science & Technological Education*, 30(2), 185–207. doi:10.1080/02635143.2012.699891
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 93–102. doi:10.1039/C1RP90067F
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 59–68. doi:10.1039/C1RP90060A
- Chang Rundgren, S.-N. & Rundgren, C.-J. (2010). SEE-SEP – From a separate to a holistic view on socio-scientific issues. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), article 2. https://www.ied.edu.hk/apfslt/v11_issue1/changsn/index.htm#con
- Chang Rundgren, S.-N., & Rundgren, C.-J. (2015). Making chemistry education relevant through mass media. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant chemistry education* (pp. 205–218). Rotterdam: Sense. doi:10.1007/978-94-6300-175-5
- Childs, P., Hayes, S. & O’Dwyer, A. (2015). Chemistry and everyday life: relating secondary school chemistry to the current and future lives of students. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant chemistry education* (pp. 33–54). Rotterdam: Sense. doi:10.1007/978-94-6300-175-5
- Christenson, N., Gericke, N. & Chang Rundgren, S.-N., (2017). Science and Language Teachers’ Assessment of Upper Secondary Students’ Socioscientific Argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(8), 1403-1422. doi:10.1007/s10763-016-9746-6
- Dewey, J. (1925/1995) *Experience and Nature*. New York: Dover.
- Eilks, I. & Hofstein, A. (2015). From some historical reflections on the issue of relevance of chemistry education towards a model and an advance organizer - a prologue. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant chemistry education* (pp. 1–10). Rotterdam: Sense. doi:10.1007/978-94-6300-175-5
- Ekborg, M., Ottander, C., Silfver, E., & Simon, S. (2013). Teachers’ Experience of Working with Socio-scientific Issues: A Large Scale and in Depth Study. *Research in Science Education*, 43(2), 599–617. doi:10.1007/s11165-011-9279-5
- Elmose, S., & Roth, W.-M. (2005). Allgemeinbildung: readiness for living in risk society. *Journal of Curriculum Studies*, 37(1), 11–34. doi:10.1080/0022027041000229413
- Hofstein A., Eilks I. and Bybee R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education: a pedagogical justification and the state of the art in Israel, Germany and the USA. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(6), 1459-1483. doi:10.1007/s10763-010-9273-9
- Holbrook, J. (2010). Education through Science as a Motivational Innovation for Science Education for All. *Science Education International*, 21(2), 80–91.
- Kolstø, S.D. (2006). Patterns in Students’ Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689–1716. doi:10.1080/09500690600560878
- Kreuter, M. W., De Rosa, C., Howze, E. H., & Baldwin, G. T. (2004). Understanding Wicked Problems: A Key to Advancing Environmental Health Promotion. *Health Education & Behavior*, 31(4), 441–454. doi:10.1177/1090198104265597
- Lundegård, I., & Wickman, P.-O. (2007). Conflicts of interest: an indispensable element of education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 13(1), 1–15. doi:10.1080/13504620601122566
- Lundegård, I., & Wickman, P.-O. (2012). It takes two to tango: studying how students constitute political subjects in discourses on sustainable development. *Environmental Education Research*, 18(2), 153–169. doi:10.1080/13504622.2011.590895
- Marks, R., Bertram, S., & Eilks, I. (2008). Learning chemistry and beyond with a lesson plan on potato crisps, which follows a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry lessons - A case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 267–276. doi:10.1039/b812416g
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a sociocritical and problem-oriented

- approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal Of Environmental and Science Education*, 4(3), 231–245.
- Marks, R., & Eilks, I. (2010). Research-Based Development of a Lesson Plan on Shower Gels and Musk Fragrances Following a Socio-Critical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 129–141. doi:10.1039/C005357K
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). Educational design research. In J. M. Spector et al. (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 131–140). New York: Springer. doi:10.1007/978-1-4614-3185-5_11
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship [Elektronisk resurs] teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729–780). Mahwah, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E., ... (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/> doi:10.5751/ES-03180-140232
- Rudsberg, K., & Öhman, J. (2010). Pluralism in practice: Experiences from Swedish evaluation, school development and research. *Environmental Education Research*, 16(1), 95–111. doi:10.1080/13504620903504073
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112–138. doi:10.1002/tea.20042
- Sandell, K., Öhman, J. & Östman, L. (2003). *Miljödidaktik: Naturen, skolan och demokratin*. Lund: Studentlitteratur.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Eduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 179–199). Doetinchem, The Netherlands: Springer.
- Sjöström, J. (2013). Towards “Bildung”-Oriented Chemistry Education. *Science & Education*, 22(7), 1873–1890. doi:10.1007/s11191-011-9401-0
- Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V.G., & Eilks, I. (2017). Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning, *Studies in Science Education*, 53(2), 165–192. doi:10.1080/03057267.2017.1384649
- Sjöström, J., Rauch, F. & Eilks, I. (2015). Chemistry education for sustainability. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant chemistry education* (pp. 163–184). Rotterdam: Sense. doi:10.1007/978-94-6300-175-5
- Sjöström, J., & Talanquer, V. (2014). Humanizing chemistry education: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1125–1131. doi:10.1021/ed5000718
- Sund, P. (2015). Experienced ESD-school teachers’ teaching – an issue of complexity. *Environmental Education Research*, 21(1), 22–44. doi:10.1080/13504622.2013.862614
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. doi:10.3102/0013189X032001005
- Van Poeck, K. & Vandenabeele, J. (2012). Learning from sustainable development: education in the light of public issues. *Environmental Education Research*, 18(4), 541–552. doi:10.1080/13504622.2011.633162
- Weber, E. P., & Khademian, A. M. (2008). Wicked problems, knowledge challenges, and collaborative capacity builders in network settings. *Public Administration Review*, 68(2), 334–349. doi:10.1111/j.1540-6210.2007.00866.x
- Wickman, P. (2004). The Practical Epistemologies of the Classroom: A Study of Laboratory Work. *Science Education*, 88(3), 325–344. doi:10.1002/sci.10129

- Wickman, P.-O. (2013). *Aesthetic Experience in Science Education: Learning and Meaning-making as Situated Talk and Action*. New York and London: Routledge.
- Wickman, P.-O. (2014). Teaching learning progressions: An international perspective. In: Lederman, N. G. & Abell, S. K.(Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Volume 2) (pp. 145–163). New York: Routledge
- Wickman, P.-O, Liberg, C., & Östman, L. (2012). Transcending science: scientific literacy and bildung for the 21st century. D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe* (pp. 39–61). Rotterdam: Sense Publishers. doi:10.1007/978-94-6091-900-8
- Wickman, P., & Östman, L. (2002). Learning as Discourse Change: A Sociocultural Mechanism. *Science Education*, 86(5), 601–23. doi:10.1002/sce.10036
- Öhman, J. (2008). Environmental ethics and democratic responsibility: A pluralistic approach to ESD. In J. Öhman (Ed.), *Values and Democracy in Education for Sustainable Development: Contributions from Swedish Research*, (pp. 17–32). Malmö: Liber.
- Öhman, M., & Öhman, J. (2012). Harmoni eller konflikt? – en fallstudie av meningsinnehållet i utbildning för hållbar utveckling. *NorDiNa: Nordic Studies In Science Education*, (8)1, 59–72. doi:10.5617/nordina.359