

Att genomföra systematiska undersökningar

Margareta Ekborg, Malmö universitet

Dagligen stöter vi på påståenden och rekommendationer om vad som är bra att äta eller inte äta och om olika preparat som kan göra oss friskare, vackrare eller göra livet enklare. Det är vänner, arbetskamrater och inte minst reklam som på olika sätt påverkar de val vi gör. Men valmöjligheterna väcker också frågor. Är verkligen det nya fläckborttagningsmedlet bättre än andra medel? Och vad innehåller det? Håller blommorna längre i vasen om man sätter till det okända innehållet i den lilla förpackning som ofta följer med blombuketten? Hur fungerar det i så fall? Vi gör också saker av gammal vana när vi lagar mat och bakar. Blir köttet mörare om man marinerar det före grillning? Ett sätt att få veta är att faktiskt undersöka om påståendet stämmer. Redan tidigt i förskola och skola kan eleverna börja lära sig att göra olika slags undersökningar.

Den här texten handlar om elevers systematiska undersökningar i biologi, fysik och kemi i grundskolan – varför elever ska utveckla förmåga att genomföra sådana, vad det innebär och vad progression genom grundskolan kan betyda. Det finns också ett avsnitt med resultat från några forskningsstudier om arbete med elevers undersökningar.

Varför det är viktigt att genomföra systematiska undersökningar?

Det som karaktäriserar naturvetenskap är att ny kunskap baseras på empiriska data, det vill säga studier av verkligheten. Utifrån data formuleras teorier och modeller som knyter samman olika fenomen genom orsakssamband. Teorierna testas genom upprepade och kontrollerade experiment och resultaten diskuteras. Resultaten kan leda till att nya teorier formuleras eller att gamla idéer måste förkastas. Genom att arbeta med systematiska undersökningar kan eleverna utveckla förståelse för vad som är karaktäristiskt för naturvetenskaplig kunskap och hur den utvecklas. Samtidigt lär de sig att arbeta systematiskt och noggrant då de olika momenten görs i en logisk följd. Att formulera frågeställningar, planera undersökningar, värdera och förklara resultat samt föreslå förbättringar kan utveckla kreativitet. Ibland blir resultatet oväntat och kanske uppenbart missvisande eftersom undersökningen av något skäl misslyckats. Eleverna kan utveckla sin problemlösningsförmåga och de kan lära sig att allting inte går som man tänkt men att man inte behöver ge upp goda idéer.

Att undersöka, hur till exempel krafter fungerar i olika sammanhang eller vilka variabler som är viktiga i fotosyntesen, är ett sätt att konkretisera naturvetenskapliga begrepp. Det

kan göra det lättare att förstå dessa, som ibland kan upplevas som abstrakta. Undersökningar kan alltså bidra till begreppsförståelse.

Forskning visar att elever tycker att det är roligt att göra undersökningar och sådana kan bidra till att de blir intresserade av ämnena (Lindahl, 2003). Deras nyfikenhet stimuleras.

Undersökningar är ett bra sätt att ta reda på hur saker förhåller sig. Det kan även göra att eleverna utvecklar ett kritiskt förhållningssätt. Dessutom kan eleverna upptäcka att naturvetenskapliga kunskaper är något som de har nytta av även utanför skolan. Samtidigt som elever får möjlighet att samarbeta, kan de också enskilt eller i mindre grupp, få möjlighet att självständigt utforma undersökningar eller delar av dem.

Olika typer av systematiska undersökningar

Det finns alltså flera skäl att låta eleverna genomföra undersökningar. Traditionellt är det experiment av olika slag som ingår i undervisningen i naturvetenskap. Eleverna har fått göra laborationer och läraren har gjort demonstrationsexperiment. Vad som ingår i begreppet systematiska undersökningar kan diskuteras. Det finns många olika typer av undersökningar (Harlen, 2010). Det kan vara experiment av olika slag men det är viktigt att understryka att undersökningar också kan vara att gå till litteratur och andra källor och ta reda på vad om gäller. Sådana undersökningar behandlas i modulen ”Använda kunskaper för att granska information, kommunicera och ta ställning” i årskurs 7–9.

Först i slutet på 1500-talet började teorier om världen grundas på empiriska undersökningar. Sir Francis Bacon var en engelsk filosof och politiker som kan benämnas som empirismens fader. Han la grunden till de systematiska undersökningar som används inom naturvetenskapen. Innan dess hade filosoferna resonerat sig fram till teorier. Nedan följer några exempel på systematiska undersökningar. I den här texten begränsas systematiska undersökningar till att eleverna gör experimentella undersökningar. Observationer kan ses som en del av en experimentell undersökning.

Det finns alltså flera skäl att låta eleverna genomföra undersökningar. Traditionellt är det experiment av olika slag som ingår i undervisningen i naturvetenskap. Eleverna har fått göra laborationer och läraren har gjort demonstrationsexperiment. Vad som ingår i begreppet systematiska undersökningar kan diskuteras. Det finns många olika typer av undersökningar (Harlen, 2010). Det kan vara experiment av olika slag men det är viktigt att understryka att undersökningar också kan vara att gå till litteratur och andra källor och ta reda på vad om gäller. Sådana undersökningar behandlas i modulen ”Använda kunskaper för att granska information, kommunicera och ta ställning” i årskurs 7–9.

Först i slutet på 1500-talet började teorier om världen grundas på empiriska undersökningar. Sir Francis Bacon var en engelsk filosof och politiker som kan benämnas som empirismens fader. Han la grunden till de systematiska undersökningar som används inom naturvetenskapen. Innan dess hade filosoferna resonerat sig fram till teorier. Nedan följer några exempel på systematiska undersökningar. I den här texten begränsas systematiska undersökningar till att eleverna gör experimentella undersökningar. Observationer kan ses som en del av en experimentell undersökning.

Observation

Observation är och har varit en viktig metod för att beskriva utseende och händelser. Den systematik som Carl von Linné utvecklade för att namnge växter och djur bygger på noggranna observationer av detaljer i olika arters utseende. Tycho Brahe observerade stjärnhimlen från sitt observatorium på ön Ven i Öresund. Han och hans lärjungar gjorde noggranna beskrivningar av himlakropparnas rörelser. Dessa observationer låg sedan till grund när Kepler formulerade sina lagar om bland annat planeternas ellipsformade banor runt solen. Tidigt observerades och beskrevs människokroppen. Från början studerades bara utsidan men från 1700-talet när det blev tillåtet att obducera och dissekera gjordes noggranna beskrivningar av organsystem, organ och vävnader. Forskare inom olika discipliner inom naturvetenskapen utvecklar kunskaper om mekanismer på olika nivåer vilket är nödvändigt för att förstå orsakssamband. I skolsammanhang används observationer när eleverna ska identifiera, klassificera och se samband. Om eleverna till exempel studerar organismer inom en och samma art upptäcker de att det finns en variation inom arten. Genom att låta eleverna göra samma undersökning med andra arter kan det leda till att de så småningom ser ett mönster det vill säga likheter och lagbundenhet. Observationer är också en viktig del i experimentella undersökningar, till exempel av färgförändringar i reaktioner och avläsning av instrument med större eller mindre noggrannhet.

I kursplanerna för biologi nämns fältstudier som en viktig del av ämnet. Fältstudier kan i skolsammanhang innebära observationer av växter, djur och omvärldsfaktorer på skolgården, i en park eller i ett större naturområde.

Fair test eller variabelförsök

Fundera till exempel över, hur man ska ta hem glassen från affären en varm sommardag utan att den smälter om man inte har kylväska med sig. Det finns flera faktorer som kan påverka hur fort glassen smälter; till exempel vilket material glassen packas in i, hur mycket material som används och hur snabbt glassen transporteras hem. För att få veta vilket sätt som är mest effektivt kan man undersöka detta systematiskt. Frågan måste då formuleras mer specifikt till exempel som: ”Spelar det någon roll om man använder affärens fryspåsar?” eller ”Vilket är bäst att packa in glasspaketet i - plastpåse eller omslagspapper?” I undersökningen varierar bara en faktor till exempel med eller utan

fryspåse. I övrigt ska det vara lika stora glasspaket som transporteras en lika lång tid och på samma sätt. En sådan undersökning kallas variabelförsök. Variabel är faktorer som kan ändras och som påverkar till exempel ett förlopp. Endast en variabel i taget får ändras. Variabelförsök kallas också ”fair tests”. Båda begreppen används i modulens texter.

Andra exempel på försök med variabler kan vara: ”Vad behöver frön för att gro?”, ”Vilken temperatur är optimal för jäsning?”, ”Hur löser sig sockret snabbast?”. För att kunna säga någonting om en variabels betydelse måste kontrollerade jämförelser göras. Allting ska vara lika mellan två försöksupställningar utom en variabel. I exemplet med jäsning bestämmer man vilka temperaturer som ska prövas. Sedan måste lika mycket jäst lösas i lika mycket vätska med lika mycket socker i ett antal kärl som placeras i de temperaturer som ska prövas. Vill man prova flera variabler behövs flera parallella försök.

Konstruktioner

Konstruktioner utifrån en problemställning kan stimulera elevernas kreativitet. Att bygga ett fordon som drivs av en solcell och diskutera varför den rör sig är ett sätt att arbeta med energi och energiomvandlingar. Själva byggandet eller konstruktionen är en viktig del i teknikämnet. Där är själva konstruktionen kärnan, medan det i naturvetenskap blir ett medel för att bland annat arbeta med begreppsförståelse.

Arbetsgång för systematiska undersökningar

Det är viktigt att understryka att undersökningar i skolan inte är forskning. Inom forskning tar man fram ny kunskap, medan eleverna i skolan gör undersökningar som ett led i att upptäcka och lära sig känd kunskap. När eleverna arbetar med undersökningar är det bra att diskutera och ge exempel på hur man på liknande sätt arbetar inom forskning. En undersökning i skolsammanhang består ofta av ett antal delar som följer på varandra. Alla undersökningar följer inte denna gång utan det kan variera beroende på undersökningens art. De olika delar som beskrivs i texten som följer behandlas närmare i modulens olika delar.

Frågeställning

Frågeställningen är grunden för undersökningen och bestämmer vilken metod som ska användas. Fördelen då läraren formulerar frågeställningen är att det finns ett tydligt syfte med undersökningen och att den är genomförbar. Nackdelen är att det kanske inte är den fråga som är mest intressant för eleverna. Centralt innehåll för årskurs 7-9 är ”Formulering av undersökningsbara frågor ” Att arbeta med en frågeställning behöver inte betyda att denna är formulerad som en explicit fråga. ”Undersökning puls och andning vid olika aktiviteter är ett sådant exempel.

I skolsammanhang är svaret på en fråga oftast känt, åtminstone av läraren. Lärarens syfte kan vara att eleverna ska lära sig ett nytt begrepp och en undersökning kan vara ett bra sätt att visa innebörden av begreppet. Det kan också bli mer utmanande för eleverna om de får formulera egna frågeställningar och fundera på hur en frågeställning kan undersökas. Det är också utmanande för läraren att arbeta med frågeställningar där denne inte själv är säker på hur resultatet kan bli. Då undersöker lärare och elever tillsammans.

Hypotes

Ett vanligt arbetssätt inom naturvetenskapen är att pröva hypoteser. Hypoteser formuleras utifrån kända kunskaper om det man vill ta reda på mer om. Till exempel kan en hypotes formuleras om ett samband eller hur en mekanism styrs. Vanligtvis görs sedan flera olika undersökningar för att pröva om hypotesen stämmer. Inför varje undersökning kan en förutsägelse göras om hur resultatet ska bli om hypotesen stämmer. Efter ett antal undersökningar kan sedan hypotesen antas, förkastas eller omformuleras. Det betyder att en god hypotes är grundad på teori och skiljer sig därmed från en gissning. Det går inte att jämföra elevers undersökningar med forskning. Men det kan vara fruktbart att diskutera med eleverna vad som kommer hända i en undersökning och varför de tror så. Eleverna kan utifrån de kunskaper de har resonera om vad som är ett rimligt resultat. Ibland bygger de resonemanget på vardagserfarenheter eller så gissar de. Läraren kan då fråga om varför elever tror att det blir så. Efter hand kan eleverna utveckla förmågan att resonera om olika rimliga händelseförlopp. Om man sedan väljer att kalla det hypotes eller förutsägelse spelar kanske mindre roll. Skälet till att låta eleverna föra resonemang som ovan, kan göra att de fokuserar på frågeställningen och blir nyfikna på resultatet.

Planering

För att få svar på den ställda frågan eller pröva hypotesen planeras en undersökning. I en planering anges vilka data eller vilken information som ska samlas in, vilken metod som ska användas för datainsamling och vilket materiel som behövs. I en utvecklad planering anges också tidsintervall, hur utrustningen placeras och används och hur många gånger försöket ska upprepas (om det är aktuellt).

Insamling av data eller utförande

Eleverna genomför planeringen och dokumenterar observationer, mätningar etcetera.

Bearbeta och värdera data

Data kan bearbetas på olika sätt beroende på vad undersökningen gått ut på. Det kan betyda att sortera anteckningar i en logisk följd, att göra tabeller eller grafer, göra vissa

beräkningar och så vidare. Det kan vara att jämföra sina och andras resultat och diskutera likheter och skillnader mellan dessa.

Resultat och slutsatser

Utifrån mätningar och observationer och bearbetning av dessa kan frågeställningen besvaras. Ibland räcker det med ett mätvärde och en slutsats som att till exempel temperaturen stiger. Andra gånger kan man dra slutsatser om samband eller att gradera olika variablers betydelse. Om eleverna ställt en hypotes jämförs resultatet med denna.

Utvärdera undersökning

Efter undersökningen måste man fråga sig om resultatet är rimligt och tillförlitligt. Fick alla samma resultat och drog alla samma slutsatser? Om inte, får eleverna fundera på felkällor, mätnoggrannhet eller om det finns flera lösningar. Här kan eleverna föreslå hur de kan förbättra undersökningen. Ofta handlar förbättringarna om att mäta noggrannare, upprepa försöket och att endast arbeta med en variabel i taget. Resultatet kan leda till formulering av nya frågeställningar och hypoteser.

Dokumentation – Rapportering

En fullständig dokumentation omfattar frågeställning, planering, resultat, värdering av resultatet och slutsatser. Det finns många sätt att dokumentera en undersökning utöver traditionella laborationsrapporter. Smartphones, surfplattor och datorer ger nya möjligheter att presentera sina undersökningar på ett varierat sätt.

Progression i att genomföra undersökningar

Förmåga att genomföra systematiska undersökningar är ett långsiktigt mål som eleverna ska arbeta mot i grundskolan. Det är också ett centralt innehåll för alla årskurser i grundskolan.

Sammantaget uttrycks att undersökningar består av fyra delar.

- planera – formulera frågor och planera en undersökning
- utföra – utföra en undersökning på ett säkert och fungerande sätt
- värdera – jämföra resultat, resonera om resultaten och samt föreslå förbättringar
- dokumentera – redovisa undersökningen med resultat i text, bild, diagram, tabeller etcetera.

Här följer några exempel på vad progression i elevernas förmåga att genomföra systematiska undersökningar i grundskolan kan innebära. Man kan analysera utvecklingen i både långa och korta perspektiv och progressionen för olika elever.

Planera

Förmåga att formulera en fråga kan utvecklas från att ställa spontana frågor som är omöjliga att få svar på genom undersökningar till att föreslå välformulerade frågor som leder till intressanta undersökningar. När eleverna börjar arbeta med hypoteser eller förutsägelser gissar de kanske eller motiverar den med sina vardagserfarenheter. Efterhand kan de ge mer kvalificerade motiveringar. I planeringen kan utveckling ske från att föreslå delar av en sådan och bidra till formulerandet av en planering genom samtal, till att de självständigt planerar hela undersökningen från början till slut. Då visar eleverna att de tänkt genom sådant som materiel, vad som ska mätas, hur detta ska göras, vilka variabler som ska kontrolleras, om undersökningen kan upprepas och hur de tänker dokumentera resultaten.

Utföra

Progressionen innebär att eleverna blir duktigare på att observera. Om eleverna beskriver en organism gör de detta med större detaljrikedom och exakthet. Det kan handla om mått gällande storlek på olika delar och bestämning av antal ben, antenner med mera. De använder fler typer av adjektiv i beskrivningen – färg, form, storlek, struktur, känsel, doft etcetera. Att beskriva relevanta karaktärsdrag och använda fler korrekta naturvetenskapliga begrepp är också kvalitet som kan utvecklas. Relevansen kan bero på situationen. Är uppgiften att beskriva en organism för att lära sig hur olika organismer kan grupperas är det inte relevant att berätta att nyponet delvis är uppätet. Men om man vill diskutera varför nyponet har en röd färg är det relevant att se om det finns tecken på att de utgör föda för någon djurgrupp. Progression är också att observera mer komplexa organismer eller fenomen.

I ett enkelt variabelförsök kan man arbeta med att undersöka en variabel, till exempel ”Behöver fröet vatten för att gro?”. Samma undersökning kan utvecklas till en undersökning med flera variabler till exempel ”Vad är viktigt för att frön ska gro?”.

De yngre eleverna kan jämföra massa genom att väga något i handen medan de äldre eleverna använder våg och avläser då massan mer noggrant med decimaler. De yngre eleverna använder termometer, klocka och våg medan de äldre eleverna också kan arbeta med till exempel multimeter. Det betyder att med yngre elever använder man vardagsmateriel medan de äldre eleverna lär sig att hantera laboratorieutrustning.

Värdera

Samma undersökning kan diskuteras på olika djup. Progression innebär att eleverna resonerar om ett resultat på en djupare nivå med hjälp av naturvetenskapliga begrepp. Om eleverna bygger ett torn kan de yngre observera basens storlek och hur tornet faller när det rasar. De äldre eleverna kan själva använda tyngdpunkt, stödyta, kraft och motkraft i diskussionen. Eleverna utvecklar också förmågan att bedöma om resultatet är

rimligt och trovärdigt och kan i det sammanhanget identifiera eventuella felkällor samt ge förslag på förbättringar av undersökningen.

Dokumentera

En enkel dokumentation kan vara att beskriva ett resultat i en bild med några ord. En utveckling är att, när så är relevant, kunna redovisa resultat i mer detaljerade texter, bilder, tabeller, grafer eller med foto och film. Progression är också att utveckla dokumentation från en enkel resultatbeskrivning till en fullständig dokumentation. Andra aspekter på ökad kvalitet är detaljrikedom, överskådlighet och anpassning av texten till mottagaren. Liksom vid värdering av resultat innebär en progression i dokumentation att eleven blir duktigare på att använda fler naturvetenskapliga begrepp på ett korrekt sätt.

Resultat från några forskningsstudier om undersökande arbetssätt

Begreppet undersökande arbetssätt är en fri översättning av det engelska begreppet *inquiry*. Anderson (2007) diskuterar begreppets innebörd och att begreppet kan tolkas på olika sätt. Anderson tar upp skrivningarna i *The National Science Education Standards* i USA, där *inquiry* beskrivs som de olika sätt naturvetenskapliga forskare studerar världen och föreslår förklaringar baserade på evidens. I skolsammanhang översätts detta till ”*something students do – not something that is done to them*”. Anderson menar att dessa skrivningar indikerar att en förutsättning för att arbeta undersökande är att betrakta lärande som en aktiv process, där eleverna konstruerar kunskap. Det betyder också att de kunskaper och erfarenheter eleven har, är viktiga för hur och vad de lär. De föreställningar individer konstruerar det vill säga vad de lär beror på sammanhanget. Ju rikare och mer varierade sammanhangen är desto djupare förståelse. Det sociala sammanhanget är också viktigt för lärandet. Eleverna behöver dela och diskutera sina idéer, föreställningar och tolkningar med lärare och kamrater (Anderson, 2007).

Som tidigare skrivits tycker eleverna på det hela taget om ett undersökande och experimentellt arbetssätt. Det finns dock en tydlig minoritet som ogillar praktiskt arbete och att intresset för sådant avtar med åldern (Head, 1982). Också Lindahl (2003) visar i en senare svensk studie att elevernas intresse för laborationer minskar i de senare skolåren. Om läraren både har formulerat frågeställningen och angett hur den ska undersökas är elevernas motivation lägre (Hodson, 1993). Björn Andersson (1989) använder begreppet frihetsgrader för att beskriva i vilken utsträckning eleven har inflytande över undersökningen. I undersökningar med noll frihetsgrader formulerar läraren frågeställningen, anger hur undersökningen ska genomföras och resultatet är från början givet. Om eleverna formulerar frågan och planerar undersökningen som kan ge olika resultat har den tre frihetsgrader. Ett sätt att öka elevernas motivation kan vara att öka antalet frihetsgrader i undersökningen.

Elevers lärande under laborationer

Det finns flera forskningsstudier om vad och under vilka omständigheter elever lär under laborationer. Texten i det inledande stycket är en sammanfattning av en forskningsöversikt av Robin Millar (2010). Den engelska texten handlar om *laboratory work* och därför används begreppet laborationer här som det som ligger närmast det engelska uttrycket.

Vad eleverna lär sig beror dels på syftet med laborationen, dels på hur läraren stöttar dem i processen. Skollaborationer går ofta ut på att komma fram till ett korrekt svar och att se det som borde hända, även om detta inte händer. Ofta använder eleverna då sina vardagserfarenheter för att förklara det de ser, vilket kan göra att de inte lär sig det som avsågs. Dessutom tolkar elever också det de ser olika. Läraren har en viktig roll, om eleverna ska utveckla begreppsförståelse och i att hjälpa eleverna att tolka sina resultat. Elever som känner att de kan ställa många frågor gällande sin undersökning kan lättare använda sina resultat än de som själva anstränger sig för att förstå vad de gjort. Det är också viktigt att eleverna får lära sig vad det innebär att planera undersökningar, genomföra mätningar och hantera data. Eleverna måste lära sig dessa naturvetenskapliga processer i ett sammanhang, det vill säga de behöver göra undersökningar, ställa frågor och resonera om det de gör, för att undersökningarna ska bli goda verktyg i kunskapsutvecklingen. Läraren behöver diskutera vad som sker i de olika stegen.

Lärares utmaningar vid elevers undersökningar

Ämnesdidaktisk forskning visar att lärare kan uppleva utmaningar med ett undersökande arbetssätt. Dessa kan sammanfattas i tre huvudgrupper. De beskrivs här som ”Värderingar och föreställningar”, ”Pedagogiska utmaningar” och ”Organisation”. Den redovisade forskningen är hämtad från internationella studier. De har genomförts i olika skolsystem med olika styrdokument. Därför måste man fundera över tillämpbarheten för sin egen undervisning.

Värderingar och föreställningar

Värderingar och föreställningar handlar om den syn läraren har på, vad som är viktig kunskap och hur eleverna lär sig bäst. Forskning har visat att lärares praktik beror på personliga värderingar, erfarenheter av undervisning från egen utbildning (Eick & Read, 2002) och det läraren tänker är bäst för eleverna (Lee & Witz, 2008). En lärare med starka värderingar har ofta en stark position i klassrummet, och därmed goda möjligheter att genomföra undervisning utifrån sina idéer. När nya styrdokument introduceras anpassas ofta förändringarna till en existerande praktik (Moore, Edwards, Halpin & George, 2002). Lärare känner sig ofta tryggare i att undervisa det naturvetenskapliga innehållet än om hur naturvetenskaplig kunskap växer fram och hur den kan användas. Förklaringe kan vara att även om lärare har en omfattande

ämnesutbildning är det ofta så att de inte har så mycket utbildning om naturvetenskapens karaktär och ingen egen forskningserfarenhet (Zion, Cohen & Amir, 2007). Det finns ett komplext samband mellan lärares föreställningar om naturvetenskap och hur de faktiskt presenterar naturvetenskap för sina elever (And-El-Khalic & Lederman, 2000).

Pedagogiska utmaningar

Pedagogiska utmaningar handlar om de svårigheter som lärare kan uppleva med att utveckla elevernas lärande (Enochs, Smith & Huinker, 2000). Det upplevs till exempel som svårt att få elever att ställa egna frågor. Läraren bjuder in eleverna till att ställa frågor, men eleverna har inte så många förslag. Om lärare känner att deras ämneskunskaper inte räcker till, har de en tendens att arbeta med mer styrda undersökningar än om de känner sig bekväma med sina ämneskunskaper (Basista & Matthews, 2002). Lärare tycker ibland att det är svårt om de inte själva har alla svar och inte riktigt vet hur en undersökning ska sluta (Zion et al, 2007).

Organisation

Organisation handlar om de mer praktiska svårigheter lärare upplever med ett undersökande arbetssätt. I undersökningar, där eleverna har större inflytande över processen, kan lärare uppleva, att de tappar kontroll och att det blir stökigt i klassrummet (King et al, 2008). Eleverna arbetar kanske med olika saker och ljudnivån stiger i gruppdiskussioner (Baker, William, Lang & Laws, 2002; Basista & Matthews, 2002). Många lärare menar att ett undersökande arbetssätt tar för mycket tid (Lehman, George, Buchanan & Rush, 2006) och att de då inte hinner med det som måste göras för att till exempel eleverna ska klara av nationella prov. Arbetssättet kan också innebära mer förberedelse för läraren. Ibland är utrustningen på skolan bristfällig och material och lokaler saknas. Lärare känner en konflikt mellan pedagogiska argument för att utveckla elevernas kompetenser och verkligheten i klassrummet (Bartholomew, Osborne & Ratcliffe, 2004).

Referenser

Abd-El-Khalic, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), pp. 665-701.

Andersson, B. (1989). *Grundskolans naturvetenskap: forskningsresultat och nya idéer*. Stockholm: Utbildningsförlaget.

Anderson, R.D. (2007). Inquiry as an Organizing Theme for Science Curricula. In Abell & Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 807-830).

Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Baker, William P., Lang, Michael & Laws, Anton E. (2002). Classroom Management for Successful Student Inquiry. *The Clearing House*, Vol. 75, No. 5, pp. 248-252.
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students "Ideas-about-Science": Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88(5), pp. 655–682.
- Basista, B., & Matthews, S. (2002). Integrated Science and Mathematics Prof Dev Programs. *School Science and Mathematics*, Vol 102, No. 7, pp. 359-370.
- Bell, B., & Gilbert, J. (1996). *Teacher development: A model from science education*. London: Routledge Falmer.
- Eick, C. & Reed, C. (2002) What makes an inquiry orientated Science Teacher? The influence of Learning Histories on Student Teacher Role Identity and Practice. *Science Teacher Education*, pp 401-406.
- Enochs, L., Smith, P., & Huinker, D. (2000). Establishing factorial validity of the mathematics teaching efficacy beliefs instrument. *School Science and Mathematics*, 100(4), pp. 194-202.
- Harlen, W. (2010). *Teaching, learning and assessing science 5-12*. London: Sage Publications Ltd.
- Head, J. (1982). What can psychology contribute to science education? *School Science Review*, 63(226): pp. 631-42.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, 71(256), pp. 33-40.
- King, D., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2008). Making Connections: Learning and Teaching Chemistry in Context. *Research in Science Education*, pp. 365-384.
- Lee, H., & Witz, K. (2009). Science Teachers' Inspiration for Teaching Socio-Scientific Issues Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), pp. 931-960.
- Lehman, J. D., George, M., Buchanan, P., & Rush, M. (2006). Preparing Teachers to Use Problem-centred, Inquiry-based Science: Lessons from a Four-Year Professional Development Project. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, Vol 1. No 1, pp. 76-99.
- Lindhahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik?: En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Millar, R. (2010). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds) *Good practice in science teaching: what research has to say*. Maidenhead: McGrawHill.

Moore, A., Edwards, G., Halpin, D., & George, R. (2002). Compliance Resistance and Pragmatism: The (re)construction of schoolteachers' identities in a period of intensive educational reform. *British Education Research Journal*, 28(4), pp. 551-565.

Zion, M., Cohen, S., & Amir, R. (2007). The Spectrum of Dynamic Inquiry. *Research in Science Education*, Vol 37, pp. 423-447.