

Ann-Charlotte Lindner har en ämneslärarutbildning i matematik och fysik Hon undervisar framför allt inom lärarutbildning i ämnesdidaktik i matematik och naturvetenskap vid Högskolan Kristianstad, Sverige. Hon är antagen som licentiatdoktorand i naturvetenskap med utbildningsvetenskaplig inriktning vid Högskolan i Kalmar. Hennes forskningsintresse är hur elever i grundskolan utvecklar sina uppfattningar om fysikaliska fenomen och hur de vid olika tillfällen använder sig av ett partikelbegrepp i sina förklaringar.

Andreas Redfors är professor i fysik med inriktning mot fysikdidaktik vid Högskolan Kristianstad, Sverige. Han har en ämneslärarutbildning samt har doktorerat i fysik vid Lunds universitet. Han undervisar i fysik, fysikdidaktik och astronomi. Han bedriver numera enbart ämnesdidaktisk forskning. Han leder forskargruppen *Subject Based Educational Research (SuBER)* som omfattar gruppen *Learning in Science and Mathematics (LISMA)*. Hans huvudsakliga forskningsintresse är studenters syn på naturvetenskapens natur, med ett speciellt fokus på deras förståelse av modeller.

ANN-CHARLOTTE LINDNER

Högskolan Kristianstad, Sverige
ann-charlotte.lindner@mna.hkr.se

ANDREAS REDFORS

Högskolan Kristianstad, Sverige
andreas.redfors@mna.hkr.se

Partikelmodell som utgångspunkt för elevers förklaringar av avdunstning

Abstract

This paper presents results from a longitudinell study of students in compulsory school in Sweden. The project started in 1997 when the students were about six years old, and finished in 2006 when they left compulsory school. The aim of the study is to follow individual students' development of conceptions about evaporation during their years in school. Teaching episodes focused on water, and it's changes of state connected to everyday phenomena have been taught. Early in the study a simplified particle model was introduced in order to see if this would help the students in their explanations. The students were interviewed before and after the teaching interventions and the explanations were analysed in order to find a comprehensive description of each student. Here we describe the use of the early introduced particle concept and how it effects the students' explanations of evaporation and their uses of explanatory models.

INLEDNING

Forskning om elevers vardagsföreställningar kan verkligen på olika sätt starta en diskussion om hur den naturvetenskapliga undervisningen i grundskolan kan förbättras för att på ett bättre sätt utmana elevers uppfattningar om naturvetenskapliga fenomen. Genom att ta utgångspunkt från dokumenterade föreställningar kan man låta eleverna prata och diskutera mer i det naturvetenskapliga klassrummet. Att som lärare ha goda kunskaper om sina elevers varierande vardagsföreställningar gör det möjligt att utmana dessa föreställningar genom att t.ex. framföra invändningar eller genomföra experiment som inte helt följer elevens tankar. Vår erfarenhet är att detta i sin tur kan leda till att elever blir mer medvetna om sitt eget lärande och kan få dem mera intresserade av den naturvetenskapliga undervisningen.

Det övergripande projektet (Holgersson & Löfgren 2004; Helldén 2005) är en longitudinell studie med syfte att studera hur elevers uppfattningar om vattens fasändringar i form av avdunstning och kondensation utvecklas under skoltiden från 6 till 16 års ålder. Den teoretiska ram som projektets utformning grundar sig på är konstruktivismen, som den formulerats av Novak och som han benämner *Human Constructivism* (Novak, 1993). Novak bygger sina tankar på Ausubels (1968) teori om meningsfullt lärande (meaningful learning) och icke meningsfullt lärande, (rote learning). Ausubel hävdar att det är viktigt att utgå från vad den lärande redan vet. Individens konstruerar själv på ett aktivt sätt sin bild av verkligheten genom att aktivt interagera med den. Meningsfullt lärande äger rum då den lärande låter nya begrepp kopplas till de begrepp den redan har.

Driver (1985) menar att partikelbegreppet är viktigt för elevers lärande i naturvetenskap. Därför är det viktigt att man som lärare underlättar elevers förståelse av detta begrepp. Enligt Ogborn (1996) måste undervisningen i skolan genomföras på ett sådant sätt att eleverna både reflekterar över och utmanar sina egna uppfattningar, men de måste även erfa de vetenskapliga förklaringarna till fenomenen.

Vid genomgång av forskning om barns föreställningar finner Krnel, Watson och Glazar (1998) att för vissa elever blir en partikelmodell ett lämpligt verktyg för att förstå avdunstning medan det för andra elever inte alls är så. Vidare hävdar författarna att eleverna har lättare att förstå begreppet vätska än begreppen fast form och gasform. Ofta identifierar eleverna begreppet vätska med vatten. Författarna har också sett att eleverna visar upp samma svårigheter som våra förfäder gjorde att förstå de processer som innefattar fasändringar hos materia. Detta gäller särskilt de processer där materia tycks försvinna, som i avdunstning.

Många studier som behandlar fasändringar har visat att ett spontant användande av partikelbegreppet för att förklara fenomenen inte är så omfattande. Fensham (1994) ser det som ett misslyckande att det är svårt att få elever att ta till sig en vetenskaplig partikelmodell och menar att detta har lett till antagande om att partikelteorin är för svår för eleverna och att introduktionen av denna i undervisningen bör fördröjas. Johnson (1998) hävdar däremot att svårigheterna med partikelteorin kan bero på att det i skolans undervisning introduceras en inkorrekt partikelmodell som eleverna är mottagliga för men som sedan visar sig vara svår att differentiera från den vetenskapliga modellen. Men, Johnson menar att partikelmodellen ger eleverna möjligheter att utveckla sina tankar om gaser som en form av materia. Utan att ha kunskaper om partiklar har eleverna inte en meningsfull föreställning om vad en gas är, säger han.

Eskilsson (2001) konstaterar att flera forskare inom området sett att det finns elever som har någon form av partikeltänkande men att de gärna ger partiklarna makroskopiska egenskaper. Elevernas modeller är också utvecklade olika långt. Vidare konstaterar Eskilsson att det finns forskare som menar att en enkel partikelmodell mycket väl kan vara ett steg mot en mer utvecklad modell. Det finns enligt Eskilsson också vissa meningsskiljaktigheter mellan olika forskare huruvida det är lämpligt att tidigt introducera en förenklad partikelmodell eller om det är bättre att vänta tills eleverna har förmåga att tillägna sig en naturvetenskaplig modell.

Papageorgiou och Johnson (2005) har genomfört en studie där man tidigt har introducerat partikelbegreppet och författarnas syfte är att se om detta ger eleverna stöd i deras förståelse av fasändringar eller om det i stället hämmar dem. De undervisade i sin undersökning två olika grupper, en grupp med partikelbegreppet introducerat och en utan. T.ex. introducerades partikelbegreppet i den första gruppen för att förklara varför ett ämne kan ändra fas mellan fast, flytande och gas. Intervjuer genomfördes strax före och en månad efter insatserna. Resultatet av studien visar att alla elever hade begränsade kunskaper före insatserna. Efter insatserna visade det sig att eleverna i "partikelgruppen" använde sig mer av partikelbegreppet i sina förklaringar och det tycktes vara till stor hjälp för dem när de ombads förklara olika fenomen. Författarna kan i sin studie inte se

att den tidiga introduktionen av partikelbegreppet hindrat eleverna i dras utveckling utan snarare hjälpt dem att utveckla sin förståelse.

Häggeström (2006) visar att barn i 6 till 7 års ålder kan ta till sig begreppet molekyl och faktiskt använda detta något abstrakta begrepp. Vidare ser Häggeström inga hinder att tidigt införa begreppet molekyl i skolan och menar att detta underlättar undervisningen om materiabegreppet.

Enligt kursplanerna (Skolverket, 2000) för de naturvetenskapliga ämnena ska undervisningen sträva efter att för eleverna göra världen begriplig så att de ser mönster och samband mellan observationer och teoretiska modeller, samt att dessa modeller är under ständig omprövning. En teoretisk modell (Giere, 1997) ligger till grund för alla naturvetenskapliga resonemang och den är en del av en imaginär värld. Hur teoretiska modeller används av elever i grundskolan är av yttersta intresse och utifrån ovanstående har vi valt att som utgångspunkt för det här delprojektet ha följande problemställning:

Hur ändras elevernas användning av en partikelmodell i förklaringar av avdunstning under tiden i grundskolan?

METODOLOGI OCH GENOMFÖRANDE

Det har inte genomförts något större antal studier som behandlar hur elevers uppfattningar om olika naturvetenskapliga fenomen utvecklas under en längre tidsperiod. White och Arzi (2005) anser att i en longitudinell studie ska det gå minst ett år mellan första och sista insatsen. Dessa insatser ska vara av samma natur och röra samma elever så att man kan se den kognitiva utvecklingen hos varje enskild elev och avslöja om förändringar i elevers tänkande har skett. En fördel med den här typen av studier är att det inte behövs många deltagare. Nackdelar kan vara att studien kan ta lång tid och att undersökningsgruppen kan förändras under studiens gång. White (2001) menar att det är viktigt, ur ett forskningsperspektiv, att starta med just longitudinella studier tidigt i ålder eftersom det tar lång tid att utveckla ett kunnande om naturvetenskapliga fenomen och en sådan utveckling endast kan studeras genom att följa enskilda individers begreppsutveckling under en längre tid. White och Arzi (2005) hävdar vidare att den här typen av studier är viktiga för att se hur inlärningsstilar och förståelsen av naturvetenskap utvecklas. Den kan visa om en tidig inlärnin g är permanent eller enbart tillfällig och om den längre fram leder till vidare utveckling och ger en bra bild av vilka faktorer som påverkar inlärnin g.

För att samla in data har vi använt den reviderade kliniska intervjun som introducerades av Piaget (1982). Vår variant är halvstrukturerad då vi har ett grundkoncept med frågor utifrån vilket vi sedan ställer följdfrågor beroende på hur intervjupersonen svarar. Poängen med den reviderade kliniska intervjun är att intervjuaren hela tiden hänvisar till föremål eller skeenden som den intervjuade kan observera. Den intervjuade får möjlighet att iakta och hantera föremål under intervjun. Ginsburg (1997) menar att den kliniska intervjun kan användas för att se på olika aspekter av intervjupersonens tänkande. Man måste som intervjuare respektera den man intervjuar. Man måste visa ett genuint intresse för personens tankar och uppfattningar och verkligen poängtera att tankar inte kan vara felaktiga. Detta ger en longitudinell design goda möjligheter till.

Delar av projektet har redovisats tidigare, se Holgersson m.fl. 2000; Helldén 2004; Holgersson & Löfgren 2004; Lindner och Redfors 2006a; Lindner och Redfors 2006b. Vid de första undervisningstillfällena 1997 introducerades, med stöd av tidigare studier (Novak & Musonda, 1991), en förenklad partikelmodell med syftet att se om detta skulle stärka eleverna i deras förklaringar och ge dem ett redskap att förstå vattnet och dess fasändringar. Novak och Musonda (1991) visade i sin studie att en tidig introduktion av ett partikelbegrepp har betydelse för elevernas förmåga att tillgodogöra sig naturvetenskaplig undervisning.

Tidigare undersökningar (t.ex. Bar & Galili, 1994; Bar & Travis, 1991; Osborne & Cosgrove, 1983; Tytler, 2000; Tytler & Peterson, 2004) med fokus på elevers föreställningar om vattnets fasändringar i ett öppet system har genomförts. I vår studie har vi i stället valt att börja med ett slutet system för att senare komplettera med diskussioner av öppna system. Vår studie skiljer sig från den som genomfördes av Tytler och Peterson (2001) framför allt genom att vi har följt våra elever under en betydligt längre tid och att vi dessutom har haft metakognitiva intervjuinslag. Dessa innebar att eleverna fick lyssna på intervjun från året innan och de gavs möjlighet att reflektera över det de sagt.

Genom hela projektet var den huvudsakliga strukturen på intervjuerna följande: Ett glas med vatten täckt med ett glaslock har ställts framför eleven. Frågorna har varit ”Vad tänker du att det är på insidan av glaslocket?” och sedan ”Hur tänker du att det har kommit upp till glaslocket?”. Beroende på vad eleven svarat har sedan olika följdfrågor ställts. Under 2001 och 2003 har det varit samma grundintervju som 1997 och 1999 men situationen har utökats med att locket även lyfts av och eleverna getts möjlighet att fundera över vad som händer i ett öppet system. 2003 utökades intervjuerna med frågor som behandlade vad som händer med vattnet i en vattenpöl och vad som händer med vattnet när tvätt torkar.

Under åren 1998, 2000, 2002 och 2005 hade intervjuerna en metakognitiv karaktär. Vi visade samma material som tidigare för eleverna och de har lyssnat på intervjun från föregående år. Därefter har de fått frågor om hur de ser på det de tidigare sagt. Vi frågade om de tänker på samma sätt idag, eller på något annat sätt. På samma sätt som vid övriga intervjuer ställdes följdfrågor beroende på den enskilda elevens svar.

För att kunna följa användningen av ett partikelbegrepp longitudinellt har undervisningsinsatser genomförts 1997, 1999, 2001 och 2004 då vi har fokuserat på olika vardagsfenomen som har med vatten och dess fasändringar att göra men vi har även som tidigare nämnts vid första tillfället introducerat en förenklad partikelmodell. Eleverna fick bl.a. bekanta sig med vatten och andra material i fast, flytande och gasform. De fick försöka sönderdela olika material. Vatten delades upp i allt mindre droppar genom att eleverna tog upp vatten med olika stora stickor. Uppdelningen av luft diskuterades med utgångspunkt från de små bubblor som bildas då man skakar en flaska med såplösning. I diskussion med oss kunde eleverna konstatera att det inte gick att sönderdela till hur små delar som helst. Dessa minsta partiklar kallade vi molekyler. Insatserna fortsatte med att eleverna bl.a. fick studera vatten i dess olika former genom att vi kokte vatten, studerade en smältande isbit och vad som händer om en kall flaska placeras i rumstemperatur. De insatser vi gjorde 2004 finns utförligt beskrivna i tidigare artikel (Lindner & Redfors, 2006b). I samband med dessa insatser genomfördes också en enkät, där eleverna först enskilt besvarade enkäten och sedan i smågrupper genom diskussioner enades om gemensamma svar på frågorna. Resultatet av enkäten har behandlats i Lindner & Redfors, 2006b.

I tabell 1 finns en tidslinje för hela studien.

Samtliga intervjuer har bandats och därefter ordagrant transkriberats. Alla genomförda undervisningsinsatser och gruppdiskussioner har videofilmats. I den här artikeln analyserar vi enbart de intervjuer som genomförts.

Tabell 1. Tidslinje över den longitudinella studien.

1997	1998	1999	2000	2001	
Intervju, underv.-inslag, intervju	Metakogn intervju	Intervju, underv.-inslag, intervju	Metakogn intervju	Intervju, underv.-inslag, intervju	

Vår elevgrupp omfattade från början 15 elever men eftersom skolområdet från vilket eleverna kom har stor omflyttning av elever och många invandrarbarn, som bara tillfälligt är placerade i området, så fanns då studien avslutades efter 10 års intervjuer våren 2006 sju elever kvar från starten våren 1997 (se även Lindner & Redfors, 2006a).

ANALYS OCH RESULTAT

Avdunstning är en fasändring från vätska till gas, en process som kan kopplas till vattnets kretslopp i naturen. Vid analysen av intervjumaterialet så har vi fokuserat på hur eleverna förklarar begreppet avdunstning, om de använder en makroskopisk eller en mikroskopisk teoretisk modell som grund för sina förklaringar. En makroskopisk modell innebär att eleverna fokuserar på att vattnet övergår från en form till en annan, avdunstning, kondensation osv. och en mikroskopisk modell innebär att de använder sig av små partiklar (molekyler) i sina förklaringar. Följande varianter på förklaringsmodeller har vi funnit vid en ideografisk (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996) analys av intervjutranskripten. Kategorierna kommer således från våra data och var inte på förhand bestämda. De har framkommit ur en iterativ process, där intervjutranskript har lästs upprepade gånger och där preliminära kategorier efterhand blivit permanenta, se tabell 2.

Tabell 2. Olika varianter på förklaringsmodeller.

Makroskopisk modell		Mikroskopisk modell	
Dm	Fasförändring och avdunstning utan hjälp av molekyler	Dp	Fasförändring och avdunstning med hjälp av molekyler
Cm	Avdunstning nämns utan någon vidare förklaring	Cp	Avdunstning med hjälp av molekyler
Bm	Enbart förflyttning av vatten i samband med fasändring	Bp	Vattnet ändrar fas, molekyler flyttar sig
Am	Enbart förflyttning av vatten	Ap	Enbart förflyttning av vattenmolekyler
O Inget svar eller svar som "Vet ej"			

Totalt har vi intervjutranskript från sju elever. Vid analysen av dessa har vi funnit att de fyra elever, vars tankegångar vid de olika intervjutillfällena 1997-2006 som redovisas mycket väl kan representera de olika uppfattningar som finns i undersökningsgruppen. Eleverna, som har fingerade namn, porträtteras genom ett urval av citat. Analysen grundar sig dock på hela intervjumaterialet. De tre elever som inte redovisas visar upp liknande utvecklingsgångar.

Intervjuer med Irene

Irene 1997

Irene var mycket tystlåten då vi träffade henne 1997. Hon ville inte svara på frågor utan sade mest att hon inte visste. Vi tror emellertid att vi ändå väckte ett intresse hos henne och att hon på något sätt blev bekräftad, ty när hon lämnade intervjun så sade hon:

Det här var jätteroligt.

	2002	2003	2004	2005	2006
	Metakogn intervju	Intervju, intervju	Underv.-inslag, enkät, gruppdisk.	Metakogn intervju	Avsl. Intervju

Dp							
Dm							
Cp							
Cm							
Bp					■	■	
Bm				●			
Ap							
Am			●				
O	▲	▲					
	1997:1	1997:2	1998	1999:1	1999:2	2000	

Figur 1. Kategorisering av Irene under 1997-2006

Irene 1998

Vi ser inga tecken på att det har hänt något i hennes begreppsvärld utan hon har samma uppfattning som året innan. Det är vatten som finns på locket men hur det kommit dit vet hon inte.

Irene 1999

Hon hävdar att det är ånga på locket och att den kommer från varmt vatten men hon har ingen förklaring till hur det kommit upp till locket. Vid detta tillfället uttrycker hon sig på följande sätt:

Ånga. Det är små vattenmolekyler från vattnet.

Flytit upp.

Hon ger en ganska klar bild av att det är en vattenrörelse och även en förklaring till denna vattenrörelse. Hon har nu också börjat ta till sig ett partikelbegrepp.

Irene 2000-2002

Under den här perioden händer inte så mycket med Irenes begreppsutveckling. Vid något tillfälle så uttrycker hon det som följer:

Det blir ånga. Det är vattenmolekyler som flutit upp.

Irene 2003

Här håller Irene fast vid att det är ånga på locket och redogör för hur ångan kommit upp till locket:

Tex. om det blir för varmt och så blandas det med kallt så kommer vattnet på locket för att är instängt och sedan vill det avdunsta och kommer upp till locket.

Avdunstning förklarar hon på följande sätt:

..... sådana vattenmolekyler som försvinner upp i luften.

Nu använder hon sig av begreppet avdunstning och kopplar det till ett partikelbegrepp.

Irene 2004

Vid intervjutillfället i december 2004 pratar Irene om att det är vatten som avdunstat och blivit ånga men hon kopplar även avdunstningen till partikelbegreppet genom att hon hävdar att det är vattenmolekyler som lämnar vattnet och kommer ut i luften. Hon tar upp begreppet "ånga" och på frågan vad hon tänker om vad "ånga" är svarar hon:

Vatten som avdunstar.

På frågan hur hon tänker kring avdunstning så får vi nu följande svar:

Alltså att det är så varmt att luften tar de vattenmolekylerna som kommer upp i luften.

Dp							
Dm							
Cp							
Cm							
Bp			■	■	■	■	
Bm	●	●					
Ap							
Am							
O							
	1997:1	1997:2	1998	1999:1	1999:2	2000	

Figur 2. Kategorisering av Filip under 1997-2006.

har lämnat molekylbegreppet bakom sig och börjat grunda sitt resonemang på, som vi tolkar det, en makroskopisk modell för att förklara det han ser. Filip beskriver avdunstning utan att ta stöd av en partikelmodell. Han uttrycker sig bl.a. på följande sätt:

Det är att som att ånga satt sig på ett glas eller fönster så blir det immå.

Vattnet skulle avdunsta. Om man har det öppet så går ångan ut (2001).

Vattnet blir varmt och så blir det ånga. Ångan stiger upp i luften. Solen gör så att havet blir varmt och vattnet avdunstar. Då blir det moln som gör så att det regnar (2003).

Vattenånga har avdunstat från vattnet och lagt sig på lockets undersida. Ja när vattnet blir varmt. Ja t.ex. när man kokar vatten och vänder på locket så ser man att vattendroppar har fastnat på locket. Det är samma sak händer här men mycket mindre mängd som landar på locket eftersom vattnet inte kokar. Om locket tas bort så är det som att koka vatten utan lock då man ser att vattenånga kommer ut från kastrullen och det ligger inte kvar ovanför utan sprider sig ut i luften (2005).

Filip använder begreppet vattenånga i vardaglig mening som synlig vilket han kopplar till den "rök" som kan ses ovanför vatten som kokar.

I intervjun 2006 använder han sig endast av den mikroskopiska förklaringsmodellen och uttrycker sig på följande sätt:

Vattnet har avdunstat.

För att vattnet värms upp och blir vattenånga och då blir molekylerna rörliga och nästan skjuts iväg från vattnet och flyger iväg i luften. Om man hänger tvätt och det blåser kan vinden ta med sig vattenpartiklar.

Sista uttalandet ovan antyder att Filip inte insett att vattenmolekylerna hela tiden är i rörelse och att den hastighetsfördelning som finns gör det möjligt för molekyler med hög hastighet att lämna "på egen hand".

Sammanfattning av intervjuerna med Filip

I figur 2 kan man se hur Filip använder förklaringsmodeller vid olika intervjutillfällen. Han tar nytta av partikelbegreppet tidigt men överger det då han hittar en makroskopisk förklaringsmodell som bygger på avdunstning genom fasändring. Denna modell håller han fast vid ända fram till intervjutillfället 2005 då han blandar in partikelbegreppet igen och blandar en makroskopisk förklaringsmodell med en mikroskopisk förklaringsmodell för att sedan 2006 övergå helt till den mikroskopiska förklaringsmodellen.

Dp							
Dm							
Cp							
Cm							
Bp					■		
Bm				●			
Ap						■	
Am	●	●	●				
O							
	1997:1	1997:2	1998	1999:1	1999:2	2000	

Figur 3. Kategorisering av Alf under 1997-2006.

utan när han använder begreppet avdunstning så kopplas det till en förflyttning av vattenmolekyler, alltså en svag antydning till en mikroskopisk tankemodell. I figur 3 åskådliggörs Alfs användning av förklaringsmodeller vid olika intervjutillfällen.

Intervjuer med Patrik

Patrik 1997-1998

Vid de här tillfällena så pratar Patrik bara om att det finns luft i vattnet som åker upp till locket och fastnar där. Så här uttrycker han det:

Ja, det kommer från vattnet. Luften kommer upp från vattnet och fastnar på skivan för den kan inte komma ut.

Patrik 1999-2000

Patrik börjar nu prata om att vattnet blir vattenånga. Efterhand så tar han även hjälp av ett partikelbegrepp för att få ett stöd för sina tankar. Så här uttrycker han det i den andra intervjun 1999:

Dp							
Dm							
Cp							
Cm							
Bp					■	■	
Bm				●			
Ap							
Am			●				
O	▲	▲					
	1997:1	1997:2	1998	1999:1	1999:2	2000	

Figur 4. Kategorisering av Patrik under 1997-2006.

Sammanfattning av intervjuerna med Patrik

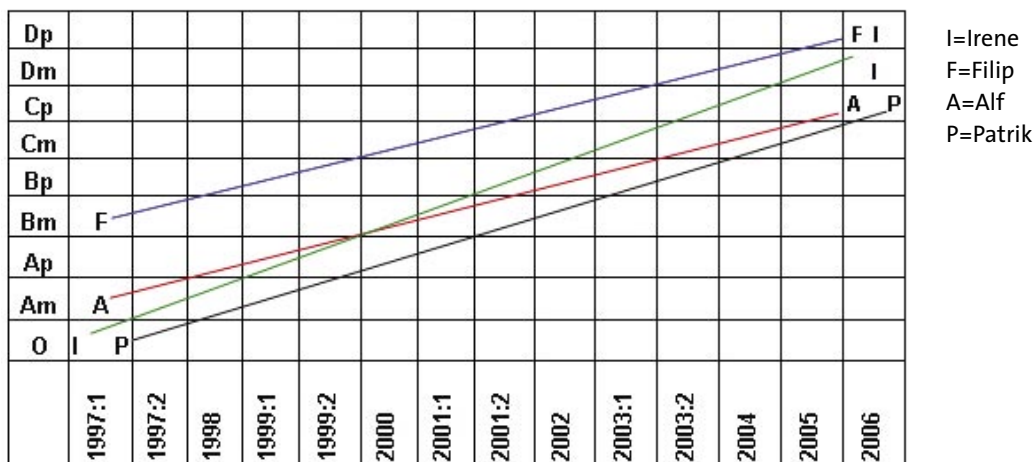
I figur 4 kan man se hur Patrik använder förklaringsmodeller vid olika intervjutillfällen. I början uttrycker han ingen direkt uppfattning men längre fram i studien börjar han fundera mer på vad som händer med vattnet. Under en period pratar han om att vattnet blir vattenånga. Under åk 7-9 är han konsekvent i sina tankar och pratar om att vattnet avdunstar och att det är vattenmolekyler som lämnar vattnet och kommer ut i luften. Han kopplar inte avdunstning till fasändring utan hänger upp sin förklaring på ett partikelbegrepp. Som vi ser det har vi här en antydning till en mikroskopisk tankemodell.

SAMMANFATTNING AV RESULTAT

Vid vår analys av intervjuerna från 1997 till 2006 ser vi att en stor del av eleverna faktiskt använder sig av det tidigt introducerade partikelbegreppet för att på något sätt förklara olika fenomen vid olika tillfällen i studien. Vissa håller fast vid detta genom hela studien och förklarar både vattnets fasändringar och avdunstning med hjälp av ett partikelbegrepp medan andra bygger upp sina förklaringar med hjälp av partikelbegreppet under en period och sedan lämnar denna förklaringsmodell. Analysen visar dock att varje elev någon gång under studiens gång tar hjälp av partikelbegreppet för att förklara sin uppfattning. Vidare ser vi att eleverna sällan håller sig till en renodlad makroskopisk eller en mikroskopisk förklaringsmodell. Ofta blandar de modellerna eller använder olika modeller vid olika tillfällen under studiens gång vilket också Eskilsson (2001) konstaterar. Eleverna använder den modell som de för tillfället tycker passar dem bäst, beroende på sammanhang.

Vi ser ingen linjär utveckling hos eleverna och ibland går utvecklingen tillfälligt tillbaka men vi kan hos alla elever se en samlad utveckling, men i olika hög grad. Genom att vi har följt samma elever under en lång tid och med jämna mellanrum intervjuat dem så kan vi se hur varje elev har utvecklat sina begrepp. Detta hade inte varit möjligt på samma sätt om vi bara hade gjort enstaka nedslag hos eleverna. Om vi t.ex. bara hade tittat på resultatet 1997 och 2006 hade det varit som i figur 5. Då kan man inte följa hur utvecklingen mellan första och sista intervjun hos varje enskild elev sett ut.

Det vi också ser är att när eleverna blir äldre så har de mer utvecklade tankar vilket troligtvis kan bero på att de har mer kunskap och större erfarenhet att utgå ifrån i sina resonemang om naturvetenskapliga fenomen. Detta är ett resultat som även Tytler (2000) rapporterade.



Figur 5. Kategorisering av de fyra eleverna utifrån två tillfällen 1997 och 2006.

DISKUSSION

Longitudinella studier ger olika aspekter på lärandet men också bättre information om hur enskilda elever lär sig (White, 2001). Den här typen av studier kan också vara en lärprocess för eleverna under tiden den pågår vilket innebär att de upprepade intervjuerna naturligtvis kan påverka eleverna och därmed också resultatet, vilket i sin tur kan påverka tillförlitligheten. Dessa risker måste beaktas i analysen av materialet. White och Arzi uttrycker det på följande sätt:

No one study is going to be so perfect, completely free of threats to the validity of its conclusions or insights. Researchers can, though, aim to reduce the threats as much as possible. In the end, the best way to ensure validity is for independent researchers to replicate the study.

(White & Arzi, 2005, s. 144)

Vi menar att fördelarna är fler än nackdelarna eftersom vi i vår studie sett att en longitudinell studie ger såväl tydliga som djupa insikter kring hur elever utvecklar sitt eget lärande. Huvudsyftet med studien har varit att följa eleverna i deras utveckling och att stödja utvecklingen genom att tidigt introducera ett molekylbegrepp och vi vill hävda att vi har hjälpt de elever som har deltagit att bygga upp begrepp som hjälper dem att förstå och beskriva sina erfarenheter.

Partikelmodellen så som vi har introducerat den kan ge eleven möjlighet att använda sig av ett naturvetenskapligt modelltänkande, vilket är ett av målen för den naturvetenskapliga undervisningen i grundskolan. Eleven kan använda partikelmodellen för att förklara det som observeras och för att göra förutsägelser. Samtidigt tycks en tidig introduktion av molekylbegreppet kunna påverka deras lärande i samtliga naturvetenskapliga ämnen långt upp i åldrarna vilket överensstämmer med vad Novak och Musonda (1991) konstaterat.

Papageorgiou och Johnson (2005) har via en undervisningssekvens undersökt om ett tidigt introducerat partikelbegrepp hjälper eller hämmar elevers förståelse av fasändringar. Resultatet visar att en stor del av eleverna använder sig av partikelbegreppet i sina förklaringar och det verkar vara till hjälp för dem. De tycker att de har bevis för att partikelbegreppet hjälper till att utveckla elevernas förståelse för fasändringar och kan inte se att det hindrar dem i sin utveckling. Häggström (2006) ser inte heller något hinder för att införa molekylbegrepp tidigt i skolan. Vi ser utifrån vår studie att flera elever ganska tidigt använder ordet molekyl eller vattenmolekyl i sina förklaringar. Därför hävdar vi att om man tidigt introducerar ett förenklat partikelbegrepp så ger man eleverna ett hjälpmedel som de kan bygga sina föreställningar kring och på detta sätt kan de också förstå materiebegreppet bättre.

I de läroböcker som dessa elever haft ges inte särskilt stort utrymme till begreppen kring vattnets fasändringar och vattnets kretslopp. I deras fysikbok för årskurs 7 tas t.ex. begreppet avdunstning upp på följande sätt:

Ställer du en skål med vatten inomhus, märker du att vattnet försvinner efter en tid. Vattnet avdunstar och bildar vattenånga.

Vatten kan övergå till gas på två sätt – genom avdunstning och kokning.

(Paulsson, Nilsson, Karpsten & Axelsson, 1996, s. 7)

Det som nämns om partikelbegreppet är följande:

Alla molekylerna i ett ämne hålls samman av mer eller mindre starka krafter. I ett fast ämne håller krafterna kvar molekylerna på bestämda platser. De sitter emellertid inte helt stilla, utan de svänger hela tiden. Om vi värmer det fasta ämnet ökar molekylernas svängningar.

(Paulsson, Nilsson, Karpsten & Axelsson, 1996, s. 7)

I kemiboken nämns inte begreppet avdunstning, om partikelbegreppet står bl.a.

Hos många ämnen är atomerna förenade i grupper som kallas molekyler.

(Mårtensson & Sandin, 1999, s. 66)

I de läroböcker eleverna använder fokuseras inte särskilt på ett modelltänkande och partikelbegreppet introduceras definitivt inte på ett sätt som gör att eleverna stimuleras till att använda det i sina förklaringar. Trots att detta framförs som mål att sträva mot i kursplanen (Skolverket 2000). Läroböckerna ger inte heller eleverna något utrymme för egna funderingar, att själva upptäcka saker och ting eller att själva ställa hypoteser, arbeta kreativt och dra egna slutsatser. Det är viktigt att både läromedel och undervisning stimulerar eleverna och väcker intresse hos dem, samt knyter an till deras vardag. Genom att utmana elevernas föreställningar kan man också få dem att reflektera över vad och hur de lär. Då kan det också bli en koppling mellan skolans undervisning i naturvetenskap och den vardag som elever möter utanför skolan. Detta har vi sett tydliga tecken på i samband med våra undervisningsinsatser.

I den här studien har eleverna getts möjlighet att uttrycka sina tankar muntligt, både enskilt och i grupp. De har fört "naturvetenskapliga" resonemang kring olika fenomen i olika sammanhang. Baserat på dessa erfarenheter, menar vi, att undervisningen i dagens skola måste omfatta att det "pratas" mer naturvetenskap i klassrummet, att elevernas utmanas utifrån sina förutfattade meningar och att de ges möjlighet att reflektera över sitt eget lärande. Kommunikation är viktig för att ett arbete ska gå framåt. Samtalet bygger på att man delar med sig av sina idéer och upptäckter. Detta väcker nya tankar och idéer och det öppnas nya vägar. Under våra undervisningsinslag har vi låtit eleverna resonera kring de olika fenomen vi har ställt dem inför och deras idéer har utmanats både av oss och av eleverna i gruppen.

Eleven måste få lära känna vetenskapligt ämnesinnehåll och initieras i teoretiska modeller genom att lära känna hur de används i vardagliga sammanhang, så att man med stöd av dessa kan lära sig hur man ska förstå och värdera vetenskapliga resonemang i vardagen. Det är därför viktigt att konkreta exempel i givna sammanhang diskuteras med hjälp av modellbaserade förklaringar med eleverna. I detta är vi överens med Ogborn (1996) som säger att det är viktigt att arbeta mycket konkret för att eleverna ska få begrepp och erfarenheter av olika naturvetenskapliga fenomen, men påpekar också att de måste även få möta vetenskapliga förklaringar. I de undervisningsinsatser, som vi har genomfört, har vi hela tiden varit konkreta och utgått från vardagliga fenomen. Vi har diskuterat mycket med eleverna och hela tiden kopplat till deras egna föreställningar. Det vi tycker oss kunna se är att vi faktiskt har påverkat eleverna i deras sätt att tänka. De har blivit mer villiga att framföra sina tankar och de har också tillägnat sig ett djupare sätt att diskutera olika fenomen.

Vi tror att undersökningar av det slag som rapporteras här kan ge viktig information som kan användas för att utveckla den naturvetenskapliga undervisningen i grundskolan så att det i klassrummet ges ett större utrymme för elevernas spontanitet, kreativitet och egna tankar och att eleverna ges möjlighet att resonera mer kring olika naturvetenskapliga fenomen och prova olika teoretiska förklaringsmodeller. En viktig aspekt av att man tidigt börjar med en konkret och vardagsinriktad naturvetenskaplig undervisning i skolan är att eleverna kan få en positiv attityd till ämnet.

REFERENSER

- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology. A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Bar, V. & Travis, A., S. (1991). Childrens' Views Concerning Phase Changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Bar, V. & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
- Driver R. (1985). Beyond Apperance: The Conservation of Matter under Physical and Chemical Transformations. I R. Driver, E., Guesne, & A. Tiberghien, (Red.), *Children's Ideas in Science* (s 145-169). Suffolk: Open University Press.

- Driver, R., Leach, J. T., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Eskilsson O. (2001). *En longitudinell studie av 10-12-åringars förståelse av materiens förändringar*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis
- Fensham, P. (1994). Beginning to teach chemistry. I P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Red.), *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning* (s 14-28). London: Falmer.
- Giere, R. (1997). *Understanding Scientific Reasoning* (4th ed.) Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Ginsburg H. (1997). *Entering the child's mind*. Cambridge. University Press.
- Helldén, G. (2004). En longitudinell studie av hur lärande i naturvetenskap utvecklas tidigt i grundskolan. I E.K. Henriksen och M. Ødegaard (Red.), *Naturfagenes didaktikk – en disiplin i förändring? Det 7. nordiske forskersymposiet om undervisning i naturfag i skolen* (s 301–314). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Helldén, G. (2005). Exploring Understanding and Responses to Science: A Program of Longitudinal Studies. *Research in Science Education* 35, 99–122.
- Holgersson, I, Helldén, G, Lindner, A & Löfgren, L. (2000). Barns förståelse av materia och dess transformationer. I L. Aho & J. Viiri (Red.), *Undervisning i naturvetenskap ur kultur-, teknologi- och miljöperspektiv* (s 376-383). Joensuu: Joensuu universitet.
- Holgersson, I. & Löfgren, L. (2004). A long-term study of students' explanations of transformations of matter. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* ,4(1), 77 – 96.
- Hägström Y. (2006). Förskoleklasslevers uppfattningar av molekylbegreppet. I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelsen (Red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter. Det 8. nordiske Forskersymposium om undervisning i naturfag* (s 201-208). Köpenhamn: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Johnson, P.M. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20, 393-412.
- Krnel, D., Watson, R. & Glazar, S. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20, 257-289.
- Lindner A-C. & Redfors A. (2006a). Longitudinell studie av hur grundskoleelevers uppfattningar om fysikaliska fenomen utvecklas. I L. Häggblom, I. Palmberg & K. Ström (Red.), *Från naturvetenskap och specialpedagogik till hållbar utveckling inom lärarutbildningen 2004*, rapport nr 19/2006 (s 93-107). Vasa: Åbo Akademi.
- Lindner A-C. & Redfors A. (2006b). Kan grundskoleelevers uppfattningar om fysikaliska fenomen utvecklas genom riktade undervisningsinsatser? I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelsen (Red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter. Det 8. nordiske Forskersymposium om undervisning i naturfag* (s 217-225). Köpenhamn: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Mårtensson G. & Sandin H. (1999). *Kemi åk 7*. Lund: Gleerups.
- Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Novak, J. D. (1993). Human Constructivism: A Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning Making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167-193.
- Osborne, R. & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 209, 825-838.
- Paulsson B., Nilsson B., Karpsten B. & Axelsson J. (1996). *Fysik Lpo för grundskolans senare del. Bok 1*. Helsingborg: TEFY.
- Piaget, J. (1982). *The child's conception of the world*. London: Paladin.
- Ogborn J. et al. (1996). *Explaining Science in the classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Papageorgiou G. & Johnson P. (2005). Do Particle Ideas Help or Hinder Pupils' Understanding of

- Phenomena? *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317.
- Skolverket, (2000). *Grundskolan, kursplaner och betygskriterier*. Stockholm: Fritzes.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.
- Tytler R. & Peterson S. (2004). Young children learning about evaporation: A longitudinal perspective. *Canadian Journal of Technology, Science and Mathematics Education*, 4(1), 111-126.
- White, R. T. (2001). The Revolution in Research on Science Teaching. V. Richardson (Red.) *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan.
- White, R. T. & Arzi, H. (2005). Longitudinal Studies: Designs, Validity, Practicality and Value. *Research in Science Education*, 35, 99-122.