

Submitted to the Faculty of Educational Sciences at Linköping University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctorate of Philosophy

Studies in Science and Technology Education No 14

Sfärernas symfoni i förändring?

**Lärande i miljö för hållbar utveckling med naturvetenskaplig utgångspunkt
En longitudinell studie i grundskolans tidigare årskurser**

Christel Persson

**Nationella forskarskolan i
naturvetenskapernas och teknikens didaktik**

fontD



Linköpings universitet, Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier,
Norrköping 2008

Studies in Science and Technology Education (FontD)

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD, <http://www.isv.liu.se/fontd>, is hosted by the Department of Social and Welfare Studies and the Faculty of Educational Sciences (OSU) at Linköping University in collaboration with the Universities of Umeå, Karlstad, Linköping (host) and the University of Colleges of Malmö, Kristianstad, Kalmar, Mälardalen and The Stockholm Institute of Education. FontD publishes the series *Studies in Science and Technology Education*.

Distributed by:

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD,
Department of Social and Welfare Studies
Linköping University
S-601 74 Norrköping
Sweden

Christel Persson (2008)

Sfärernas symfoni i förändring?

Lärande i miljö för hållbar utveckling med naturvetenskaplig utgångspunkt. En longitudinell studie i grundskolans tidigare årskurser.

ISSN: 1652-5051

ISBN: 978-91-85895-02-1

Copyright: Christel Persson, 2008

Printed by: LiU-Tryck, Linköping University, Linköping, Sweden

Abstract

Symphony of the spheres in change? Learning in environment for sustainable development in primary school with a scientific and longitudinal approach.

This research deals with learning in science, including learning in environment for sustainable development. Learning in environment and sustainable development are obligatory perspectives in science as well as in other school subjects. The longitudinal study started in 2003, concerning 28 pupils nine years of age in a city in southern Sweden. Data collection has been caught in the pupils' science lessons from year 2003 to 2006. In order to analyse the pupils' development of concepts in science and in environment for sustainable development, I have videotaped a lot of sequences from the science lessons and followed up with questionnaires and questions in interviews. Stimulated recall is used to find the teacher's intentions and reactions on the outcome of the lessons. The results are analysed according to the *Earth System Science* (ESS) model. It is a model, which describes the relations and interactions between the natural spheres: the atmosphere, hydrosphere, lithosphere as well as the biosphere, including man, and the technosphere/anthroposphere.

The longitudinal approach resulted in important findings regarding the changes in the pupils' answers over time. They develop complicated 'concept webs'. The concepts found among the pupils in this study are e.g. *the hydrological cycle; life; soil; water in every day life; pollution; non-polluting busses* as well as *waste; collecting batteries; corrosion; greenhouse and the increasing greenhouse effect*. Some concepts e.g. *the hydrological cycle, life and soil* can from the beginning be classified as concepts used in science, but also to describe what happens in the environment. Concepts as *pollution; non-polluting busses; collecting batteries; corrosion; greenhouse and increasing greenhouse effect* are used by the pupils to express relations and interactions in and between the natural spheres including man. The relation between man and nature is for the pupils an area of conflicts through the entire study when the pupils from a scientific approach will be aware of the impact on living ecosystems including themselves, today and in the future. The concepts are often connected to each other in a more or less complicated network, 'concept webs'. The obtained results indicate that the Socratic dialogue is a possible and successful method to use for the development of pupils' concepts in environmental questions and issues.

Another finding in the study is how different methods, e.g. *Play and learning*, support environmental learning and learning for sustainable development during the science lessons. Play is important in integrated learning and gives opportunity to understand others' perspectives, *Theory of mind*. The results indicate an integrated learning process by the pupils, implying in what way they express human impact on nature.

Keywords: Science education, Learning in environment for sustainable development, Primary school, Earth System Science, Socratic dialogue, Integrated learning, Stimulated recall, Play and learning, Longitudinal study

INNEHÅLL

Förord

<u>1 INLEDNING</u>	1
1.1 ÄMNESOMRÅDEN MILJÖ OCH HÅLLBAR UTVECKLING	2
1.2 LÄRANDE I NATURORIENTERANDE ÄMNE OCH I MILJÖ FÖR HÅLLBAR UTVECKLING.....	3
1.3 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR.....	4
1.4 AVHANDLINGENS DISPOSITION	5
<u>2 MILJÖVETENSKAPLIGT RAMVERK</u>	7
2.1 MILJÖ, MILJÖVETENSKAP OCH HÅLLBAR UTVECKLING	7
2.2 MÄNNISKAN, NATUREN OCH MILJÖN.....	8
2.3 <i>SYSTEM JORDEN</i> SOM VETENSKAPLIG BAKGRUND	10
2.4 CENTRALA BEGREPP	12
<u>3 FORSKNING INOM MILJÖVETENSKAP OCH DIDAKTIK</u>	15
3.1 MILJÖVETENSKAP SOM FORSKNINGSMÅL	15
3.2 MILJÖDIDAKTISK FORSKNING	17
3.2.1 FÖR MIN STUDIE RELEVANT MILJÖDIDAKTISK FORSKNING	18
3.2.1.1 Människan och naturen	20
3.2.1.2 Begreppsbyggnad ur ekologiskt och miljövetenskapligt perspektiv.....	22
3.2.1.3 Modelltänkande	24
3.2.2 MILJÖDIDAKTISKA FORSKNINGSTRADITIONER OCH UNDERVISNINGSTRADITIONER.....	25
3.2.2.1 Positivistisk forskningstradition och faktabaserad undervisningstradition	25
3.2.2.2 Tolkande forskningstradition och normerande undervisningstradition	26
3.2.2.3 Socialkritisk forskningstradition och undervisning om hållbar utveckling	26
3.2.3 KONSEKVENSER FÖR UTVECKLINGEN AV LÄROPLANER	28
3.3 AVHANDLINGENS INPLACERING.....	29
3.3.1 NATURVETENSKAPERNAS DIDAKTIK.....	30
3.3.2 FÖRÄNDRINGAR OCH UTVECKLINGSTENDENSER	31
<u>4 PERSPEKTIV PÅ LÄRANDE</u>	33
4.1 LÄRANDE MED KONSTRUKTIVISTISK UTGÅNGSPUNKT.....	33
4.2 LÄRANDE UR ETT KLASSRUMSPERSPEKTIV.....	36
4.2.1 DEN SOKRATISKA OCH METAKOGNITIVA DIALOGEN.....	36
4.2.2 ORD, UTTRYCK OCH SPEL I LÄRANDET	38
4.2.3 IAKTTAGELSER OCH AKTIVITETER I LÄRANDET	40
4.3 TEORIER OM BEGREPPSBILDNING OCH BEGREPPSUTVECKLING	42
4.3.1 UTVECKLING AV BEGREPP.....	43
4.3.2 BEGREPP MED TILLÄMPNING I NATURVETENSKAP OCH MILJÖ.....	44
4.4 LEK OCH LÄRANDE	46
4.4.1 <i>LEK OCH LÄRANDE</i> I LÄROPLANER.....	47
4.4.1.1 Ett utvecklingspsykologiskt perspektiv	49
4.4.1.2 <i>Lek och lärande</i> i grundskolan	50

4.4.1.3 <i>Lek och lärande</i> i ett sammansatt perspektiv.....	51
4.5 LEK OCH LÄRANDE I MIN STUDIE.....	51
4.6 SAMMANFATTNING OCH AVHANDLINGENS POSITIONERING	52

5 VAL AV ANALYSINSTRUMENT **55**

5.1 EN MILJÖDIDAKTISK MODELL FÖR LÄRANDE I MILJÖ	56
5.1.1 ANTIKENS NATURFILOSOFI OCH MILJÖFRÅGORNA	57
5.2 SYSTEM JORDENS GRUNDELEMENT	59
5.3 ALTERNATIVA MODELLER.....	61
5.4 ETT IDÉHISTORISKT PERSPEKTIV	62

6 METODOLOGI OCH GENOMFÖRANDE..... **65**

6.1 UNDERSÖKNINGSGRUPP OCH LÄRARE.....	65
6.1.1 NTA OCH LÄROPLANEN.....	66
6.1.1.1 NTA-temat <i>Förändringar</i>	68
6.1.1.2 NTA-temat <i>Kretsar kring el</i>	69
6.1.2 NATURSKOLAN	70
6.1.3 UTMILJÖER FÖR LÄRANDE	71
6.1.4 <i>LEK OCH LÄRANDE</i> SOM PRAKTIK	72
6.2 DEN LONGITUDINELLA STUDIEN	72
6.2.1 TRIANGULERING	73
6.3 DATAINSAMLING	74
6.3.1 VIDEOUPPTAGNINGAR I STUDIEN	75
6.3.2 ENKÄTER MED ELEVER.....	78
6.3.3 INTERVJUER MED ELEVER.....	79
6.3.4 REFLEKTERANDE SAMTAL - <i>STIMULATED RECALL</i>	80
6.3.5 YTTRELLIGARE INSAMLAT MATERIAL.....	81
6.4 LONGITUDINELL ÖVERSIKT.....	82
6.4.1 GRUPPENS FÖRÄNDRING ÖVER TID.....	84
6.4.2 ETISKA ÖVERVÄGANDEN.....	84
6.5 ANALYSINSTRUMENT	85
6.5.1 ANALYSFÖRFARANDE.....	85

7 RESULTAT OCH KOMMENTARER..... **89**

7.1 RESULTAT PÅ GRUPPNIVÅ	90
7.1.1 VATTEN	90
7.1.1.1 Begreppet vatten fångat i videosekvenser över tid.....	91
7.1.1.2 Begreppsutveckling av begreppet vatten.....	94
7.1.2 LIV	101
7.1.2.1 Begreppet liv fångat på videoupptagningar över tid	101
7.1.2.2 Begreppsutveckling av begreppet liv	107
7.1.3 JORD.....	109
7.1.3.1 Begreppet jord fångat på videoupptagningar över tid	109
7.1.3.2 Begreppsutveckling av begreppet jord	115
7.1.4 VATTEN I VARDAGEN	118
7.1.4.1 Begreppet vatten i vardagen fångat i videosekvenser över tid	118
7.1.4.2 Begreppsutveckling av begreppet vatten i vardagen	122
7.1.5 GIFTER	126
7.1.5.1 Begreppet gifter fångat i videosekvenser över tid	126

7.1.5.2 Begreppsutveckling av begreppet gifter.....	134
7.1.6 SOPSORTERING OCH INSAMLING AV BATTERIER	136
7.1.6.1 Begreppen sopsortering och batterier fångat i videosekvenser över tid	136
7.1.6.2 Begreppsutveckling av begreppen sopor och batterier.....	144
7.1.7 ROST	149
7.1.7.1 Begreppet rost fångat på video	149
7.1.7.2 Begreppsutveckling av begreppet rost.....	152
7.1.8 VANLIGA OCH MILJÖVÄNLIGA FORDON	154
7.1.8.1 Begreppen vanliga och miljövänliga fordon fångade i videosekvenser över tid.....	154
7.1.8.2 Begreppsutveckling av begreppen vanliga och miljövänliga fordon	159
7.1.9 VÄXTHUS OCH DEN ÖKADE VÄXTHUSEFFEKTEN.....	161
7.1.9.1 Begreppen växthus och den ökade växthuseffekten fångade i videosekvenser över tid	161
7.1.9.2 Begreppsutveckling av begreppen växthus och den ökade växthuseffekten.....	169
7.2 FALLSTUDIER	173
7.2.1 PIA	173
7.2.2 MARY.....	174
7.2.3 OTTO.....	174
7.2.4 IVAR.....	175
7.2.5 BOB.....	175
7.2.6 JENNY	176
7.2.7 HANS.....	177
7.2.8 KARL.....	178
7.2.9 SUNE	178
7.2.10 SONJA.....	178
7.3 STUDIENS RESULTAT I KORTHET.....	179
7.3.1 ÖVERSIKT ÖVER NÅGRA BEGREPP I ENKÄTER OCH INTERVJUER ÅREN 2003-2006	180
7.3.2 FRAMTIDSPERSPEKTIVET.....	183

8 SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER..... 185

8.1 REFLEKTIONER OM STUDIENS UPPLÄGGNING OCH VALET AV METODER.....	185
8.2 REFLEKTIONER KRING DATAINSAMLINGSMETODER	186
8.3 REFLEKTIONER KRING ANALYSEN.....	188
8.4 UTVECKLING AV BEGREPPSVÄVAR.....	190
8.4.1 BEGREPP MED OLIKA HEMVIST	195
8.4.2 ETT ONTOLOGISKT DILEMMA	196
8.5 RESULTATEN I FÖRHÅLLANDE TILL SYFTET OCH FORSKNINGSFRÅGAN	197
8.5.1 RESULTAT I FÖRHÅLLANDE TILL TIDIGARE STUDIER	197
8.6 FRÅN NATURVETENSKAPERNAS DIDAKTIK TILL MILJÖDIDAKTIK OCH LÄRANDE FÖR HÅLLBAR UTVECKLING.....	203
8.7 UNDERSÖKNINGENS VALIDITET OCH ALLMÄNGILTIGHET.....	204
8.8 STUDIENS HEURISTISKA VÄRDE	205
8.9 IMPLIKATIONER FÖR LÄRARUTBILDNING OCH FORTBILDNING	206
8.10 UTMANINGAR FÖR FORTSATT FORSKNING.....	207
8.11 SLUTSATSER	208

9 ENGLISH SUMMARY: SYMPHONY OF THE SPHERES IN CHANGE? LEARNING IN ENVIRONMENT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN PRIMARY SCHOOL WITH A SCIENTIFIC AND LONGITUDINAL APPROACH 211

9.1 INTRODUCTION.....	211
9.1.1 AIM AND RESEARCH QUESTION	211
9.2 BACKGROUND.....	212

9.2.1 THEORETICAL FRAMEWORK	212
9.2.2 LEARNING IN SCIENCE AND ENVIRONMENT	213
9.2.3 ENVIRONMENTAL DIDACTICS IN DIFFERENT CONTEXTS	214
9.2.4 FORMATION AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL CONCEPTS	215
9.2.5 ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN RESEARCH AND EDUCATION	216
9.2.6 LEARNING THEORIES	217
9.2.7 EARTH SYSTEM SCIENCE AS SCIENTIFIC BACKGROUND	218
9.3 METHODOLOGY	219
9.3.1 METHODS AND SAMPLES	219
9.3.1.2 Design	219
9.4 ANALYSIS	222
9.4.1 CONTENT OF DATA COLLECTION	222
9.4.2 THE PROCESS OF THE ANALYSIS	222
9.5 RESULTS.....	225
9.5.1 RESULTS FROM THE VIDEO RECORDING	226
9.5.2 CASE STUDIES	231
9.6 WHAT IS NEW IN THE STUDY?	232
9.6.1 WHICH NEW QUESTIONS ARE POSED?	232
9.6.2 SUM UP OF THE MAIN RESULTS	234
9.7 LEARNING ENVIRONMENTAL SCIENCE IN THE FUTURE?	235
9.7.1 IMPLICATIONS	235
9.8 CONCLUDING REMARKS	236
<u>10 REFERENSER</u>	<u>239</u>
<u>BILAGOR</u>	<u>263</u>

Förord

Mitt forskningsintresse som kommer till uttryck i avhandlingen har en lång historia bakom sig. I grunden är jag utbildad lärare i matematik och naturvetenskapliga ämnen med ett stort intresse för lärande och didaktiska frågor. I praktiken har jag tillämpat de förvärvade kunskaperna efter avlagd lärarexamen år 1992 inom grundskolan, gymnasieskolan, komvux och sedan år 2001 inom högskolan. Mitt brinnande intresse för dessa frågor under en längre tid tillsammans med innehållets aktualitet i världen idag, är en av anledningarna till att avhandlingen riktar sig till såväl didaktiskt inriktade forskare som praktiker, d.v.s. aktivt verksamma lärare.

Redan under tiden som aktiv lärare i skolan fick jag tillfälle att delta i en kurs i forskningsmetodik vid Lunds universitet, 1999. Den gav bestående intryck beträffande frågor om forskning och forskningens karaktär bl.a. genom belysning av skillnaden mellan lärar- och forskarrollen samt mellan genuin och artificiell forskning. Särskilt fäste jag mig vid betydelsen av vetenskapshistoria och vetenskapsteori, men också etiska förhållningssätt i all forskning. Kursen ledde också till att jag påbörjade och genomförde en magisterutbildning i utbildningsvetenskap med inriktning mot praktisk pedagogik vid Malmö Högskola. Jag fördjupade mig inom ämnesområdet matematik och datorer i undervisningen i ett 0-13 års perspektiv. Det gav mig en bred grund att stå på avseende olika lärandeteorier och val av metoder vid genomförande av vetenskapliga arbeten med större mängder av insamlad empiri av såväl kvalitativ som kvantitativ art.

Ytterligare empiriska studier i anslutning till några högskoledidaktiska kurser bidrog till mitt intresse att ansöka till *Nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik* (FontD), vårterminen 2003. Under tiden fördjupade jag också mitt intresse i miljö som läroboksförfattare och redaktör. Det vidgade mina perspektiv på såväl naturvetenskap som miljö genom utbytet med forskare och läsare med olika bakgrund.

Inom den pågående forskarutbildningen har jag förutom de obligatoriska kurserna valt att allt efter hand täcka in naturvetenskapernas och miljövetenskapernas didaktik. Några ämneskurser vid *Institutionen för Miljö och Energisystem*, Lunds Tekniska Högskola, kan därför ses som komplement till min examen i utbildningsvetenskap. Kurserna har vidgat avhandlingsarbetets perspektiv på ett avgörande sätt genom att tydliggöra att den teknik som samhället och vi alla använder behöver miljöanpassas för att uppnå hållbar utveckling. Ett annat centralt område i min avhandling behandlar *lek och lärande*, där jag inriktar mig på lekens betydelse för kommunikation och dialog mellan lärare och elever samt mellan eleverna. Doktorandkursen *Lek och kunskap* med kursledare professor Ingrid Pramling Samuelsson vid Göteborgs universitet, gav inspiration och överblick över aktuell forskning inom forskningsområdet *lek och lärande* och val av metoder. Forskning avseende *lek och lärande* i åldrarna 8-12 år är ett område som är föga utforskat särskilt med denna inriktning. Medlemmarna i det nationella nätverket, *Centrum för tekniken i skolan* (CETIS), har också på ett utvecklande sätt bidragit till fördjupade diskussioner som anknyter till ämnesområdet. Ett stort tack riktas till er, med universitetslektor Thomas Ginner, Campus Norrköping, Linköpings Universitet, i spetsen.

Under forskarutbildningen har jag deltagit i ett antal nationella och internationella konferenser där bemötandet avseende min forskning från början gett indikationer på att området verkligen är angeläget. Förutom föreliggande monografi har jag också publicerat artiklar och konferensbidrag såväl nationellt som internationellt. Mitt avhandlingsarbete har t.ex. fått

vetenskaplig acceptans av forskarsamhället genom publicering av artikeln *Nya former för lärande. Leken som ett redskap i lärandet i miljö i grundskolans tidigare årskurser* i den nordiska vetenskapliga tidskriften NorDiNa år 2006 samt artikeln *Learning environmental concepts in primary school for sustainable development*, publicerad i Journal of Earth System Science Education, NASA, år 2007. Ett stort tack i samband med artikelns framväxt vill jag rikta till Doctor in Science Anna Musidłowska-Persson, Syngenta Seeds, Landskrona. Jag vill även tacka redaktören på tidskriften JESSE, professor Martin Ruzek, för det redaktionella stöd han gav oss i samband med publiceringen av artikeln. Tack till docent Sven-Åke Lennung, för att du läste och gav respons på mitt manus inför mitt 60%-seminarium våren 2006. Jag vill också tacka professor Ola Halldén, Stockholms Universitet, för konstruktiva synpunkter vid 60%-seminariet och för att du gav vetenskapliga argument för en miljövetenskaplig inriktning av avhandlingsarbetet. Vidare vill jag tacka mina båda läsare professor Bengt Nihlgård, Lunds Universitet, och universitetslektor Pia Williams, Göteborgs Universitet, för noggrann granskning och konstruktiv kritik av manus i samband med mitt slutseminarium. Ett stort tack till diskutant professor Christina Kärrqvist, Göteborgs Universitet, för konstruktiva synpunkter vid slutseminariet. Tack till FD Charlotta Turner, Uppsala Universitet, för granskningen av avhandlingens engelska sammanfattning. Jag tackar även teknologie doktor Mattias Persson, Carlsberglaboratoriet, Köpenhamn, för granskningsinsatser. Jag tackar de handledare som bistått mig på vägen i detta avhandlingsarbete, professor Gustav Helldén, Högskolan Kristianstad, professor Andreas Redfors, Högskolan Kristianstad och universitetslektor Olle Eskilsson, Högskolan Kristianstad. Tack Gustav för konstruktiva synpunkter bland annat gällande resultatredovisningens utformning i samband med mitt slutseminarium. Tack till forskargruppen LISMA, *Learning in Science and Mathematics*, Högskolan Kristianstad, och *Forskarnätverket för utbildning och hållbar utveckling* för det utrymme jag fått att ventilera delar av mitt avhandlingsarbete. Tack till nätverkets samordnare docent Per Wickenberg, Lunds Universitet. Det största tacket vill jag rikta till min huvudhandledare professor Bengt Nihlgård som varit intresserad av avhandlingens huvudfrågor redan i ett tidigt skede och som bistått mig med innehållsrika diskussioner och medverkat till kvalitetssäkring av såväl ämnesinnehåll som didaktiska perspektiv i avhandlingen. Vidare vill jag tacka ledningen i FontD och de doktorander och handledare som är en del av FontD, för givande diskussioner av ämnesdidaktisk karaktär och stöd, samt trevligt sällskap på de konferenser vi deltagit i. Inom Linköpings Universitet vill jag även passa på att tacka studentkåren vid Filosofiska fakulteten. Tack arbetskamrater inom den tematiska inriktningen *Språk och skapande* vid Högskolan Kristianstad för stöd och engagemang på vägen. Tack Mariann, Camilla, Sharon, Boel, Annica, Anna-Lena och Annika.

Jag är oerhört tacksam gentemot de elever och lärare som lät mig följa dem under sitt arbete med NO i skolan. Utan er hade inte detta projekt kunnat genomföras.

Tack Åke, för stöd på alla vis, inklusive teknisk support!

Tack släkt och vänner för all uppmuntran på vägen!

Tack!

Ängelholm, december 2007

Christel Persson

1 Inledning

Min avhandling handlar om hur yngre elever i grundskolan i sitt lärande utvecklar olika begrepp och samband liksom grundläggande sammanhang inom NO-undervisningen. Forskningen har en naturvetenskaplig utgångspunkt samtidigt som lärande i miljö och hållbar utveckling beaktas utifrån ett tekniskt/antropogent perspektiv som också ger en samhällsvetenskaplig och social dimension. Eleverna i undersökningsgruppen var vid studiens början år 2003 nio år gamla och gick i årskurs 3. Jag studerar lärandet longitudinellt under klassens NO-undervisning från år 2003 t.o.m. 2006. Klassens NO-lärare svarar för all planering och genomförande av NO-undervisningen i klassen. Däremot är läraren inte informerad om hur forskningen är upplagd.

Jag har funnit stöd att välja en naturvetenskaplig utgångspunkt från bl.a. de resultat som redovisades under den internationella miljökonferensen i Johannesburg 2002, *The World Summit on Sustainable Development*, WSSD, särskilt *The International Council of Scientific Unions*, ICSU, i Ubuntu. I den sessionen betonades vikten av att forskare och lärare använder naturvetenskap och teknik som utgångspunkt för samhällets arbete med att uppnå en hållbar utveckling (Bhaskar, 2003). Ett annat resultat av Johannesburgskonferensen innebar att UNESCO utlyste perioden 2005-2014 som *The United Nations Decade of Education for Sustainable Development* (UNESCO, 2005). Enligt utredningen *Att lära för hållbar utveckling* kännetecknas utbildning för hållbar utveckling bl.a. av att innehållet spänner över lång sikt från dåtid till framtid och från det lokala till det globala (SOU, 2004:104).

Redan under antiken lades grunden till en helhetssyn på jorden och människans relation till den. Kunskapen om materia och fysikaliska processer, kemiska reaktioner och energi har utvecklats under århundraden i synnerhet i vår tid. De existentiella frågorna kvarstår dock, antingen det handlar om elementen eller det hållbara samhällets utveckling (Frängsmyr, 2004; McNeill, 2000, 2003; Uddenberg, 2005).

Frågor om miljö såväl som hållbar utveckling ryms inom *System Jorden* med delsystem. Delsystemen är de naturliga sfärerna atmosfären, hydrosfären, litosfären och biosfären samt teknosfären/antroposfären jämte den energi som omsätts (Andersson, 2001; Andersson, Kärrqvist, Löfstedt, Oscarsson & Wallin, 1999).

Det är uppenbart att mycket intressant och relevant undervisningsinnehåll är förknippat med de olika sfärerna.

(Andersson, 2001, s.19)

Ett flertal exempel i litteraturen visar att först när olika processer i naturen relateras till de olika sfärerna är det möjligt att tydliggöra växelverkan mellan exempelvis biosfär, atmosfär, hydrosfär, litosfär och teknosfär i detalj och i sin helhet (ESS, 2006; FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007; Gough, N., 2002; IGBP 2006a; Johnson, Ruzek & Kalb, 2000; McNeill, 2000, 2003; Young, Noone & Steffen, 2006). De senare referenserna hänför sig till den forskning som under de senaste tjugo åren utvecklats under begreppet *Earth System Science*, ESS, främst i USA men som också har anknytning till Kungliga Vetenskapsakademiens projekt *International Geosphere-Biosphere Programme – A Study of Global Change*, IGBP,

(IGBP, 2006a, 2006b), liksom *International Max Planck Research School on Earth System Modelling* (2006). Forskningen avser såväl grundforskning som forskning inom undervisning och lärande betecknat *Earth System Science Education, ESSE*.

1.1 Ämnesområdena miljö och hållbar utveckling

I läroplan Lpo 94 finns ett antal övergripande perspektiv som ska uppfyllas i samtliga ämnen (Skolverket, 2000a; Utbildningsdepartementet, 1994). Dit räknas bland andra ämnesområdet miljö. Dessutom är vården om vår gemensamma miljö inskriven i skollagen. Redan år 2000 träffades den s.k. Hagaöverenskommelsen, en överenskommelse och handlingsplan, *Baltic 21 Education*, som följer FN:s riktlinjer, innebärande rekommendationer att hållbar utveckling ska föras in i skollag, läroplan och kursplaner (Forsberg, 2001). Ämnesområdet miljö har en vetenskaplig motsvarighet i ämnet miljövetenskap. Utifrån en traditionell uppdelning av universitetens vetenskapsområden på fakulteter får miljövetenskapen karaktären av ett fakultetsöverskridande tvärvetenskapligt ämne. Förståelsen av och för miljöfrågorna kräver en bas av naturvetenskap men också kunskaper inom bl.a. teknik och samhällsvetenskap med flera ämnen. I denna studie har jag valt att likställa miljövetenskap med *environmental science*.

It is an interdisciplinary science that uses concepts and information from *natural sciences* such as ecology, biology, chemistry, and geology and *social sciences* such as economics, politics and ethics to (1) help us understand how the earth works, (2) learn how we are affecting the earth's life-support systems (environment) for us and other forms of life, and (3) propose and evaluate solutions to the environmental problems we face.

(Miller, 2002, s.3)

Därmed blir definitionen bredare än den traditionella synen på miljö, som närmast kan jämföras med definitionen för ämnet ekologi.

Ecology is the study of how organisms interact with one another and with their nonliving environment. In effect it is a study of *connections in nature*.

(Miller, 2002, s.71)

Definitionen för *environmental science* omfattar såväl ekologiska som tekniska och sociala aspekter som i denna studie relateras till lärandet i miljö och hållbar utveckling. Ämnesområdet, som tog form först under 1960-talet, omfattar omsättningen av energi och materia i såväl natur som samhälle i stort och smått i ett hållbart framtidsperspektiv. Enligt Encyclopædia Britannica (2007) liksom Miller (2002) definieras *ecological science* som en underavdelning av *environmental science*. Även Odum, E. P. (1971) samt Odum, E. P. och Odum, H. T. (1971) markerar *environmental science* som en utveckling från *ecological science*.

För lärande inom olika övergripande teman eller perspektiv krävs att eleverna utvecklar begrepp, samband och sammanhang som är specifika för respektive område eller perspektiv d.v.s. miljöbegrepp för lärande i *miljö* (Areskoug, 2005; Ekborg, 2002; Helldén, 1995; Skamp, Boyes & Stanistreet, 2004). För lärande i exempelvis det övergripande perspektivet *etik* utvecklas analogt särskilda begrepp inom detta område.

1.2 Lärande i naturorienterande ämnen och i miljö för hållbar utveckling

De naturorienterande ämnena har enligt kursplanen, bl.a. syftet att sträva efter att skapa hållbar utveckling och utveckla omsorg om natur och människor (Skolverket, 2000a). Kursplanen betonar tre aspekter som är utmärkande för ämnena. Det är kunskap om natur och människa, kunskap om naturvetenskaplig verksamhet samt förmåga att använda dessa kunskaper för att ta ställning i värdefrågor, exempelvis miljö- och hälsofrågor. Lärandet tar fasta på processer i växelverkan på olika nivåer. Det kan gälla från en atomär och molekyllär nivå till en global eller kosmisk nivå. Omsättningen av energi och materia ska iakttas på de olika nivåerna liksom människans betydelse i sammanhanget. Kursplanen skriver fram betydelsen av att de naturvetenskapliga ämnena använder sig av ett historiskt perspektiv och av hur olika förklaringsmodeller växt fram under idéhistorisk tid. Lärande i de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling har en naturlig utgångspunkt i de naturorienterande ämnena, vilket också speglar sig i definitionen av *environmental science*, d.v.s. *human impact on the environment*.

Naturvetenskap som allmänbildning anses vanligen som det viktigaste argumentet för att naturvetenskapliga ämnen ska ges en betydande plats i skolan (Sjøberg, 2005). Matematik och naturvetenskapliga ämnen har också en studieförberedande funktion för många utbildningar. Vikten av en naturvetenskaplig bildning för en hållbar samhällsutveckling är något som det också numera råder stor enighet om (Bhaskar, 2003; Breiting, 2001; Schreiner, Henriksen & Hansen, 2005; Sjøberg, 2005; Skolverket, 2004a; Wood-Robinson, 1995; Östman, 2003). Schreiner et al. (2005) påpekar t.ex. att förståelse av naturvetenskap bör utvecklas genom integrering med exempelvis etiska och politiska perspektiv för handlingskraft.

Tyvär ger de traditionella ämnena sällan svar på frågor om naturen eller hur den förändras, eftersom experiment i laboratorier och klassrum ger en alltför begränsad bild av verkligheten (Sjøberg, 2005). Under lång tid har naturvetare och tekniker i västvärlden betraktats som samhällets hjältar i takt med att upptäckter och uppfinningar medfört ökad välfärd. Under senare delen av 1900-talet ägde enligt forskningsprojektet *The Relevance of Science Education, ROSE*, ett attitydskifte rum (Schreiner, 2006; Schreiner & Sjøberg, 2004; Sjøberg & Schreiner, 2006). Det blev mindre intressant att välja studier i naturvetenskap och teknik i västvärlden, medan det i utvecklingsländer och de nya industriländerna alltjämt är populära studieval. En förklaring till utvecklingen anses enligt refererade källor vara de negativa resultat som tillämpad naturvetenskap och teknik inneburit genom exploatering av naturen i olika delar av världen. Samtidigt kan också bl.a. genusfrågorna ha betydelse för studievalet (Lindahl, 2003). Schreiner och Sjøberg (2005a, 2005b) påpekar också att i Norge heter skolans naturorienterande ämnen *Natur og miljøfag*. Det är ett ämne, som 68 procent av de norska eleverna enligt ROSE-undersökningen anser ger värdefull kunskap i vardagen samtidigt som det stimulerar deras intresse för naturvetenskap.

De ungas inställning till naturvetenskap indikerar ibland på svårigheter att förena de traditionella naturvetenskapliga ämnena med tvärvetenskapliga ämnesområden. Det är en obalans som kan leda till att lärandet i miljö marginaliseras (Gough, A., 2002; Schreiner & Sjøberg, 2005a, 2005b). Inom allt fler områden har det emellertid visat sig möjligt att förena naturvetenskap, teknik och miljö. Det gäller t.ex. inom vetenskapsområdena *ecological engineering* och *ecological design*, som arbetar med att utveckla teknik som minimerar

användningen av energi och råvaror och prioriterar återvinning och återanvändning (Bartha, 1984; Günther, 1994; Hill, 1998, 1999; Nachtigall, 1992).

Lindahl (2003) kommer i sin studie fram till att eleverna har en längtan efter att förstå och om de förstår ökar också motivationen att lära. Vad krävs det då för att skapa stimulans och ökad lust att lära? I skolverkets rapport *Lusten att lära – med fokus på matematik* beskrivs undervisningssituationer som skapar lust hos eleverna (Skolverket, 2003). Både barn, ungdomar och vuxna ombads skriva ner tillfällena då de känt lust att lära. Många av de tillfrågade uttryckte att tillfällena då både kropp och själ var engagerade utgjorde lustfyllda tillfällen för lärande. Elever i alla skolåldrar framhåller att praktiska och estetiska ämnen är lustfyllda. Under de tidigaste skolorn känner många barn fortfarande glädje och lust inför lärande. Dagarna fylls med lek och temaarbete, innehållet i undervisningen är oftast konkret och omväxlande samtidigt som arbetssätten och läromedlen varierar (Skolverket, 2003).

I föreliggande avhandling presenteras forskning gällande elevers utveckling av begrepp och samband relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären. Forskningen genomförs i en klass i grundskolans tidigare årskurser, där elever och undervisande NO-lärare under NO-lektionerna naturligt rör sig mellan olika praktiker för lärande. De olika praktikerna eller lärandemiljöerna, som den undervisande läraren förlagt sin undervisning till omfattar klassrumsundervisning, kommunens naturskola och utomhusundervisning. Arbetet med två olika *Natur och Teknik för Alla teman*, d.v.s. NTA-teman, liksom *lek och lärande* utgör integrerade praktiker i de ovan nämnda. I samtliga praktiker utgör den sokratiska och metakognitiva dialogen inslag. Den sokratiska dialogen består bland annat i att utveckla logiska resonemang utan att den som leder dialogen avslöjar svaren (Forssell, 2005; Guthrie & Keith, 1999; Molander, 1996; Persson, 2006a, 2006b; Taylor, 1939). Med metakognitiva dialoger avses främst området inom den metakognitiva forskningen som handlar om barns förmåga att sätta sig in i andras perspektiv (Astington, 1998). I naturskolan, sorterande under kommunens tekniska förvaltning, utvecklas lärande för både kropp och själ under devisen, *lärande genom hand, hjärta och hjärna* (Cornell, 1994, 1998; Lingelbach & Purcell, 2000).

I denna studie flyter de olika praktikerna in i varandra och möjliggör variationer i undervisning och lärande. Med praktik avser jag den arena som lärandet äger rum i, exempelvis klassrumsmiljön, utomhusmiljön och naturskolverksamheten. I likhet med Davidssons (1999) sätt att definiera leken som en social praktik ser jag *lek och lärande* som en social praktik integrerad i de övriga rumsliga praktiker. En utvidgning är att se olika icke-rumsliga praktiker integrerade i de fysiska praktikerna (Carlgren, 1999). NTA-teman kan i denna studie enligt detta synsätt ses som integrerade praktiker, som äger rum i de fysiska praktikerna. Det levande livet, naturen och samhället finns ständigt närvarande i lärandet (Breiting, Hedegaard, Mogensen, Nielsen & Schnack, 1999).

1.3 Syfte och frågeställningar

Mot denna bakgrund är målet med studien att undersöka lärandet i miljö och lärande för en hållbar utveckling i grundskolans tidigare årskurser med en naturvetenskaplig utgångspunkt. Forskningsobjektet är elevernas utveckling av begrepp i form av ord, uttryck och spel i olika lärandepraktiker i ett samlat lärande samt hur de ser samband och grundläggande sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären. Centralt i begreppsbyggnaden är hur eleverna kan utveckla logiska samband och förstå sammanhang

(Andersson, 2001). Det i avhandlingen studerade lärandet äger rum i de naturorienterande ämnena, vilket innebär att naturvetenskapliga begrepp utvecklas men också andra begrepp som kan hänföras till olika övergripande perspektiv.

Syftet är i detta fall att analysera hur lärandet i de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling tillgodoses genom lärande i naturorienterande ämnen.

Definitionen för hållbar utveckling är given redan i *The World Commission on Environment and Development*.

Development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.

(Brundtlandkommissionen, 1987, s. 43)

I dag uttrycks ofta hållbar utveckling praktiskt som ekologisk, ekonomisk och social välfärd. Enligt UNESCO (2005) avses med hållbar utveckling social och ekonomisk utveckling som befrämjar rättvisa och bevarar den kulturella mångfalden utan att äventyra den ekologiska balansen. Det fordrar nya tankebanor och nya inlärningsmetoder (SOU, 2004:104; Åbo Akademi, 2006).

Den fråga jag ställer är:

Hur utvecklar elever i åldern 9-11 år begrepp för att se samband och grundläggande sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären i NO-lärandet?

Syftet och frågeställningen undersöks och analyseras i föreliggande empiriska studie med *Earth System Science*, *ESS*, och *System Jorden* som analysinstrument och ett ramverk relaterat till lärandet i miljö inkluderande lärandeteorier utifrån konstruktivistiska utgångspunkter.

1.4 Avhandlingens disposition

Efter hand som det omfattande empiriska materialet i form av videobservationer, enkätsvar, intervjusvar med mera växt fram i undersökningen har jag valt att skriva en monografi på svenska med engelsk *summary*. Det sker mot bakgrunden av att det kan anses angeläget att undersöka lärande i miljö för hållbar utveckling utifrån perspektivet *Earth System Science*, *ESS*, i grundskolans tidigare årskurser och att undersökningen blir nationellt tillgänglig.

Kapitel 1 inleder avhandlingen med beskrivning av syftet och frågeställningen. I kapitel 2 presenteras ett miljövetenskapligt ramverk och *System Jorden* tillsammans med den internationella motsvarigheten med *Earth System Science*, *ESS*, samt några för studien centrala begrepp som bakgrund. Kapitel 3 behandlar tidigare forskning inom miljövetenskap och miljödidaktik. I därpå följande kapitel redogör jag för några för studien relevanta lärandeteorier samt gör en fördjupning av teorier om begreppsbildning och begreppsutveckling. Kapitlet avslutas med en positionering av studien. Kapitel 5 handlar om modeller och system inom miljövetenskap och miljö i syfte att ytterligare ge en bakgrund till studiens analysinstrument.

I kapitel 6 har jag valt att göra en presentation av de olika praktiker jag som forskare genomför studien i. Där behandlas också metoder och genomförande. Slutligen redovisas resultat med kommentarer på såväl grupp- som individnivå. Därpå följer i kapitel 8 en sammanfattande, reflekterande diskussion tillsammans med slutsatser av studiens resultat. Sist i avhandlingen finns det en engelsk *summary*.

2 Miljövetenskapligt ramverk

Redan Carl von Linné tog fasta på att allt hänger samman i naturen såväl i stort som i smått med en tydlig ändmålsenlighet som grund. I skriften *Om jämvikten i naturen* redogör Linné för hur vist samspelet i naturen är inrättat, där ingen livsart tillåts överskrida sina gränser och inga arter tillåts utrotas helt (Broberg, 1978). Det var långt innan Haeckel under senare delen av 1800-talet myntade begreppet ekologi och Tansley under 1900-talets första hälft lanserade begreppet ekosystem uppenbart att sambanden i naturen också berör människa, ekonomi och livsstil (Haeckel, 1882; Tansley, 1923, 1939). Grunden till det ämnesområde som i dag kallas miljövetenskap lades redan under 1700-talet (Frängsmyr, 2004; McNeill, 2003; Sörlin & Öckerman, 2002).

2.1 Miljö, miljövetenskap och hållbar utveckling

Miljö som begrepp i den betydelse vi lägger i det i dag kom så småningom att växa fram främst inriktat på uppkomna miljöproblem. *Silent Spring* är ett exempel på rapporter som sedan följts av en allt stridare ström av larmrapporter, som medfört att miljö nästa helt blivit förknippat med problem (Carson, 1963).

Språkligt kan ordet miljö härledas från latinets *medius locus* och franskans, *milieu*. Båda uttrycken betyder egentligen mitt. På tyska är ordet för miljö *Umwelt*, d.v.s. omvärlden och på engelska *environment*, omgivning. Av dessa språkexempel kan slutsatsen dras att begreppet miljö fått en förskjuten betydelse och en syftning på omvärlden (Sörlin & Öckerman, 2002). Begreppsförändringen, som ägt rum under 1900-talet har lett fram till dagens allmänna uppfattning om vad ämnet miljö står för. Det är ett brett område som berör flera traditionella ämnen. Grunden för en djupare förståelse av ämnet läggs emellertid framför allt genom studier i naturvetenskap, men omfattar även samhällsvetenskap, teknik, etik, moral, juridik med flera ämnen. Lärandet omfattar ett betydande kunskapsstoff från olika discipliner samtidigt som olika fakta kräver värderingar och tolkningar i förhållande till målet att utveckla ett hållbart samhälle. Det är knappast möjligt att behandla det övergripande perspektivet hållbar utveckling utan ett miljöperspektiv och vice versa (Hermele, 2006; SOU 2004:104).

Den bärande principen är att ekonomiska, sociala och miljömässiga förhållanden är integrerade – de är varandras förutsättningar och stöd.

(SOU 2004: 104, s. 10)

Samtidigt formas en egen miljödidaktik, vilket bl.a. innebär att mer specifika miljöbegrepp utvecklas som nödvändiga redskap för undervisning och lärande (Areskoug, 2005; Helldén, 1995; Paprotna, 1998; Skamp et al., 2004).

Hittills har alltså forskningen om undervisning och lärande i miljö koncentrerats på hur miljöinnehållet integreras i andra discipliner och genomförandet av projekt av olika slag. Detta kan leda till en marginalisering och i verkligheten undervisning och lärande *om miljö* i synnerhet miljöproblem utifrån skiftande didaktiska utgångspunkter i stället för lärande *i miljö* som ett samlat ämnesområde (Gough, A., 2002; Huckle & Sterling, 2001). Lärande *i miljö* innebär också en markering att fokus förskjuts från miljöproblem till lärande om hållbara

system. Ett miljödidaktiskt område handlar därför om utveckling av system och modeller samt användning av olika hjälpmedel för att stödja lärandet (Hart & Nolan, 1999; Lundberg, 2002; Östman, 2003). Elevers och lärares attityder och engagemang är också ett viktigt forskningsområde (Loughland et al., 2002). Ett annat forskningsområde berör kurs- och läroplaner (Wickenberg, 1999; Östman, 2003).

Trots att miljödidaktisk forskning eller *Environmental Education Research*, är ett ganska nytt forskningsområde har forskningstraditioner utvecklats. I rapporten *Nationell och internationell miljödidaktisk forskning: en forskningsöversikt* redovisas några exempel. I den beskrivs tre olika forskningstraditioner nämligen *den positivistiska*, *den tolkande* och *den socialkritiska traditionen* (Östman, 2003).

I rapporten redovisas också undervisningsformer som grundlagt undervisningstraditioner. De kan hänföras till tre olika kategorier nämligen *den faktabaserade* och *den normerande miljöundervisningen* samt *undervisning om hållbar utveckling*. Den senare undervisningstraditionen markerar tydligt sambandet mellan miljö och hållbar utveckling. Undervisningstraditionerna finns beskrivna i ovanstående rapport och i Skolverkets skrift *Hållbar utveckling i skolan. Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola* (Skolverket, 2002) liksom i boken *Miljödidaktik: naturen, skolan och demokratin* (Sandell, Öhman & Östman, 2003).

De olika forskningstraditionerna skiljer sig avseende epistemologi, kunskapsobjekt, kunskapsintresse och angreppssätt. Forskningen har påverkat och påverkar ständigt den undervisning som bedrivs. I forskning, undervisning och lärande i miljö kan emellertid ingen helt frigöra sig från att behandla människans ställning i naturen och hur man ser på relationen natur– människa (Sandell et al., 2003). När perspektivet förlängs till hållbar utveckling kan problematiken bli närmast existentiell. I föreliggande avhandling belyses detta ontologiska dilemma i idéhistoriens ljus.

2.2 Människan, naturen och miljön

Synen på miljö och miljöfrågorna växlar beroende på hur vi ser på människans plats i naturen. Här är några exempel beskrivna av ett antal författare.

- En antropocentrisk utgångspunkt sätter människan och människans överlevnad i centrum med stor frihet för samhället att utnyttja naturen och dess resurser (Axelsson, 1997; Breiting et al., 1999).
- I vår tid kan också ett egocentriskt perspektiv förekomma som innebär att individen anser att det som är bra för honom/henne även är tillräckligt för samhället och miljön (Cunningham, 1995; Ekborg, 2002; Ekerwald, 1996).
- Ett biocentrisk perspektiv förankras i kosmos där allt levande och icke levande ingår i en helhet. Uddenberg (2005) anser dock att ett biocentriskt perspektiv också är antropocentriskt. En annan företrädare för ett biocentriskt perspektiv var Odum (Odum, E. P., 1971). Hans perspektiv koncentrerades ursprungligen på de naturliga ekosystemen, men Odum-bröderna kom också att utveckla en bredare syn på ekosystemen omfattade hela samhället (Odum, E. P., 1993; Odum, E. P. & Odum H. T., 1971).

- Ett särskilt exempel på ett biocentriskt synsätt, ibland kallat ekосоfi eller *djup ekologi*, som företräds av bl.a. Arne Naess (Naess, 1981; Scharff & Dusek, 2003), innebär en *känslomässig* och psykologisk upplevelse av sammanhang med naturen och en förståelse för alltings rätt till fortbestånd.
- Ett vanligt synsätt i dagens samhälle är teknocentriskt, präglad av tron på att miljöproblem kan lösas på teknisk väg (Alerby, 1998, 2000; Hill, 1998, 1999).

Många barn liksom äldre ser naturen som ett objekt som finns tillgänglig för människan. Andra ser miljön ur ett ekосоfiskt perspektiv där människan är viktig och har ett ansvar för miljön. I den antroposofiska rörelsen, grundad av Rudolf Steiner, förs också det andliga in som en del i omsorg och omvårdnad av människa och natur (Stenlund, 2000).

Som ovan nämnts kan i synnerhet biologers och naturvetares traditionella syn på miljö betecknas som biocentrisk. Psykologer, sociologer, jurister, teologer och teknologer kan använda andra utgångspunkter liksom människor i allmänhet. Valet av utgångspunkt kan också ha stor betydelse för undervisning och lärande i miljö. Alerby (1998) och Loughland et al. (2002) anser att det krävs radikala förändringar för att öka de ungas förståelse och vidga miljöperspektiven. I denna avhandling belyses och analyseras elevernas begreppsutveckling utifrån en idéhistorisk modell, som ger möjligheter att följa människans syn på naturen från de grekiska naturfilosofernas tid till våra dagar. I studien avses sålunda den västerländska och europeiska idéhistorien. Ontologiskt innebär mitt synsätt ett dilemma baserat på människans syn på sig själv och relationen till naturen. Samtidigt som människan är en del av naturen har hon under de senaste årtusendena utvecklat redskap och tekniska hjälpmedel som gör att hon påverkar de naturliga sfärerna mer och mer. Dagens livsstil kan innebära en alienation från människans ursprungliga sätt att leva.

Från historien kan två skilda huvudlinjer urskiljas, nämligen om människan är en del av naturen eller står över den. Förklaringar till situationen står att finna i vår kultur och historia. Redan i Bibelns Moseböcker återfinns det kristna kulturarvets uppfattningar att människan står över naturen t.ex. i följande meningar:

Och Gud sade: Låt oss göra människor till vår avbild, till att vara oss lika; och må de råda över fiskarna i havet och över fåglarna under himmelen och över boskapsdjuren och över hela jorden och över alla kräldjur som röra sig på jorden.

(1.Mos.1:26)

och

Gud sade till dem: Varen fruktsamma och föröken eder, och uppfyllen jorden och läggen den under eder; och råden över fiskarna i havet och över fåglarna under himmelen och över alla djur som röra sig på jorden.

(1.Mos.1:28)

Den vetenskapliga idéhistorien härstammar emellertid till stora delar från den grekiska uppfattningen att människan är en del av naturen med förmåga att komma underfund med naturens ordning, inte att härska över den (Jönsson & Wickenberg, 1991; McNeill, 2000, 2003; Persson, 2006a; Persson, C. & Persson, T., 2003, Persson, T., 1999). Till viss del anknyter emellertid Platons (427-347 f.Kr.) filosofiska tänkande till den kristna uppfattningen. I korthet beskriver Platon människan som delad i en kropp och en själ eller ande, varvid den förra tillhör naturen och den senare utgör den övernaturliga delen. Enligt Platon har

människans själ existens i idévärlden både före kroppens födelse och efter dess död. Människan kan med hjälp av själen på ett objektivt sätt upptäcka en lagbunden ordning i naturen. Hon kan däremot inte i naturen hitta ett ideal eller en norm för hur hon ska leva. Aristoteles (382-322 f.Kr.) utvecklade Platons och Sokrates (470-399 f.Kr.) filosofi och de har alla haft betydelse för den vetenskapliga utvecklingen av bl.a. logiken och lärandet.

Under 1200-talet erkändes antikens filosofer och deras tankar vidareutvecklades senare av bl.a. Descartes (1596-1650). Hans världsuppfattning var tvådelad, dualistisk (Uddenberg, 2005). Människan består av en kroppslig del utsträckt i rummet och en själslig eller andlig som är odelbar och oförgänglig. Hennes delade position gör henne kapabel att gripa in i naturen samtidigt som hon är en del av den. Descartes betraktas som rationalismens grundare och hans filosofi är i grunden mekanistisk. Galilei (1564-1642) och Kepler (1571-1630) grundlade den empiriska naturvetenskapen som bekräftelse på filosofernas tankar om människans förmåga att finna naturens lagar. I en värld av motsättningar mellan naturvetenskap och kyrkans tolkning av naturen kom Linné att utveckla naturens systematik, som också blev en grund för ekologin, utan vetskap om senare läror om exempelvis evolution, genetik och bioteknik (Broberg, 1978; Sörlin & Fagerstedt, 2004).

Om 1700-talet kan betecknas som naturvetenskapernas århundrade blev 1800- och 1900-talen industrialismens totala genombrott kännetecknat av bl.a. Marxs filosofi och Darwins utvecklingslära. Romantikens syn på naturen och landskapet under senare delen av 1700-talet och stora delar av 1800-talet, stod i skarp kontrast till rationalismen (Sörlin & Öckerman, 2002). Tankar om att naturen är besjälad och att känslor är lika viktiga som förnuftet är dock sådana som kan leva kvar än i dag, trots att evolutionens teorier blivit mer bekräftade än någon kunnat förutse (Lovelock, 1991).

Den enskilda människans syn påverkar också lärandet och epistemologin. Enligt bland andra Gordon (2001) har västerlänningar gemensamma epistemologiska rötter i religion, vetenskap och ekonomi, men de gemensamma rötterna stödjer enligt honom inte entydigt en vårdande syn på naturen. I stället kan såväl religion som vetenskap och ekonomi verka i andra riktningar och påverka epistemologin.

2.3 System Jorden som vetenskaplig bakgrund

På jordens yta existerar ett ständigt flöde av energi och material. Den energi som tillförs från solen finns tillgänglig i atmosfären, i hydrosfären och i litosfärens övre skikt. Energi tillförs också genom radioaktiva omvandlingar i litosfärens inre delar. Den energi som finns till förfogande driver processer, vilka till en del kan beskrivas som en rad cykliska kretslopp av grundämnen. Kretsloppen kan vara fysiska, kemiska eller biokemiska men också kombinationer därav. I atmosfären transporteras t.ex. värmeenergi och vatten i utbyte med hydrosfären, litosfärens övre delar och biosfären. De är alla öppna system intimt invädda i varandra vid jordytan i ett ömsesidigt utbyte av materia och energi reglerade av naturens krafter. Varje liten del av förloppen kan undersökas i detalj på atom och molekylnivå samtidigt som helheten inte tappas bort (Andréasson, Adrielsson, Ahlberg, Barnekow, Björck, Calner, Johansson, Liljegren, Löfgren, Rundgren & Vajda, 2006; Bergsten, 1984; Kump, Kasting & Crane, 2004).

Genom människans aktiviteter av olika slag påverkas de naturliga kretsloppen i atmosfären, hydrosfären, litosfärens övre skikt och biosfären i takt med att antalet människor på jorden ökar (Holmberg, 1993). Människans tekniska aktiviteter av olika slag sätter spår i odlingen av marken men också genom uttaget av material från geobiosfären och i tillverkningsprocesser, förbränning samt distribution av produkter över hela världen. Avfallsprodukter från olika processer och transporter ökar miljöpåverkan till allt större områden först lokalt och regionalt sedan globalt.

Vetenskapsområdet som är baserat på de olika naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären är tvärvetenskapligt och betecknas *Earth System Science*, *ESS*. Undervisning och lärande med denna utgångspunkt har utvecklats under de senaste tjugo åren inom olika utbildningsstadierna (ESS, 2006; Skinner & Porter, 1999). I en artikel av Gille (2004) beskrivs hur studenter i grundläggande högskoleutbildning har förmåga att analysera miljöfrågor i undervisningen i *Journal of Earth System Science Education* (JESSE). I undervisningen om jordens system, *Earth System Science Education*, *ESSE*, används de fyra naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären för att undervisa och lära i miljö för hållbar utveckling (ESSE, 2006a, 2006b). Johnson et al. (2000) hänvisar till *the Bretherton Diagram*, vilket utvecklats som ett redskap för att identifiera nyckelområden inom jorden som system och de grundläggande dynamiska och fysikaliska processer som växelverkar inom systemet. Författarna anser att det är nödvändigt att se jorden som ett system för att förstå vår planets vetenskapliga dimensioner och strävandena för en hållbar utveckling (NASA, 1988). I svensk översättning står *Earth System Science* för vetenskapen om jordens system och *Earth System Science Education* för undervisning om jordens system. Även Vosniadou och Brewer (1992, 1994) och Nussbaum (1985) använder jorden som glob i forskningen om fysikundervisningen som ett instrument för att kunna se världen ur ett astronomiskt perspektiv. I Sverige har främst Andersson et al. (1999) och Andersson (2001) utvecklat *System Jordan* som ett välkänt begrepp.

Vi lever idag i ett globaliserat samhälle med gemensamma problem och möjligheter, t.ex. när det gäller miljö, ekonomi och fred. Denna omständighet kan ses som en ny referensram för diskussioner om den naturvetenskapliga undervisningens innehåll och inriktning. 'System Jordan' framstår inom denna nya ram både som ett angeläget innehåll och som en spännande metafor för nytänkande. Viktiga inslag är exempelvis Jordan i energiflödet från solen och processer i atmosfären och biosfären. Interaktioner mellan delsystem såsom biosfär och atmosfär kommer också in i bilden. 'System Jordan' har inte varit ett utpräglat tema för undersökningar om elevers tänkande, men det går att gruppera en del studier i detta perspektiv.

(Andersson, 2001, s. 17)

Inom miljövetenskapen har ovanstående modell vunnit praktisk tillämpning avseende forskning om miljö och hållbar utveckling. Sålunda är *International Geosphere-Biosphere Programme – A Study of Global Change*, *IGBP*, ett omfattande internationellt forskningsprogram som rör miljöförändringar i geosfären och biosfären samt frågor om hållbar utveckling. Det är ett projekt i vilket *Kungliga Vetenskapsakademien* är intressent (Young et al., 2006; IGBP, 2006b).

Systemtänkandet avseende hur delar och helheten förhåller sig till varandra återfinns också hos filosofer som t.ex. Wittgenstein och von Wright (Wittgenstein, 1992; von Wright, 2000). Wittgenstein beskriver världen som ett spel som följer naturens spelregler. Han konstaterar att människans existens inte ytterst är beroende av tekniken, som följer andra spelregler medan

von Wright (2000), som följer upp Wittgensteins filosofiska tankar, betonar att kännedom om delarnas samverkan i ett system ger förståelse för hur och varför varje enskild del fungerar som den gör. För lärande i miljö är ett holistiskt synsätt en naturlig utgångspunkt samtidigt som delarnas funktion och växelverkan är avgörande för hur helheten fungerar (Alerby, 1998; Ekborg, 2002). I denna studie kommer systemtänkandet att utgå från *Earth System Science*, *ESS*, och *System Jorden* som modell och användas som analysinstrument.

2.4 Centrala begrepp

Trots att miljö utgör ett viktigt moment såväl i grundskolan som i lärarutbildningen saknas alltså kunskap om lärandet om miljön, särskilt tillämpningar på lägre stadier (Hart & Nolan, 1999, *Högskolelagen*, 2005:1208, § 5; Skolverket, 2000a; Utbildningsdepartementet, 1998b). I denna avhandling görs ett försök att följa lärande i miljö för ett hållbart samhälle med naturvetenskapligt utgångspunkt, där såväl samhällsvetenskapliga och tekniska som sociala perspektiv beaktas. I kommentarmaterialet till kursplanen, Lpo 94, gällande de naturvetenskapliga ämnena betonas kunskapen i naturvetenskap, men också behovet att kunna omsätta dessa i miljöfrågor och förmåga att argumentera i förhållande till omvärlden (Skolverket, 2000b). Det bör vara lika naturligt att tala om lärande i miljö som lärande i engelska, i matematik etc. med målen att ge handlingsberedskap och handlingskraft för framtiden (Gough, A., 2002). Även om miljö inte finns som ett ämne i den svenska grundskolan är miljöundervisning och lärande i miljö viktigt, eftersom det ska förekomma i alla ämnen och på alla stadier inklusive universitet och högskolor. Universitetsvärlden talar numera generellt om *miljöämnet* och ett lärande i miljö är i behov av en särskild didaktik, på alla nivåer. Hur miljövetenskap växt fram som ett självständigt vetenskapsområde, som behandlar villkoren för människans existens återges av Sörlin och Öckerman (Sörlin & Öckerman, 2002). Enligt författarna har miljövetenskap utvecklats som ett gränsöverskridande ämne i takt med att den industriella revolutionen sedan cirka 250 år visat hur naturen mer och mer påverkas av människans verksamhet.

I föreliggande studie äger lärandet rum i ett stort antal praktiker som vi kan betrakta som olika *arenor*, alltid med öppna kontaktytor till natur och samhälle liksom de unga elevernas vardagsliv. Inom de olika *arenorna* flyter begrepp och samband av de mest skilda slag upp till ytan under lärandets gång. Det kan gälla traditionella naturvetenskapliga begrepp som t.ex. materia, atom, molekyl, energi, kemisk reaktion, fotosyntes, avdunstning, blandning (Andersson, 2001; Ekborg, 2002; Eskilsson, 2001), men också miljöbegrepp som fotosyntes, andning, nedbrytning, solcell, solfångare, buller, växthuseffekt, näringskedja, vattenkraft m.fl. (Areskoug, 2005; Helldén, 1995; Paprotna, 1998; Skolverket, 2004a).

Begreppet *vatten* kan i elevernas begreppsutveckling se ut på följande sätt. Ur ett naturvetenskapligt synsätt kan vatten betraktas som ett begrepp i fysiken, i kemin eller i biologin med t.ex. atomens och molekylens egenskaper. Sambanden åskådliggörs ofta med begrepp som avdunstning och kondensation och framför allt som ett naturligt kretslopp. Ett samhällsvetenskapligt och tekniskt synsätt tar däremot utgångspunkt i hur vatten transporteras från källa till tappkran med hjälp av samhällets tekniska lösningar. Vatten och vattnets kretslopp som miljöbegrepp används för att beskriva vad som händer genom de förändringar som vattnet undergår i sitt kretslopp antingen detta är styrt av naturliga eller antropogena åtgärder (Strömdahl, 1998).

I min studie vaskar jag fram olika begrepp i form av korta och långa remsor som fogas samman till olika samband. Begreppen, d.v.s. de ord, uttryck och spel som de unga eleverna använder i de olika praktikerna, kan knytas till olika miljösammanhang relaterade till de olika sfärerna och växelverkan dem emellan. Ett begrepps betydelse är beroende av i vilket sammanhang det används (Ausubel, 1968; Bruner, 1996; Vygotsky, 1986; Wittgenstein, 1992). Bruner beskriver exempelvis moln som ett begrepp med olika betydelse på grund av hur det används t.ex. i meteorologin eller som mentalt begrepp eller något annat.

Ett vanligt begrepp som t.ex. *nedbrytning* kan eleverna efterhand använda för att identifiera olika fysikaliska, kemiska och/eller ekologiska *samband* genom att studera vad som kan hända i litosfären, hydrosfären, atmosfären och biosfären. Ett annat begrepp kan vara *solcell*, som utgör en teknisk konstruktion för att alstra energi. Liksom andra delar av teknosfären är solcellen skapad av människan, som också kan utveckla produkten och anpassa den mer eller mindre väl till naturen. Det innebär att teknosfären kommer att påverka de naturliga sfärerna på olika sätt. Det är en komplicerad väv av positiva och negativa samband som eleverna kan diskutera, d.v.s. söka *grundläggande sammanhang* mellan människa, samhällets teknik och natur. När eleverna talar om att klimatet förändras är det ett exempel som delvis kan förklaras med hjälp av naturens lagar. Mer komplicerade blir sammanhangen på grund av människans påverkan på atmosfären och hydrosfären på olika sätt. Vi talar dels om en naturlig växthuseffekt och dels om den förändring som har antropogena orsaker beroende på en serie olika sammanhang, d.v.s. *den ökade växthuseffekten*. Flödet av begrepp i form av ord, uttryck och spel inom de olika praktikerna är helt fritt i diskussioner och dialoger samtidigt som utvecklingen av dessa påverkas av nya upplevelser.

3 Forskning inom miljövetenskap och didaktik

För att placera in avhandlingen i ett större sammanhang redovisar jag i detta kapitel den övergripande didaktiska forskning som är av betydelse för min studie. Jag ger också en översikt över hur forskningen inom ämnet miljövetenskap utvecklats över tid. För många betraktas miljö som kunskap om naturen, men miljövetenskap är ett forskningsområde som spänner över större fält. Det är ett tvärvetenskapligt ämnesområde jämförbart med t.ex. naturvetenskapernas didaktik (Helldén, Lindahl & Redfors, 2005). Helldén et al. (2005) beskriver i en översikt Na-didaktiken som ett tvärvetenskapligt område nära relaterat till många discipliner som naturvetenskap, filosofi, pedagogik, psykologi, sociologi, historia, antropologi och etik utan att vara underavdelning av något av ämnena. Det är en beskrivning och exemplifiering av vad som avses med tvärvetenskap.

I engelskspråkig litteratur kan miljövetenskap jämföras med *environmental science* (Encyclopædia Britannica, 2007; Miller, 2002; Nationalencyklopedin, 2000/2006; Odum, E. P.; 1971; Odum, E. P. & Odum, H. T., 1971). Såväl nationellt som internationellt är det vanligt att forskningen bedrivs inom tvärvetenskapliga forskningscentra inom vilka flera ämnen såsom biologi, geografi, oceanografi, limnologi, meteorologi och klimatologi samverkar. Under senare tid har emellertid ekonomi, sociologi, juridik, historia och ett flertal andra ämnen knutits till den miljövetenskapliga forskningen. Det vidgade perspektivet gäller i synnerhet forskning i miljö med inriktning på hållbar utveckling.

Den miljövetenskapliga forskningen har haft och har betydelse för miljödidaktiken. Trots ett vidgat perspektiv kvarstår dock den naturvetenskapliga grunden i undervisning och lärande, redovisat av Bhaskar (2003) och UNESCO (2005) samt i styrdokumentet (Skolverket, 2000a, 2000b).

Miljödidaktik är ett växande forskningsområde med vitt skilda traditioner. Förutom den naturvetenskapliga ger jag i detta kapitel en allsidig översikt över såväl miljövetenskapens som miljödidaktikens forskning och traditioner.

3.1 Miljövetenskap som forskningsområde

I allmänhet beskrivs miljövetenskap som ett ungt vetenskapsområde, eftersom den moderna miljövetenskapliga forskningen utvecklats först under senare delen av 1900-talet i takt med att miljöfrågorna kommit att beröra samhället i stort såväl nationellt som internationellt. Miljövetenskap grundlades redan under 1700-talets andra hälft som ett tvärvetenskapligt ämnesområde vid sidan om de redan etablerade naturvetenskapliga ämnena (Sörlin & Öckerman, 2002). Forskningen kom att inrikta sig på naturens dynamik och förändringar som en följd av de problem som kunde registreras i industrialismens spår. I boken *Man and nature* skriven av Marsh (1864/1965), ges en tydlig indikation om vad miljövetenskap stod för och alltjämt står för (Sörlin & Öckerman, 2002). Miljövetenskap fick sin grund i naturvetenskaplig forskning med utgångspunkt i exempelvis ekologi, geografi, geologi, hydrologi, meteorologi men också i exempelvis oceanografi och paleontologi. Enligt Strömdahl (2000) utgör miljövetenskap också en del av NO-didaktiken.

Den moderna miljöforskningens koncentrationen på miljöproblem slog helt igenom som en följd av ett antal forskningsrapporter och populärvetenskapliga verk under 1960-talet som t.ex. *Silent spring* i USA (Carson, 1963) och *Plundring svält och förgiftning* i Sverige (Palmstierna, 1967). Definitionen av vad som utgjorde ett miljöproblem tolkades vid den tiden helt på naturvetenskapliga grunder. Problemet uppstod dock när olika mätbara fakta skulle tolkas, eftersom de gjorda observationerna undergick dynamiska förändringar i naturens komplexa system. Detta kom att rubba tilltron till vetenskapliga fakta. När forskningsresultatens värden överdrevs och de postulerade farhågorna inte besannades blev en del av miljöforskningen ifrågasatt.

Delade meningar om tillväxt och konsumtion i samhället och dess begränsningar pågår alltjämt, men hade sitt upphov i *Tillväxtens gränser* (Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers & Behrens, 1972). Det var en kontrovers om vår egen civilisations framtid, som bl.a. ledde in den miljövetenskapliga forskningen på frågor om naturens resurser och hur de används i samhället. Ett antal forskare inom biologi, biokemi och agronomi såsom Gösta Ehrensvärd (1971) och George Borgström (1973) bidrog också till att ett globalt krismedvetande slog rot. Tankar om att tillämpa någon form av *försiktighetsprincip* inleddes redan då som ett resultat av diskussionen. Det innebär att om det inte är möjligt att på naturvetenskapliga grunder beräkna befärade miljökonsekvenser av en åtgärd ska *försiktighetsprincipen* tillämpas före handling eller intill motsatsen bevisats.

Som ett resultat av Brundtlandkommissionen, 1987, Rio-konferensen, 1992, och Johannesburgskonferensen, 2002, har miljöforskningens fokus sakta men säkert förskjutits från att praktiskt taget helt ha arbetat med miljöproblem till forskning om det hållbara samhället, d.v.s. användningen av och hushållningen med resurser i vid bemärkelse på lång sikt. Miljö har också blivit en del av samhället och etablerats som en kunskapskultur, där miljövetenskap ingår med en tydlig tvärvetenskaplig och systemvetenskaplig profil (Ingelstam, 2004; Sjøberg, 2005). Den miljövetenskapliga forskningen hämtar också alltjämt faktakunskaper av främst naturvetenskaplig art, som kan omsättas i den enskildes och samhällets vardag. Ämnet söker också stöd av samhällsvetenskaplig och social miljöforskning. Det har under senare tid lett fram till en medvetenhet om behovet av att koncentrera den miljövetenskapliga forskningen på övergripande miljöstrategiska områden såväl nationellt som internationellt.

I Sverige inrättades 1994 en miljöstrategisk forskningsstiftelse, MISTRA, med syftet att stödja forskning inriktad på att lösa miljöproblem och stödja en miljöanpassad samhällsutveckling. Forskningsprojekt som finansieras av stiftelsen har oftast betydande industriella och tekniska förtecken och genomförs inom universitet och högskolor i samarbete med företag och industrier (MISTRA, 2006). Inom Linköpings universitets tekniska fakultet bedrivs forskning med tydlig anknytning till samhälle och näringsliv i bl.a. *environmental management* (Ammenberget, 2003), och universitetet har generellt goda förutsättningar för miljövetenskaplig forskning. Centrum för miljövetenskaplig forskning, CMF, vid Umeå Universitet grundades 1987 och består numera av ett samarbete mellan Umeå Universitet, Totalförsvarets forskningsinstitut, Lantbruksuniversitetet och Arbetslivsinstitutet. Enbart inom Umeå universitet ryms inom den miljövetenskapliga forskningen hållbar utveckling, miljö i ett tidsperspektiv, miljöpåverkan, biologisk mångfald, miljöteknik och metodforskning. Det markerar bredden och djupet i den miljövetenskapliga forskningsfrontens allt större inriktning på resiliens och hållbar utveckling (Umeå Universitet, 2006). Inom EU:s ramprogram för miljöforskning allokteras också allt större anslag till stöd för utveckling av ett hållbart samhälle och forskning om de globala frågorna (Europaprogrammen, 2006).

Styrningen av miljövetenskaplig forskning med inriktning på hållbar utveckling och de globala perspektiven på bekostnad av forskning om specifika miljöproblem och den civilisationskritiska forskningsinriktningen har emellertid också vållat debatt. Det gäller också miljöforskningen inriktning på särskilda mål, vilket anses begränsa den enskilde forskarens frihet (Ingelstam, 2004).

Betydande forskningsanslag destinerar i västvärlden emellertid till frågor kring *Global change*, i första hand klimatfrågan och människans påverkan på tillståndet i världen med målet att stödja en hållbar utveckling. Den miljövetenskapliga delen av forskningen är som tidigare poängterats baserad på de olika naturliga sfärerna och teknosfären. Även *Kungliga Vetenskapsakademien* deltar som nämnts i ett världsomspännande forskningsprogram avseende *Global change* och *Tillståndet i världen* som i Sverige inryms bl.a. under beteckningen *Internationella Biogeosfärprogrammet, IGBP* (IGBP, 2006b).

3.2 Miljödidaktisk forskning

I litteraturen framhålls beträffande miljödidaktisk forskning under senare tid den volymmässiga expansionen men också en metodologisk breddning av forskningen. Tillsammans med de etablerade positivistiska och tolkande traditionerna tillkommer också kritiska ansatser, liksom feministiska (Svennbeck, 2004) och postmoderna teorier (Östman, 1995). Det är främst de senare inriktningarna som problematiserar den miljödidaktiska forskningen. Det har öppnat för en kritik riktad mot den traditionella forskningen (Hart & Nolan, 1999). Kritikerna anser att forskningen i större utsträckning bör ställa frågor om vem som säger vad och frågor om vems intressen som tjänas (Sjøberg, 2005).

Vidare diskuteras relationen mellan forskningen och skolans praktik och hur valet av olika teoretiska utgångspunkter i forskningen påverkar denna relation. En fråga som ställs är hur samarbetet mellan forskarvärlden och de lärare som arbetar med miljöundervisning i skolan kan utvecklas. Av betydelse för min studie är att det finns få arbeten som behandlar lärandet i miljö. Longitudinella studier med inriktning på lärande i miljö för hållbar utveckling för yngre elever är än mer sällsynta. I följande avsnitt belyses den miljödidaktiska forskning, de forskningstraditioner och undervisningstraditioner samt läroplansutveckling som kan vara relevanta för denna lärandeinriktade studie. Jag tar utgångspunkt i forskningsöversikterna Hart och Nolan (1999) och Rickinson (2001) vilka även redovisas av Östman (2003). Fortsättningsvis återges en fördjupning av aktuell forskning som är relevant för min studie.

Östman (2003) redovisar Hart och Nolans (1999) kategorier av de vetenskapliga publikationerna enligt följande uppställning:

1. Kvantitativ forskning: mätning av orsakssambandet mellan kunskap, attityder och beteende.
2. Kvalitativ forskning: fallstudier, aktionsforskning, life history, narrationsforskning.
3. Deskriptiva rapporter: effekter av olika utbildningsprogram.
4. Fokuserade studier: lärares tänkande, elevers tänkande, uppfattningar, signifikanta livserfarenheter etc.
5. Metametodologiska diskussioner: teoretiska och filosofiska perspektiv på metod-, metodologi-, epistemologi-, och ontologifrågor.
6. Teoretiska diskussioner om miljöundervisningsforskningens betydelse.

(Östman, 2003, s. 91)

Hart och Nolans översikt ger en god bild av genomförd miljödidaktisk forskning (Hart & Nolan, 1999). För min studie kan ett par exempel vara av värde, dels ett som belyser attityder och lärande, dels ett som handlar om kunskapsöverföring från lägre stadier.

I en annan forskningsrapport av Rickinson (2001) dras följande slutsatser om forskningsfältet i artikeln *Learners and Learning in Environmental Education: a critical review of the evidence* d.v.s. elevers lärande och undervisning i miljö. Författaren kommer bl.a. fram till att elevers kunskaper om miljö är dåliga, men att elever generellt har positiva attityder till miljö och vilja till miljöengagemang. Han anser också att miljöundervisningsinsatsernas effekter är beroende av kvaliteten i förberedelse- och efterarbete. Lärande utomhus med rollspel och gruppdiskussioner har positiv effekt på elevers kunskaper om och attityder till miljöfrågorna.

3.2.1 För min studie relevant miljödidaktisk forskning

I Leeming, Dwyer och Bruce (1995) undersöks attityder och miljökunskande hos ett antal amerikanska barn för att utröna sambandet mellan kunskaper och attityder, d.v.s. Hart och Nolans första punkt. Undersökningen visar på ett positivt samband mellan attityder och lärande. Undersökningen påvisar också en transfereffekt med ökad kunskap och tilltagande intresse i högre ålder, men säkerheten om detta förhållande är inte helt klarlagt i undersökningen.

Ett annat exempel som hänförs till yngre elevers lärande redovisar Basile (2000). Den behandlar transfereffekter, d.v.s. kunskapsöverföring, och betydelsen av lärande i miljö i lägre stadier. Frågan som var föremål för studien löd: *Vilken effekt har utomhuslektioner avseende kunskapsöverföring på elever i årskurs 3?* Hypotesen som författaren ställde upp var att det finns en statistisk signifikant skillnad mellan en experimentgrupp och en kontrollgrupp. 45 elever i nioårsåldern var med i undersökningen. Hälften av eleverna tillhörde experimentgruppen och hälften kontrollgruppen. De undervisades av samma lärare. De arbetade med detta i två 7-veckorspass som följde efter varandra. Samtliga elever fick dels ett förtest dels ett eftertest. Kontrollgruppen fick se tre olika videosekvenser. Den första handlade om några barn som fann en skadad liten fågel och hur man ska handla i en sådan situation. Efter videosekvensen fick eleverna svara på några frågor som handlade om begreppet habitat. Efter hand arbetade eleverna med olika ekosystem och efter sju veckor fick eleverna se en videosekvens som handlade om den vithövdade havsörnen. Efter filmen fick eleverna frågor som var likställda med frågorna de besvarade efter videosekvensen med den skadade fågeln. I vecka 10 fick eleverna se ännu en videosekvens med tillhörande problemställning. NASA ville ta med tredjeklassarna ut i rymden men visste inte hur de skulle forma ett bra habitat för dem. Efter varje videosekvens fick eleverna skriftligt beskriva och förklara sina ställningstaganden. Därefter följdes deras svar upp med muntliga intervjuer. Undersökningen visar en tydlig transfer av kunskap i miljöundervisningen på skolans lägre stadier. Resultatet kan också förstärkas på olika sätt framför allt genom att anknyta till barnens egna erfarenheter, förstärka kända mönster, stimulera barns nyfikenhet och intresse att lösa problem (Basile, 2000).

Basile (2000) betonar också att när det gäller utveckling är det viktigt att betänka frågan om *transfer*. Denna fråga är särskilt intressant i tidig barndom. Forskare försökte utforska hur olika kunskaper, beskrivande, processinriktade och schematiska, överförs när barn i årskurs 3

sattes i problemsituationer (Hart & Nolan, 1999). De resultat, som erhöles efter studier enligt *Project WILD* och *Project Learning Tree* visade att ett problemorienterat lärande med praktiska inslag verkade som katalysator för lärandet. Förutsättningar var att instruktionerna vid introduktionen var enkla och tydliga. Analysen visar att det sätt som läraren beskriver och förklarar meningsfulla problem på är avgörande för transfereffekten för yngre barn.

Enligt Hart och Nolan (1999) påpekas i miljödidaktisk litteratur också betydelsen av tidigare upplevelser och erfarenheten, som hänger samman med attityder och beteenden liksom Lousley (1999) och Palmer (1993). Även lärarens kunskapsnivå anses vara avgörande, särskilt för lärande av grundläggande kunskaper (Dove, 1996). Hart och Nolan (1999) lämnar också en översikt över den didaktiska uppläggningsen för yngre barn som tillämpas i bl.a. Massachusetts, USA. Där finns också tillgång till faktasamlingar såsom *Project WILD* och *Project Learning Tree*, men lärarna valde att undervisa om *learning sensitivity*, d.v.s. upplevelse av naturen som en inkörsport för lärande i miljö (Hart & Nolan, 1999).

Kvantitativ forskning dominerar miljödidaktisk forskning. Kvalitativ forskning förekommer präglad av den tolkande konstruktivistiska traditionen. Sociokulturella perspektiv på lärande och diskursanalys förekommer i mindre omfattning. Enligt Rickinsons översikt (2001) är den metodologiska forskningen om miljöundervisningen framträdande. Det finns däremot knappast någon motsvarighet inom forskningen om elever och lärande. Det finns dock en klar tendens till att söka nya vägar och nya synsätt som utgångspunkt för forskningen. Det ligger därför nära till hands att dra slutsatsen att det inom miljöundervisningen och lärande i miljö krävs radikala förändringar för att öka barns förståelse och lärande (Loughland et al., 2002).

Kunskapen om hur olika faktorer som kön, etnicitet och socioekonomisk bakgrund influerar lärandet om natur och i miljö är heller inte i någon större utsträckning beforskat. Här finns ontologiska och epistemologiska frågor som präglas av synen på naturen och olika perspektiv i den västerländska kulturen (Hart & Nolan, 1999; Rickinson, 2001; Östman, 2003).

Lärandeforskningen går under 1990-talet mot en mer utvecklad syn på lärandet. KAB-forskningen har visat att det råder en mycket komplex relation mellan *kunskaper*, *attityder* och *beteenden* och att denna relation påverkas av personliga värderingar och varierar med olika sociala kontexter (Östman, 2003). Exempel på forskning som tar sig an en mer komplex bild är forskning om elevers uppfattningar och idéer, t.ex. med inriktning mot ekologisk identitet, betydelsen av upplevelser från barndomen, känsla för miljöer, platsidentitet och barns delaktighet och medbestämmande (Alerby, 1998, 2000; Hart & Nolan, 1999; Helldén, 1992, 1995, 2000, 2005; Paprotna, 1998). Det kan då handla om att forska om olika processer som gynnar utvecklandet av en miljömoralisk känsla och ett socialt ansvar. Det kan också handla om hur man skapar ett sammanhang som naturligt fostrar till en omvärldsuppfattning med känsla för de ekologiska sammanhangen.

Det finns studier som behandlar undervisning med modeller som ett hjälpmedel liksom arbete med begreppsförståelse utifrån de traditionella disciplinerna (van Driel & Verloop, 1999; Grosslight, Unger, Jay & Smith, 1991). Även attityders inverkan och människans ställning i naturen samt läroplansforskning beaktas (Barazza, 2001; Bhaskar, 2003; Wickenberg, 1999; Östman, 1995).

Miljödidaktik engagerar forskare och pedagoger på olika sätt i världen men det finns några gemensamma drag oberoende av var man är verksam. En betydande grupp av forskare arbetar med didaktiska metoder och lärande i miljöämnet infogat i någon form av lärandefilosofiskt

sammanhang (Alerby, 1998, 2000; Carlsson, 1999; Gough, N., 2002). Det handlar bl.a. om förståelse av begrepp och utveckling av modeller samt användning av olika hjälpmedel för att stödja lärandeprocesserna. Elevers och lärares attityder och engagemang är också ett viktigt forskningsområde (Coll, Taylor & Fisher, 2002; Jeffries, Stanistreet & Boyes, 2001; Leeming et al., 1995). Ett annat berör kurs- och läroplaner (Barazza, 2001; Bhaskar, 2003; Bonett & Williams, 1998; Wilson, 1996; Östman, 2003). Några artiklar som behandlar miljödidaktiska frågor tar avstamp i fysik, teknik, kemi, biologi eller andra ämnen (Gayford, 2002; Helldén, 1995; Paprotna, 1998).

Av flera artiklar framgår att miljödidaktik är ett nytt forskningsområde (Gough, A., 2002; Hart & Nolan, 1999; Huckle & Sterling, 1999; Rickinson, 2001). Det är vanligt att författarna har haft svårt att precisera vilken metod för undersökningarna man valt (Hart & Nolan, 1999). Vidare uppstår ett mått av förvirring då själva syftet och forskarens egen roll i undersökningar upplevs som oklar. Det finns en tendens till att vilja beskriva många olika faktorer och därför blir frågeställningarna för många och för vida. Miljöämnets karaktär kännetecknas av fakta och normer, men också etiska och sociala frågeställningar bidrar här till (Hart & Nolan, 1999).

En del artiklar inom forskningsområdet miljöundervisningens didaktik handlar också om allmänna didaktiska problem. De ger en god inblick i ekologisk och miljövetenskaplig begreppsbildning (Paprotna, 1998), transferering, d.v.s. överföring av ekologiska begrepp (Basile, 2000) och situationer samt elevers och lärares attityder (Loughland et al., 2002) till naturen och miljön. Även människans ställning till naturen belyses. De skillnader som råder i världen innebär att den gemensamma kunskap som exempelvis håller på att utvecklas inom EU-området inte kan tillämpas i Afrika, Asien eller andra delar av världen (Aikenhead, 1998; Gough, N., 2002). Kunskapen tillämpas olika beroende på kulturella skillnader, d.v.s. olika ontologiska och epistemologiska ställningstagande. Det västerländska perspektivet har genom åren gynnats (Gough, A., 2002).

Några artiklar behandlar också läroplans- och kursplanearbete (Ballantyne, Fien & Packer, 2000; Barazza, 2001; Bonnett & Williams, 1998; Gough, A., 2002; Östman, 1995) samt IT-teknikens och datorns roll (Sheehy, Wylie, Mc Guinness & Orchard, 2000), vilket ger en bredare inblick i miljöområdet. Eftersom forskningsområdet är ungt finns det däremot inte någon utgångspunkt som står framför andra. En komplexitet utgörs också av att miljödidaktik i hög grad berör den enskildes relation till naturen.

Den aktuella och samlade bilden av forskningen visar att det miljödidaktiska forskningsfältet breddats under senare tid. Under 1990-talet är alltså den positivistiska traditionen dominant volymmässigt med det starkaste kunskapsläget. Inom den kvalitativa traditionen är det konstruktivistiska perspektiv på lärandet vanligast. Den kritiska forskningen kan däremot betecknas som sparsam och fortfarande i viss mån fragmentarisk utan egentlig forskningsfront eller gemensam teoribildning (Hart & Nolan, 1999).

3.2.1.1 Människan och naturen

I artikeln Loughland et al. (2002), *Young people's conceptions of environment: a phenomenographic analysis*, behandlas det miljödidaktiska perspektivet hur barn lär och förstår miljö. Det är en fenomenografisk undersökning och undervisningen kan sägas vara en kombination av faktabaserad och normerande miljöundervisning (Östman, 2003). I artikeln

diskuteras hur miljöundervisningen gått från den faktabaserade undervisningen med fokusering på ämnesinnehållet, till en integrering i andra discipliner. Även huruvida människan är en del av naturen eller skild från naturen tas upp.

Traditionellt sett har forskningen inom miljöundervisningen koncentrerats på hur miljöinnehållet integreras i andra discipliner. Man har däremot i ringa omfattning reflekterat över hur barn förstår och uppfattar miljö. Loughland et al. (2002) redovisar en del av ett större forskningsprojekt som genomförts i New South Wales, Australien. Projektet är av den omfattningen att det också stöds ekonomiskt av olika industrier förutom ett stort antal offentliga institutioner med Utbildningsdepartementet och Australiens motsvarighet till Naturvårdsverket, *New South Wales Environmental Protection Authority*, och med många andra miljövårdande institutioner i spetsen. Projektet har planerats tillsammans med industrin med målet att resultaten ska bli användbara på flera utbildningsnivåer. Avsikten är, förutom att förbättra lärares och elevers förståelse av miljö, att garantera utvecklingen av mer ändamålsenliga högskoleprogram och elevanpassade miljöprogram samt därtill hörande läroplaner och styrdokument.

Miljösynen i allmänhet och i undervisningen växlar mellan en ekologisk, ekocentrisk-antropologisk, teknocentrisk, egocentrisk och biosfärisk syn. De yngre barnen ser naturen som ett objekt som finns tillgänglig för människan. Några elever ser emellertid miljön även ur ett antroposofiskt perspektiv, där människan är viktig och har ett ansvar för miljön. Loughland et al. (2002) menar att deras resultat visar att i några skolämnen räcker det att med små förändringar av metoder för att öka barnens förståelse. När det däremot gäller miljöundervisningen krävs radikala förändringar för att öka de ungas förståelse.

Alerby (2000) använder en fenomenologisk metod för att beskriva barns tankar om natur och miljö i en studie av svenska barn. Totalt omfattar undersökningen drygt hundra barn och författaren anger som skäl till att den genomförts att miljöfrågorna under det senaste decenniet ökat i betydelse. Hon skriver bl.a.

The environment should therefore be a topic that most children and young people within the school system reflect upon at least from time to time.

(Alerby, 2000, s. 206)

Författarens fenomenologiska studie utgår från att synen på verkligheten kan vara både objektiv och subjektiv. Resultaten presenterar barnen i form av teckningar och muntliga berättelser. Det är en uppfattning som ansluter till Vygotskys filosofi om sambandet mellan konst och tankar (Vygotsky, 1986). Elevernas tankar om en god eller dålig värld och sambandet däremellan liksom tankar som fokuseras på olika miljövårdande åtgärder illustreras i barnens teckningar. Undersökningen visar att ålder och kön påverkar barnens syn på miljöämnet. Avslutningsvis konstateras att miljöundervisningen i skolan kan utgå från ett naturvetenskapligt perspektiv, förutsatt att inte barnens egna tankar och funderingar om miljö glöms bort.

Teorier byggs för att få förklaringar till hur verkligheten ser ut och för att kunna dra slutsatser. Hur vi människor bör vara mot varandra är teori, hur vi sen egentligen beter oss mot varandra är praktik. Att få en matematisk formel serverad är en sak men att själv praktisera bevisföring är något annat. Med de naturvetenskapliga teorierna erhåller vi en större förmåga att förutsäga vad som kommer att ske. Verkligheten d.v.s. naturen är domaren som avgör om teorin

stämmer eller inte. Kritik riktas ofta mot att ämnesdidaktiken har missat de konkreta exemplen i naturen (Sjøberg, 2005). Nästan varje dag kan vi följa att solen och månen växlar i storlek beroende av brytning i atmosfären, temperaturförhållanden etc. Ibland tycks Afrika ligga på kort avstånd från Europa vid Gibraltar och ibland på längre avstånd. Att lära av naturen är en särskild vetenskap som kan underlätta förståelsen av naturvetenskapliga fenomen och tekniska konstruktioner.

3.2.1.2 Begreppsbyggnad ur ekologiskt och miljövetenskapligt perspektiv

För att så småningom kunna förstå ett helhetsperspektiv kan olika ekologiska begrepp vara en utgångspunkt. I Helldén (1995) har författaren en konstruktivistisk forskningsansats i en longitudinell studie över hur eleverna tänker ifråga om förutsättningar för liv och nedbrytning. Flertalet elever tänker sig att växten får alla nödvändiga resurser från jorden genom roten. Det har också visat sig att elever har problem med att föreställa sig att nedbrytningen av organiskt material resulterar i att större delen av materialet övergår i gasform. De beskriver istället hur nedbrytningsprodukterna blir en del av den fysiska miljön som jord och mineralämnen genom att materialet sönderdelas i mindre delar. Det är svårt för elever att förstå att materia är bevarad efter nedbrytning och även om elever i 14-16 årsåldern tänker sig att materia är bevarad, har de svårt att förklara i vilken form materien existerar efter nedbrytningen. I samband med grundläggande begreppsutveckling när det gäller förståelse av ekologiska begrepp använder eleverna parallella modeller för att förklara "Hur blir det jord?" och "Om det bildas jord av alla löv som faller ner, hur går det med planeten Jordan?". Många elever kombinerar en slutstationsmodell med en kretsloppsmodell (Helldén, 1995).

I en polsk studie undersökte Paprotna (1998) 6-åriga förskolebarns förståelse av ekologiska och miljörelaterade begrepp och samband. Undersökningen som genomförts i södra Polen tar i första hand fasta på ekologiska begrepp, men omfattar också begrepp som avser miljöförändringar i de naturliga ekosystemen. Författaren framhåller att det är en komplicerad dynamisk process i lärandet och barns förståelse av dessa begrepp inte är så lätta att undersöka och mäta. Barnets personlighet utvecklas i Kindergarten och deras kontakt med naturen har stark emotionell effekt på dem. Detta gör dem medvetna om betydelsen av att skydda den. Ekologiska studier i tidig ålder utgör grunden i barnens utbildning och ger dem möjlighet att behärska de kunskaper som har med människans roll i förhållande till naturen att göra. Barns egna erfarenheter och aktiviteter i naturen har en positiv inverkan på deras relation till den. Ekologistudier och utveckling av positiva attityder till naturen i tidig ålder kräver träget arbete och engagemang från såväl förskolan som föräldrarna. Det är därför nödvändigt att ta initiativ till att även vidga ekologikunskaperna hos föräldrarna. En metod att använda sig av är ett ord- eller begreppstest. Den aktuella undersökningen omfattar 54 elever i sexårsåldern, som har fått förklara sin förståelse rörande *miljöskydd*, *luffföreningar*, *sopor*, *buller* och *naturreservat*. Undersökningen gjordes 1996 med ovanstående miljöbegrepp, som används utifrån en ekologisk utgångspunkt. Resultatet visade att förståelsen av ekologiska och miljörelaterade begrepp varierar kraftigt. Bäst förstår elever företeelser som är förknippade med deras vardagssituationer såsom *buller* och *sopor* medan begreppet *naturreservat* är betydligt svårare. Barnens svar stärker uppfattningen att ekologisk medvetenhet bör utvecklas hos barnen i tidig ålder. Barn med lantlig bakgrund hade bättre förståelse av begreppen än barn från stadsmiljö. Författaren är medveten om att det är svårt att undersöka barns förståelse av ekologiska och miljörelaterade begrepp med dess struktur och svårtillgängliga natur. Behovet är stort att lärare blir mer medvetna om deras ansvar för att nå målen i

miljöundervisningen. Barnen måste få en chans att lära sig observera och iaktta, men också lära sig de korrekta facktermerna och finna samband samt ställa frågor. De måste också få möta verkliga modeller inspirerade redan i förskolan för att lära sig hur de ska förhålla sig till naturen (Larsson, 1910). I undervisningen om olika begrepp är det viktigt att de relateras till användbara och funktionella situationer för barnen (Dewey, 2004). Barnens sociala aktivitet är också av stort värde (Paprotna, 1998; Vygotsky, 2001).

Jeffries, Stanisstreet och Boyes (2001) har i en kvantitativ studie följt upp ett antal engelska college studenters kunskaper om den ökade växthuseffekten och jämfört med resultatet av en liknande undersökning tio år tidigare. Undersökningen ger studenterna möjligheter att ta ställning till ett stort antal variabler som anses ha med den ökade växthuseffekten att göra som t.ex. polarisarnas avsmältning, klimatförändringar, översvämningar, jordens uppvärmning, ökenspridning, hudcancer, markozon m.m. Det är exempel på att miljöbegrepp ofta är sammansatta och i de flesta fall skiljer sig från vedertagna naturvetenskapliga begrepp t.ex. på atom- eller molekylnivå. Det hindrar däremot inte att en analys av miljöbegrepp så småningom kan hamna på denna nivå. Resultatet visar att kunskaperna inte förändrats under en tioårsperiod, vilket kan bero på att det under perioden pågått en diskussion om vilken omfattning den ökade växthuseffekten har. Däremot har ungdomarna i den senare undersökningen en bättre beredskap och vilja att göra något för att begränsa den ökade växthuseffekten.

I en australiensisk tvärsnittsstudie redovisar Skamp et al. (2004) elevers begreppsbyggnad i åldern 11 till 16 år som har att göra med ren lufts sammansättning men också elevers föreställningar om luftföroreningar. Vidare i studien undersöks elevernas föreställningar om konsekvenser av luftföroreningar och surt regn och den naturliga och den antropogent orsakade växthuseffekten. I studien behandlas även elevers idéer om hur luftföroreningar kan reduceras. Undersökningen visar att yngre elever anser att luften är ren om den ser ren ut och är luktfri. Yngre elever har svårigheter att skilja på luft och de olika kemiska gaser som ingår i luft. Resultatet visar också att de äldre eleverna missuppfattar sammanhanget och tror att luftföroreningar har naturliga orsaker och har sin grund i naturliga komponenter i luften. Eleverna ser också samband mellan luftföroreningar och surt regn och några hälsoaspekter av luftföroreningar såsom astma och lungsjukdomar. Beträffande växthuseffekten anser eleverna att den är nödvändig för att växter och djur ska överleva och att den har ökat. Många äldre elever anser att den ökade växthuseffekten har naturliga orsaker. Samtidigt anser såväl yngre som äldre elever att mer bör göras bl.a. av företag och skattebetalare för att reducera den ökade växthuseffekten. Hur elever uppfattar frågor om växthuseffekt och ökad växthuseffekt kan också ses ur kulturellt perspektiv och relateras till om länder och folk redan berörs av den ökade växthuseffekten eller ej (Yencken, 2000).

Agelidou, Balafoutas och Flogaitis (2000) behandlar också begreppsbyggnad och begreppsutveckling inom miljöundervisningen. Begreppsmässigt utgår författarna från att miljöbegrepp består av *causal relations of one link*, *successive linear causal relations of more than one link* och *complex causal relations*. Uppbyggnad av begrepp, samband och sammanhang äger enligt författarna rum stegvis och inte i språng (Ausubel, 1968; Bruner, 1960, 1973; Driver, Guesne & Tiberghien, 1985). I studien, som är från år 2000, utvecklas en modell för hur elever i åldern 15 år schematiskt kan bygga upp miljöbegrepp från enkla ord och uttryck till komplexa kausala samband och sammanhang.

3.2.1.3 Modelltänkande

Att använda sig av och tänka i system och modeller i undervisningen är välkänt särskilt inom naturvetenskaperna. Det gäller allt ifrån användningen av fysikaliska försöksanordningar eller molekylmodeller till matematiska formler (Grosslight et al., 1991). Det är oftast mycket konkreta modeller som visar kausala samband men det är också intressant att utforska hur elever förstår mer komplicerade och i många fall abstrakta system och modeller av naturen. Grosslight et al. (1991) använder sig av kliniska intervjuer för att utforska hur elever med olika intellektuella förutsättningar tolkar naturen med utgångspunkt från olika modeller. Den kliniska intervjun ger möjlighet till följdfrågor vid intervjutillfället. En av författarnas slutsatser är att det måste ställas krav på modeller för att de ska fungera och förstärka lärandet i stället för att förvirra och till och med leda i fel riktning. Det är frågor som blir allt viktigare när fler och fler ämnen använder sig av dataprogram för simuleringen och modellering av komplexa system.

Kunskap om modeller och modellering i naturvetenskap beskrivs i en artikel av van Driel och Verloop (1999). Undersökningen omfattar lärare i biologi, fysik och kemi som intervjuades om vilka funktioner modeller ska kunna ha i relation till kurs- och läroplaner. Svaren analyserades också enligt den s.k. Likert-metoden, d.v.s. hur väl lärare som arbetade med modeller instämde eller inte instämde i modellernas syfte i undervisningen. Det visade sig att lärare i undersökningen var väl bevandrade i att använda relativt enkla modeller som snabbt visar vägen till ett kunskapsmål, medan mer komplicerade system behöver utvecklas i samverkan med lärarkolleger eller experter på modellering eller systemtänkande för att kunna användas (Justi & van Driel, 2005; van Driel & Verloop, 1999).

För att undersöka mer komplicerade system, exempelvis i ekologi används numera ofta datormodeller och datorsimuleringar. I Sheehy et al. (2000) visar författarna på hur modell- och systemtänkandet kan utvecklas hos yngre barn. Undersökningen omfattar ett antal barn i åldern 8 och 11 år. Till sitt förfogande har eleverna ett dataspel med två olika uppgifter som de får uppgift att lösa. I den ena simuleringen består råvaran av några skogsområden från vilket elevernas skola erhåller papper som förädlas i ett par fabriker. När papper används hamnar det förr eller senare i avfallslagret. Uppgiften för eleverna är att hålla verksamheten i gång så länge som möjligt genom att hushålla med papper och minska flödet till avfallspapper, se till att det återanvänds eller återvinns. Under tiden inträffar oförutsedda händelser som eleverna måste ta ställning till och försöka finna lösningar på. En annan datasimulering består i att eleverna får hushålla med vatten för att inte tömma en reservoar som förser skolan med vatten. Barnens uppgift var att hålla igång systemen så lång tid som möjligt innan vattnet eller träden tog slut genom att effektivt använda råvaror och återvinningsstrategier. De äldre eleverna spelade ut de yngre. Hjälpfunktionen användes fler gånger av de yngre barnen än de äldre. Målet med Sheehys undersökning är att dels utveckla verktyg för tänkande och att studera barns systemtänkande i kontexten miljö, dels att studera vidden av magiskt tänkande som stöd i barns systemtänkande. Det är ett exempel på systemtänkande hos yngre elever, i viss mån jämförbart med denna studie.

3.2.2 Miljödidaktiska forskningstraditioner och undervisningstraditioner

Forskningsområdet miljödidaktik, *Environmental Education Research*, är som framgångsrika nytt och har ännu inte hunnit etablera någon stark tradition med karaktäristiska särdrag (Hart & Nolan, 1999; Rickinson, 2001; Östman, 2003). Östman (2003) redovisar tre olika forskningstraditioner nämligen *den positivistiska*, *den tolkande* och *den socialkritiska traditionen*. Även undervisningsformerna som använts har resulterat i olika undervisningstraditioner, som kan hänföras till tre olika kategorier nämligen *den faktabaserade* och *den normerande miljöundervisningen* samt *undervisning om hållbar utveckling*. De olika forskningstraditionerna skiljer sig avseende epistemologi, kunskapsobjekt, kunskapsintresse och angreppssätt.

3.2.2.1 Positivistisk forskningstradition och faktabaserad undervisningstradition

Den positivistiska traditionen kan i extremfallen delas upp i två skilda forskningsinriktningar nämligen den lärande forskningen och *implementerings-, kartläggnings-, och effektforskningen* förkortat, IKE-forskning (Östman, 2003). Det gemensamma för dessa inriktningar är en positivistisk kunskapssyn som följer mönstret från den naturvetenskapligt didaktiska traditionen med till exempel kvantitativa för- och efterundersökningar. Kausala samband mellan väl avgränsade variabler och faktorer sätts i fokus. Likaså betonas det objektivistiska förhållningssättet till lärare och elever som ingår i studien. Ett annat kännetecken för den positivistiska forskningen är dess deskriptiva eller beskrivande natur. Lärandeforskningen kan antingen utgå från en behavioristisk ansats eller en konstruktivistisk tradition. Den behavioristiska ansatsen är inriktad på att kartlägga elevers och lärares attityder beträffande miljön med möjlighet till kategoriseringar vad avser personernas sociala bakgrund, kön, etnicitet o.s.v. Den konstruktivistiska varianten av denna forskningstradition är av kvalitativ karaktär. Resultatet av djupintervjuer leder till kategorisering som presenteras i hierarkisk ordning där de vetenskapliga förklaringarna placeras högst upp. Dessa förklaringar uppfattas som sanna och andra som felaktiga eller som missförstånd. Denna forskning kallas ibland också för *misconception-forskning*. Grunden till hierarkisering och benämning av olika uppfattningar kan härledas från en positivistisk kunskapssyn.

Den positivistiska forskartraditionen går enligt Östman hand i hand med den faktabaserade undervisningstraditionen som tog form under 1970-talet och kännetecknas av att människan anser sig kunna kontrollera naturen. Miljöproblemen anses i grunden vara önskade konsekvenser av samhällets produktion och resursutnyttjande. Människan anser sig vara skild från naturen och miljöproblemen är vetenskapliga kunskapsproblem som löses genom forskning och information. Denna utbildningsfilosofi är präglad av essentialism och utgår från ett naturvetenskapligt perspektiv som förordar grundläggande ämneskunskaper. Undervisningen sker uteslutande inom de egna ämnena. Ett visst mått av elevmedverkan finns, men eleven är vanligtvis en passiv mottagare.

3.2.2.2 Tolkande forskningstradition och normerande undervisningstradition

Den miljödidaktiska forskningen inom den tolkande traditionen är konstruktivistisk och de metoder som används är av kvalitativ art. I stället för att upptäcka och beskriva faktorer eller relationer mellan variabler ägnas inom den tolkande traditionen stor vikt vid att försöka skapa förståelse av lärande-, implementerings-, och tolkningsprocesser. Syftet är att försöka förstå och tolka vardagliga händelser och sociala strukturer. Vidare eftersträvas att få klart för sig vilka betydelse folk lägger i olika begrepp. I lärandeforskningen praktiseras ofta fallstudier eller en kombination av bredare kartlägningsstudier och fallstudier. I implementeringsstudier fokuserar man på en styrfaktor eller en kombination av styrfaktorer t.ex. utbildningssystem, styrdokument, läroböcker, lärares tänkande och handling. Observationer riktas på att förstå läroprocesser och dess effekter samt att kunna tolka komplexa system. Inom lärandeforskningen kan urskiljas två varianter, den kognitivistiska och den sociokulturella.

Inom den kognitivistiska forskningen, som innefattar människors tänkande och tankeprocesser, förekommer både det konstruktivistiska och det fenomenografiska perspektivet. Forskningen är mest fokuserad på elevers inläring av begrepp, men även undersökningar om attityder kan förekomma. Kännetecknande för det sociokulturella perspektivet är att lärandet ses som ett resultat av samspelet mellan människor och människors användande av artefakter, t.ex. språket. Analyserna anses inriktade på människors handlande i ett kulturellt och socialt sammanhang och inte som i den kognitivistiska forskningen på människors tänkande eller deras tankeprocesser (Loughland et al., 2002).

Den normerande miljöundervisningen växte fram under 1980-talet och naturen och dess lagar ses i detta perspektiv som något människan bör anpassa sig efter. Miljöproblemen ses som en värdefråga eller en konflikt mellan samhälle och naturens lagar. Det miljövänliga samhället är det goda samhället och experter med olika kunskaper från olika discipliner ska vägleda människor till ett miljömedvetet handlande. Människan är en del av naturen och miljöproblemens lösning är möjliga genom att människans miljömoral ändras (Östman, 2003). Elever och lärare planerar undervisningen tillsammans. Undervisningen är till stor del tematisk och utgår från de naturvetenskapliga ämnena i samverkan med samhällsvetenskap. Den utbildningsfilosofiska inriktningen går under beteckningen progressivism och kännetecknas bl.a. av att eleven placerar sig i centrum och av ett problemorienterat arbetssätt.

3.2.2.3 Socialkritisk forskningstradition och undervisning om hållbar utveckling

Inom den socialkritiska traditionen analyseras särskilt maktrelationers och ideologiers betydelse för hur skolans undervisning utformas. Den kritiska dimensionen förekommer mest uttalad inom den forskningsinriktning som berör skola och samhälle. I denna inriktning sätts miljöfrågor i relation till kulturella, demokratiska och/eller miljömoraliska aspekter. Värderingar och konflikter uppmärksammas. Läroplansteoretiska ansatser kan hänföras till denna inriktning där skolan som institution relateras såväl till historiska som samhälleliga skeden (Ekborg, 2002; Wickenberg, 1999; Östman, 1995). Den andra traditionen inriktas på värde- och värderingsbildning och omfattar bl. a. elevers användande av vetenskaplig kunskap i diskussioner och ställningstagande.

Konflikt- och komplexitetsperspektivet präglar också undervisningens tradition om hållbar utveckling. Miljöproblemen är politiska frågor och utifrån det perspektivet sätts de demokratiska processerna i centrum. Alla människors åsikter och värderingar prioriteras likvärdigt. Förutsättningar för att skapa en god livskvalitet beaktas också. Likaledes ses människan och naturen i en föränderlig växelverkan.

I dagens samhälle krävs inte bara normer, värderingar och handlingsberedskap utan även handlingskraft för att genomföra övergripande förändringar för hållbar utveckling. EFS står för *Education for Sustainability*.

It suggest that EFS may be part of a move away from values and norms associated with modernity towards the alternatives associated with constructive postmodernity.

(Huckle & Sterling, 2001, s. 32)

Undervisningen bedrivs främst genom samtal och diskussioner varvid erfarenhetsbaserade, moraliska och estetiska aspekter också lyfts fram. Utbildningsfilosofin är rekonstruktivistisk och betonar skolans roll i en demokratisk utveckling av ett framtida gott samhälle. Ett huvudsyfte är att träna eleverna att kritiskt värdera olika alternativ för ett hållbart framtida samhälle.

I Loughland et al. (2002) redovisas och bearbetas ett miljödidaktiskt perspektiv med frågor om hur barn lär och förstår miljö. Målet är att uppnå bättre förståelse för behovet av en hållbar utveckling, vilket på olika sätt bör genomsyra all miljöutbildning. Artikeln visar på svårigheter att definiera hållbar utveckling från början, eftersom begreppet kan tolkas på olika sätt. Sannolikt har de olika intressenter som står bakom forskningsprojektet, var och en med olika utgångspunkter, olika uppfattningar om vad hållbar utveckling står för, men är överens om att det är ett mål att sträva mot.

En metod för att överföra kunskap och attityder i skolans miljöundervisning till samhället visar Ballantyne (2000) på i ett försök genomfört i Queensland. Målet var där att eleverna skulle föra över sin kunskap till föräldrarna och även påverka miljöfrågorna i området där de bor. Undersökningen visar inte bara att det är möjligt att transferera kunskap från en generation till annan utan att det också finns attitydskillnader. Det är projekt som kan initiera konkreta arbeten för ett hållbart samhälle.

Coll et al. (2002) visar i en undersökning från Söderhavsöarna på vilket sätt undervisningsmetoder och attityder som används i gymnasieskolan och universiteten konserveras. Söderhavsöarna kännetecknas av etnisk mångfald där ett stort antal elever har engelska först som andra språk. Däremot är lärarstyrd klassrumsundervisning en etablerad undervisningsform i gymnasieskolorna över hela området. När studenterna kommer till universiteten möter de och accepterar samma undervisningsform. Eftersom många av studenterna examineras som gymnasielärare konserveras attityder. För att bryta detta mönster pekade undersökningen på hur en förändring av miljöundervisningen genom att införa en diskussionsbaserad didaktik skulle kunna förändra traditioner och attityder. Först därmed öppnas möjligheterna för studenterna att vara aktiva och sedan föra över en ny didaktik till andra skolformer. I Skolverkets rapport (2002) behandlas liknande problemställning.

Lärandet om det hållbara samhället stöter också på andra problem eftersom det saknas lämpliga läroböcker och andra hjälpmedel särskilt sådana som är anpassade för lärare i

naturvetenskapliga ämnen. Gayford (2002) presenterar från England en studie över vilka möjligheter lärare i naturvetenskapliga ämnen har att skaffa sig ny kunskap och låta eleverna lära om hållbar utveckling inom de olika disciplinerna. I allmänhet visade lärare intresse för och en positiv attityd till miljöämnet, men en vanlig invändning är att tiden inte räcker till för att ta in nya moment. Många ansåg att studierna i hållbar utveckling är ett alltför brett och tvärvetenskapligt område, som dessutom innehåller kontroversiella delar som kan bli svåra att hantera.

3.2.3 Konsekvenser för utvecklingen av läroplaner

På grundval av olika forsknings- och undervisningstraditioner utvecklats har nya strukturer för läroplaner vuxit fram.

Barraza (2001) menar att den konstruktivistiska postmodernistiska ansatsen erbjuder nya möjligheter för läroplansarbetet och för utvecklingen mot hållbar utveckling. I Mexico har regeringen spelat en viktig roll för att inrätta *Environmental Education, EE*, i landets skolor. Sedan 1980-talet har regeringen stöttat miljöinitiativ och inriktningar inom två områden, nämligen att kartlägga miljöfrågorna i nationella läroplanen och att publicera lärarfortbildningsmaterial. Detta material har som mål att uppmuntra lärare att utveckla barnens medvetenhet i miljöfrågor. Den postmoderna utvecklingen går mot en utveckling av teorier och teknik som kan öka miljölärandet genom ett aktivt deltagande i problemlösning och förståelse.

Den breda litteraturen gör det möjligt för barnen att möta informativa texter som uttrycker medvetenhet beträffande miljöfrågor, speciellt i ämnen som naturvetenskap och samhällsvetenskap. Exemplet från Mexico visar på en utveckling av läroplanerna i miljöämnet.

Bonnett och Williams (1998) presenterar en undersökning från England där några elever i de lägre klasserna visar att intresset för miljö är stort trots att de obligatoriska miljökurserna skars ner i landets kursplaner på denna nivå 1994. Författarna lämnar förslag såväl till utveckling av läroplan som till metodiska anvisningar. Miljöämnet påverkas inte direkt av nedskärningar av miljömomenten i den nationella kursplanen, åtminstone inte på kort sikt. Barnen påverkas av sin omgivning och formar sina attityder både genom lärande i skolan och yttre inflytande. Undersökningen visar emellertid att kunskaper och intresse kan förskjutas från de näraliggande miljöfrågorna till globala. Ett bristande samband mellan den lokala nivån och den stora världens kunde avläsas i studien. De unga får också, genom att stödet minskar i skolan, svårare att kritiskt granska det som skrivs i tidningar och informeras om i andra massmedia.

Att också förskolan har egna miljöprogram visar en undersökning av Wilson (1996) som redovisar en studie om ECEE-programmet, *Early Childhood Environmental Education*, från USA. Ett grundläggande perspektiv för framtidens läroplansarbete ges i Bhaskar (2003), som behandlar Ubuntu-deklarationen. I den beskrivs det globala läroplansarbete som måste följa i spåren av Johannesburgsmötet 2002.

The earth is a complex geo-biochemical entity whose precise functioning, as well as the complex interaction that occur among its myriad elements, we are yet to understand fully. Its fragile self-regenerative systems (e.g. the carbon cycle) have limited capacity for processing anthropogenic environmental contaminations.

(Bhaskar, 2003, s. 236)

Konstaterandet antyder att naturens självläkande krafter håller på att sättas ur spel vilket betonades under den tredje världskongressen i miljö år 2002. Fokus inriktades på frågor om hållbar utveckling i synnerhet en uppföljning av utbildningsinsatser i alla världens länder och alla nivåer. I Sverige har överenskommelsen i Tbilisi 1987 liksom Hagaöverenskommelsen 2000 och UNESCO:s proklamering av årtiondet för hållbar utveckling år 2005 betydelse för läroplansarbetet.

Hur det framtida läroplansarbetet kommer att se ut i Sverige och världen är i många avseenden öppna frågor med hänsyn till att miljövetenskap och miljödidaktik blir allt mer omfattande forskningsområden och frågan om hur hållbar utveckling kan förverkligas antar mer politiska dimensioner (Hermele, 2006). Aikenhead (1996) och Jenkins (1996) betonar också samverkan mellan samhällsvetenskapliga och naturvetenskapliga ämnen för utveckling av framtida läroplaner.

3.3 Avhandlingens inplacering

En allmän reflektion av betydelse för min miljödidaktiska forskning är att forskning om undervisning är vanligare än forskning om lärande. Forskning om elevers kunskaper är vanligare än forskning om processer i lärandet och yngre elevers begreppsutveckling.

Christensen (1993) adds to the complex nature of this relationship, stating the environmental literacy must begin in preschool...

(Hart & Nolan, 1999, s.8)

Tydligt är också att forskning om hur yngre elever lär är underrepresenterad i förhållande till forskning rörande äldre elever och studenter (Eskilsson, 2001; Hart & Nolan, 1999; Rickinson, 2001).

Didaktik har i ett historiskt och etymologiskt perspektiv betydelsen undervisningslära (Strömdahl, 2003). Det handlar om ett lärarperspektiv och ett elevperspektiv såväl som ett samhällsperspektiv (Helldén et al., 2005; Sandell et al., 2003). Svenskans begrepp ämnesdidaktik kan språkligt anknytas till danskans och norskans *fag-didaktik* och tyskans *fach-didaktik* (Sjöberg, 2005). Ämnesdidaktiken kan avgränsas till olika skolämnen, som matematikens eller svenskämnet didaktik eller integrerade områden, t.ex. lekens didaktik. Även övergripande perspektiv som är föreskrivna enligt en läroplan förutsätter en särskild didaktik med förankring i olika forskningsområden. Didaktik kan också avgränsas till olika fackområden som t.ex. lärares didaktik, eller didaktik inom ett skolstadium som gymnasieskolans didaktik. Indelningarna motiveras av att det gäller särskilda villkor inom olika didaktiska områden. I denna studie använder jag naturvetenskapernas didaktik som utgångspunkt för ett relativt nytt didaktiskt område, miljödidaktik, men beaktar även ett samhälls- och ett socialt perspektiv för att kunna relatera undersökningen till det övergripande perspektivet hållbar utveckling.

Genom bland annat den internationella Klimatpanelens arbete har miljödidaktikens förankring inom naturvetenskapen stärkts, samtidigt som människan och samhällets påverkan på miljön blivit tydligare (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007). Internationellt är lärandet starkt förankrat i *Earth System Science*, *ESS*, och den forskning i USA som är förankrat inom NASA, betecknat *Earth System Science Education*, *ESSE* (Gille, 2004; Johnson et al., 2000; Persson & Musidłowska-Persson, 2007).

3.3.1 Naturvetenskapernas didaktik

Strömdahl m.fl. redovisar att didaktik med inriktning mot naturvetenskap och teknik är ett ungt vetenskapsområde som utvecklats i Sverige och västvärlden främst under de senaste tre årtiondena (Helldén et al., 2005; Strömdahl, 2003). I första hand har termen naturvetenskapligt orienterade ämnen och naturvetenskap använts, men idag finns det fackdidaktiska områden som t.ex. biologi, fysik och kemi som skolämnen och universitetsämnen. Svårigheter har däremot funnits att utveckla en forskningsbaserad utbyggnad i ämnet didaktik med inriktning mot teknik. Trots de svårigheter som redovisas beträffande t.ex. utveckling av en särskild didaktik i teknikämnet har det visat sig finnas behov av att bygga upp en didaktisk kompetens inom nya ämnesområden och fånga tvärvetenskapliga dimensioner.

No-didaktisk forskning har tvärvetenskaplig karaktär. Innehållet är naturvetenskap, teknik och miljövetenskap, medan forskningsmetoderna ofta hör hemma inom det humanistiskt-samhällsvetenskapliga området.

(Strömdahl, 2000, s.3)

Orsaken till denna utveckling redovisar bl.a. Andersson i skriften *Elevens tänkande och skolans naturvetenskap* (Andersson, 2001) och Sjøberg i boken *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik* (Sjøberg, 2005). I det förra arbetet betonas att huvudsyftet med undervisning och lärande är att eleverna ska kunna orientera sig i en allt mer komplicerad värld i förändring.

En svårighet i sammanhanget är att dagens angelägna problem inte passar in i det mönster av ämnesundervisning som dominerar i grundskolans senare del och gymnasiet.

(Andersson, 2001, s. 19)

Det leder till att naturvetenskapernas didaktik inte bara kan innefatta fysiken, kemien och biologin som ämnen utan också världen och hur den förändrats och förändras över tid. Resultaten från den Nationella utvärderingen 2003 pekar tydligt i samma riktning (Skolverket, 2004a). I skriften *Lärande och undervisning i naturvetenskap – en forskningsöversikt* konstateras att lärande om naturvetenskapliga fenomen är en viktig del av den vetenskapliga allmänbildningen, *science literacy*, och en viktig hjälp för att förstå vardagsfenomen och ta ställning i samhällsfrågor för framtida handlingsberedskap (Helldén et al., 2005). Andersson (2000, 2003) anser att ämnesdidaktiken har förutsättningar att stimulera systemtänkande och därmed förbättra förutsättningar för lärandet (Andersson, 2001; Andersson, 2003).

Under den naturvetenskapliga och tekniska utveckling som ägt rum under senare århundraden har naturen påverkats mer och mer. Under tiden som jordens befolkning ökat till i dag drygt sex och en halv miljarder människor har varje människas konsumtion av olika resurser också ökat. Det innebär att alltmer energi och materia omvandlas i bl.a. raffinaderier, gruvor, kraftverk, jordbruk och i alla hem. Materia och energi sprids och leder till föroreningar i mark, vatten och luft samtidigt som de anrikas i de levande organismerna. Återbildningen av kol och olja tar miljoner år och de marker som eroderats eller förgiftats kan först efter lång tid producera på nytt. Jordens möjligheter att återskapa exempelvis utvunna malmer låter sig inte göras ens i geologiskt tidsperspektiv.

De beskrivna förändringarna har medfört att de naturvetenskapliga framstegen som kännetecknat större delen av 1800- och 1900-talen börjat överskuggas av växande miljöproblem. Sjøberg (2005) tillhör en av dem som påpekat att en orsak till ett bristande intresse för naturvetenskapliga studier sannolikt kan tillskrivas nämnda förhållanden. Allmänt anser Sjøberg att ämnesdidaktik är en bro mellan ämnet och pedagogiken och utgör en del av pedagogiken. Sjøberg ställer också frågan om de naturvetenskapliga ämnena i dagens skola upplevs som levande fossil. Påståendet kan dock knappast finna stöd i de nya kursplanerna (Skolverket, 2000a) som bl.a. under rubriken *mål att sträva mot* tar upp att eleverna i skolan...

...utvecklar insikten att naturvetenskap är en specifik mänsklig verksamhet tillhörande vårt kulturarv

samt.....

...utvecklar kunskap om hur experiment utformas utifrån teorier och hur detta leder till att teorierna förändras.

(Skolverket, 2000a, s. 47)

Under *ämnenas syfte och roll* i utbildningen står bl. a. att

Samtidigt syftar utbildningen till ett förhållningssätt till kunskaps- och åsiktsbildning som står i samklang med naturvetenskapens och demokratins gemensamma ideal om öppenhet, respekt för systematiska undersökningar och välgrundade argument.

(Skolverket, 2000a, s.46)

Styrdokumentet välkomnar dessutom en fri samverkan mellan olika ämnen t.ex. mellan naturvetenskapliga och samhällsvetenskapliga ämnen för att uppnå målen. Redan Larsson (1910) poängterade värdet av att humanister och naturvetare borde närma sig varandras områden, vilket också äger rum för att t.ex. rekrytera fler elever till gymnasieskolan för naturvetenskapliga studier (Gisselberg, Ottander & Hanberger, 2003).

3.3.2 Förändringar och utvecklingstendenser

I litteraturen påpekas också att naturvetenskaperna måste bli en del i ett större system som betecknas *NTS, Naturen, Tekniken och Samhället* (Andersson, 2001) eller *STS, Science, Technology and Society* (Aikenhead, 1998; Sjøberg, 2005; Solomon & Aikenhead, 1994;

Yager, 1996). I mitt avhandlingsarbete har jag tagit fasta på att utveckla naturvetenskapernas didaktik med hänsyn till att det för hållbar utveckling krävs naturvetenskaplig kunskap för att reducera och förhindra miljöproblem genom att miljöanpassa teknik och resursanvändningen i samhället (Bartha, 1984; Bhaskar, 2003; Hill, 1998, 1999). Det innebär också att attityder och inställningar till miljön påverkas. Miljö är numera ett centralt ämnesområde i skolans alla stadier och influerar all universitets- och högskoleutbildning vilket naturligt nog också motiverar att miljödidaktiken utvecklas (Sandell et al., 2003). Idéhistoriskt utgör dessutom miljö ett eget kunskapsområde i vår kultur (Ingelstam, 2004). Stegen mot att utveckla *hållbar utveckling* som ett eget perspektiv i skolan understryker ytterligare behovet. Det är ett tecken på den ökade medvetenheten om miljöfrågornas betydelse för samhällets utveckling. Man betonar samtidigt de ekologiska, ekonomiska och de sociala perspektiven (United Nations Development Programme, 2006). Frågor om förbrukning av resurser leder ofta till konflikter som bottnar i samhällseliga intressekonflikter med grunden i etnicitet, jämställdhet, etik, moral och makt med mera (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999; Breiting et al., 1999; Skinner & Porter, 1999).

Huckle och Sterling (2001) påpekar att läran om *Education for sustainability* är ung. De föreslår olika sätt att arbeta med det nya området i form av outdoor education, experimentell undervisning och samhällsrelaterade projekt. Ett tvärvetenskapligt arbetssätt förordas samtidigt som olika perspektiv vävs samman inom beteckningen postmodernism, d.v.s. en epistemologisk utveckling från faktabaserad undervisning till kunskap med praktisk nytta. De menar också att det primära målet är att utveckla kritiskt tänkande för att åstadkomma *ecoliteracy* och *political literacy* för aktivt medborgarskap.

Ett begrepp som också lanseras är *greening technology* eller *clean technology*, som indikerar att synen på samhällets nuvarande tekniska utveckling kan ifrågasättas (Huckle & Sterling, 2001). Särskilt viktigt är betoningen av ett arbetssätt och innehåll, vilka tar sikte på frågor som elever är intresserade av och som berör dem (Lindahl, 2003). Under 1990-talet genomfördes ett nordiskt samverkansprojekt, *MiljöUnderVisning I Norden, MUVIN*, som satt spår i miljödidaktiken (Breiting et al., 1999). Projektet var ett utvecklingsprojekt med det långsiktiga målet att utveckla miljöundervisningens värde för elevernas framtid. Samtidigt var målet att stärka lärarnas kompetens och utveckla teoretiska tankar i teori och praktik.

Föreliggande avhandling hör hemma inom naturvetenskapernas didaktik med inriktning på det miljödidaktiska området. Undersökningen tar hänsyn till naturen, samhället och den tekniska utveckling som människan står för och skapar, den sfär som ofta betecknas antroposfären. I studien undersöks hur eleverna i sitt NO-lärande också kan tillgodose lärandet i de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling, samt möjligheter att utveckla särskilda begrepp inom dessa områden. Begrepp som används inom området miljö benämns miljöbegrepp, användbara för lärande i miljö men också i lärande för hållbar utveckling (Hermele, 2006; Ingelstam, 2004; SOU, 2004:104).

4 Perspektiv på lärande

Framställningen i det här kapitlet omfattar litteratur och källor avseende lärande som har betydelse för den här studien. Avgränsningarna har valts med utgångspunkt från forskningsfrågan och innehållet i den insamlade empirin samt de olika praktiker som insamlingen ägt rum i. Som utgångspunkt används en konstruktivistisk syn på lärande, samtidigt som begrepp, samband och sammanhang utvecklas kontinuerligt i dialog elever emellan samt mellan lärare och elever (Alexander, 2006; Anderson, Reder & Simon, 2000; Good, Wandersee & St. Julien, 1993; Ishii, 2003). Här redovisas bl.a. den sokratiske dialogen och i samband med den Wittgensteins och Vygotskys betoning av språkets betydelse i lärandet. De båda lägger stor vikt vid processen och Vygotsky betonar särskilt samspelets betydelse där den sokratiske dialogen betraktas som ett viktigt verktyg (Persson, 2006a, 2006b). Vidare behandlas Bruners (Bruner, 1960, 1996) och Hans Larssons filosofi om lärande (Larsson, 1910). Deweys tankar om lärande är också viktiga för avhandlingen liksom Piagets och Ausubels (Ausubel, 1968; Dewey, 2004; Piaget, 1964, 1970). Larsson och Dewey har betydelse när det gäller kopplingen mellan skola och samhälle och intentionen att låta de humanistiska och samhällsvetenskapliga ämnena närma sig de naturvetenskapliga ämnena. Bruners införande av spiralprincipen (Bruner, 1960, 1996) som ett instrument i elevers lärande redovisas tillsammans med Ausubels betoning att utgå från den nivå eleverna befinner sig på (Ausubel, 1968). Dessutom redovisas leken som en form för lärande i miljö (Mårtensson, 2004; Persson, 2006a, 2006c). Efterhand som processen i avhandlingsarbetet växt fram har jag i källa efter källa sökt underlag för att bearbeta insamlade data och för att tolka resultat och dra slutsatser. Detta kapitel är ett ramverk för teorier om lärande som identifieras i praktikerna där studien äger rum. Lärandet koncentreras på hur elever utvecklar miljöbegrepp över tid i NO-lärandet. Redovisningen i kapitlet utgör också underlag för utveckling av metoder och analyser.

Nyckelorden i de olika avsnitten utgör ett stöd för den kontinuerliga uppföljningen av ramverket.

4.1 Lärande med konstruktivistisk utgångspunkt

Den mest sammanhängande och kanske mest inflytelserika teorin om barnets kognitiva utveckling har formulerats av Piaget (Piaget, 1964). Piaget anses vara föregångare till det vi idag kallar konstruktivismen och han utvecklade en genetisk kunskapsteori. Han har skildrat hur utvecklingen från spädbarnstiden och framåt fortskrider i kvalitativt avgränsade stadier. Barnet passerar olika stadier i utvecklingen och kan inte gå vidare till nästa stadium om inte de nödvändiga strukturerna har etablerats. Utvecklingen fortskrider i en dynamisk spiral. Jämviktsrubbningsuppstår vid mötena mellan barnens kognitiva strukturer och omgivningen (Piaget, 1970). En tillfällig balans eller adaptation kan uppnås först på en högre utvecklingsnivå genom kognitiv utveckling, d.v.s. utveckling av de intellektuella funktionerna i vid mening genom tänkande och förståelse, förmåga att fatta beslut samt göra tolkningar och bedömningar. I utvecklingspsykologin är assimilation en process som enligt Piaget innebär att barnet med hjälp av alla sina sinnen skaffar sig nya erfarenheter av omvärlden och införlivar dessa med redan tidigare gjorda d.v.s. en form av aktivitetspedagogik (Piaget, 1932/1960, 1926/1959). Upplevelserna bearbetas således på basis av barnets tidigare erfarenheter. Ackommodation innebär att barnet förändrar sina tankestrukturer för att möta ändrade

förhållanden. I praktikerna, som observeras i studien, ges möjligheter för eleverna att arbeta med alla sinnen enligt devisen hand, hjärta och hjärna. Piaget har också behandlat barns språk och deras kausala tänkande samt deras funderingar och teorier om vardagsfenomen. En senare del i hans forskning behandlar hur barn uppfattar matematiska tal, hastighet, tid, rum, objekt, sannolikhet och logik. Det bör emellertid påpekas att Piagets idéer inte fått stå oemotsagda. Donaldson (1978) menar att Piagets teorier om tänkandets och språkets utveckling till en del är dåligt underbyggda, eftersom han underskattar förskolebarns förmåga att tänka logiskt. Kritik har också riktats mot stadieteorin eftersom den innebär alltför grova generaliseringar (Bliss, 1996; Driver & Easley, 1978; Driver et al., 1985).

Många forskare är kritiska till Piagets syn på lärande, som de ser som en ensidig beskrivning av lärande som en enskild aktivitet. Donaldson (1978) menar att lärandet är mycket mer beroende av sammanhang än vad Piaget trodde. Barn drar egna slutsatser mycket tidigare än Piaget menade i sin stadieteori. Carlgren (1999) beskriver den kritik av Piagettraditionen, som kom på 1980-talet, som en kritik av en tradition där den individuella kunskapstraditionen alltför mycket betonades. Hon menar att man förbigick att kunskapen bildas i samspel med t.ex. lärare, liksom betydelsen av undervisningens kontext.

Redan Ausubel (1968) underströk vikten av att utgå från vad den lärande redan vet.

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.

(Ausubel, 1968, s. VI)

Ausubel (1968) anser att människan själv konstruerar sitt lärande. Den som lär fogar nya begrepp till sina tidigare kunskaper och erfarenheter. På grund av den lärandes tidigare erfarenheter kommer lärandet hos olika människor att bli olika. Ausubel menar att kunskap är uppbyggd av speciella begrepp och han skiljer mellan meningsfullt lärande och icke meningsfullt lärande. Meningsfullt lärande uppstår när informationen sammankopplas till begrepp i den lärandes tankestruktur. Det äger så att säga rum en integration mellan tänkande, känslor och agerande då ny kunskap skapas hos en individ. Det finns begrepp som kan tillämpas i flera olika sammanhang. Individerna måste behärska begrepp, som går att relatera till den nya informationen och det är upp till den studerande att själv välja att lära meningsfullt. Ausubels lärandeprocess kan synas krävande eftersom den förutsätter att man kan använda den erhållna kunskapen för att utveckla och integrera ny. Det förutsätter att den nya kunskapen an knyter till tidigare förståelse för att den inte ska bli isolerad utantill-kunskap. Det centrala i ett meningsfullt lärande är att kunskap skapas och att den bygger på begrepp som kan knytas till tidigare kunskap (Ausubel, 1968). Nya begrepp knyts till de redan befintliga strukturerna, förutsatt att det finns något att koppla dem till. Utvecklingen kan också enligt Ishii (2003) innebära att två redan etablerade begrepp får en ny anknäytning via ett nytt begrepp så att den inre strukturen utvidgas.

Enligt Bruners undervisningsteorier gäller det att förstå hur saker hänger ihop, d.v.s. att förstå struktur (Bruner, 1996). Struktur är i denna studie en grund för att identifiera elevernas användning av miljöbegrepp i form av ord, uttryck och spel relaterade till *System Jorden*. Ett ämnes struktur innebär att mycket annat kan relateras till den på ett meningsfullt sätt (Helldén, 1992). Bruner trycker mycket på verklighetsanknytning till lärostoffet som t.ex. fysikens lagar som på ett tidigt stadium kan uppmärksammas på lekplatsens gungbräda. Bruner menar, att

dessa grundläggande idéer kan vara den bärande principen i utformningen av undervisningen från det barnen är ganska små. Inte bara arbetssättet och presentationsformerna utan även lärostoffets form kan anpassas till att passa elevens utvecklingsnivå. Efter mognad och ålder kommer t.ex. moment som hävstänger och kraftmomentsuträkningar in i bilden. Det kan sägas vara kärnan i spiralprincipen.

We begin with the hypothesis that any subject can be taught effectively in some intellectually honest form to any child at any stage of development.

(Bruner, 1960, s. 33)

Det är således viktigt att spiralen inte snurrar för fort och när nya verktyg introduceras i undervisningen måste möjligheter ges för lärare och elever att skaffa sig färdigheter och förtrogenhet med dessa. Risken finns att fokus sätts på redskapen istället för ämnet. Som exempel kan nämnas räknestickan och räknedosan, men också datorer och IT-teknik. Bruner har, från att ha antagit det konstruktivistiska perspektivet, på senare tid kommit att anamma ett sociokulturellt perspektiv (Bruner, 1996). Det som är intressant i detta är att det gäller att vara vaksam på vilket eller vilka ämnesområden som med fördel bör ses utifrån delar eller utifrån en helhet eller både och. En annan viktig aspekt är att elever har olika inlärningsstilar att se helhet respektive delar.

Enligt Bruner (1996) gäller detta de flesta former av kunskap där begreppen bygger på varandra och hämtar sin betydelse från andra begrepp i samma struktur. Denna uppfattning delas också av Sjøberg (2000).

Begrepp är som knutar i ett nät, de kan inte existera utan andra trådar eller knutar.

(Sjøberg, 2000, s. 327)

Han menar att situationen liknar den då barn tillägnar sig ett språk. Varje ord får sin betydelse genom de andra orden. Barnet lär sig nya ord genom att det knyts trådar till de andra orden. Nätet blir finare och tydligare efter hand. Jämförelsen kan liknas vid lärandet i skolan. Lärandet inom ett nytt ämnesområde behöver inte betyda att man först definierar grundbegreppen exakt. Man kan börja med att använda de nya orden ganska löst och att ordens betydelse gradvis blir tydligare genom exempel och motexempel. I strukturen framhålls samtidigt förbindelsen till andra ord och begrepp (Sjøberg, 2005).

Bruner framhäver dialogismen i stället för den kognitiva psykologin. Han poängterar också att lärarens roll är viktig och liknar situationen i lärandet med en *mutual learners orchestra* med läraren i huvudrollen (Bruner, 1996). Men han inser också, i likhet med Vygotsky, betydelsen av lärandet mellan eleverna och hur de genom samarbete och kommunikation hjälper varandra till en högre utvecklingsnivå, d.v.s. *scaffolding* (Bliss, 1996). Individerna får möjlighet att nå den närmaste utvecklingszonen, *the zone of proximal development, ZPD*, inte bara i individuellt utan även i meningsfull kommunikation med andra. Det är centralt i Vygotskys ramverk för lärandet (Eskilsson, 2001). Därmed avses ett lärande som hänför sig till elevernas utbyte sinsemellan av vad var och en uppfattat, liksom lärande stimulerat av lärarens utmanande frågor eller genom samtal med andra mer kunniga (Driver & Easley, 1978; Vosniadou & Brewer, 1992; Vosniadou, Skopeliti & Ikospentaki, 2005). Bruner (1996) skiljer också på skillnaden mellan *do* och *what they think they are doing* och *reasons for doing it*. En elev reflekterar, *goes meta*, i en process för ökad handlingsberedskap och träning i

argumentering. Den metakognitiva dialogen är nog så viktig. Klassrumsdialogen är också viktig i skapandet och utvecklingen av begrepp och i förklaringar om hur saker hänger samman d.v.s. att förstå en struktur. Meningsfulla diskussioner och utrymme för argumentation bidrar också till elevernas egen begreppsutveckling (Mortimer & Scott, 2003).

Från Ausubel (1968) är följande nyckelord av vikt för studien: *Starta där barnet befinner sig, tänkande, känslor och agerande*. Jag har även uppmärksammat nyckelorden *scaffolding, samarbete, verklighetsanpassning, delarna och helheten* och *reflektion och handling* samt *spiralprincipen* från Bruner (1996). Viktiga nyckelord för studien är också *kognitiva konflikter, jämviktsrubbnings, assimilation* och *ackommodation* (Piaget, 1970).

4.2 Lärande ur ett klassrumsperspektiv

För lärandet i klassrummet, d.v.s. i de olika praktikerna hämtar jag underlag i bl.a. den sokratiska och den metakognitiva dialogen samt i Vygotskys, Wittgensteins, Deweys och Larssons teorier om lärande. Edwards och Mercer (1995) talar om diskursens betydelse för hur man lär sig av sina erfarenheter. De studerar hur elever lär sig genom att arbeta med praktiska uppgifter och göra observationer. De studerar också hur eleverna bygger upp sina egna begrepp genom diskussioner med läraren. De talar om utvecklingen av individers kunnande och hur lärandet sker i samspel med andra.

4.2.1 Den sokratiska och metakognitiva dialogen

Ett kännetecken som utmärker NO-läraren i denna studie är att hon enligt observationer i de olika praktikerna genomgående tillämpar en frågande och reflekterande dialog som påminner om den sokratiska och metakognitiva dialogen. Den sokratiska dialogen innebär att hon via dialog och frågor låter eleverna själva i stor utsträckning söka svaren med hjälp av öppna frågor som hon ställer till eleverna (Persson, 2006a, 2006b, 2006c; Persson & Musidłowska-Persson, 2007). Miljö och hållbar utveckling handlar om frågor som oftast inte kan besvaras endast på ett sätt.

Sokrates lärar känner vi främst från Platons dialoger, där Sokrates för det mesta är huvudperson. Om Sokrates uttrycker Platons idéer eller sina egna är omöjligt att helt säkert avgöra. Dialogen är emellertid en konstform. Målet med dialogen är att finna kunskap och insikt som deltagarna redan har, även om de inte vet att de har den. Frågor, svar och reflektion ska göra sådan kunskap, som kan betecknas icke-reflekterad kunskap och insikt, tillgänglig. Samtidigt är det viktigt att veta att detta mål aldrig helt kan uppnås (Forssell, 2005; Molander, 1996).

Dialogen ska leda fram till kunskap om vad mänskliga förnuftet är och kunskap om hur vi ska leva förnuftigt. Därmed blir dialogen inte bara ett medel utan också uttryck för en livsform. Dialogens mål är formellt i meningen att det inte kan specificeras oberoende av dialogen. Förståelse av målet kommer genom förståelse av den process varigenom målet så gott det nu går uppnås. I hela dialogen är Sokrates den frågande och poängen är att läsaren själv måste söka svaren och i vissa fall också frågorna.

(Molander, 1996, s.85-86)

Forssell (2005) redovisar tre krav som Sokrates ställde upp på dem han talade med.

De skulle tala av egen övertygelse, inte luta sig mot auktoriteter eller upprepa vad andra sagt.....

De åsikter som framförs i samtalet skulle vara följdriktiga och inte motsäga varandra på väsentliga punkter.....

Deltagarna i samtalet skulle kunna definiera sina begrepp, d.v.s. reda ut vad de avsåg med olika ord och uttryck.

(Forssell, 2005, s.54)

I avhandlingen arbetar jag vidare med följande nyckelord nämligen; *dialog* och *frågor där eleverna får söka svaren*. Samtidigt har jag i minnet Sokrates tankar om att leva förnuftigt d.v.s. tankar som kan omsättas till dagens frågor för hållbar utveckling. Från Bruner (1996) och boken *The Culture of Education*, vill jag återge följande beträffande styrkan i den sokratiske dialogen för lärande:

Mind as equated to the power of association and habit formation privileges "drill" as the true pedagogy, while mind taken as the capacity for reflection and discourse on the nature of necessary truths favours the Socratic dialogue. And each of these is linked to our conceptions of ideal society and the ideal citizen.

(Bruner,1996, s. 4-5)

Guthrie och Keith (1999) och Taylor (1939) beskriver den sokratiske dialogen som en metod att komma till rätta med livsfrågorna. Den undervisning som eleverna möter kännetecknas av den sokratiske tillsammans med den metakognitiva dialogen (Watkins, 2001). I dialogerna ställs frågor som utmanar eleverna att fundera och reflektera omkring vad de gör och varför de gör specifika saker. Kognition och lärande definieras på olika sätt inom olika teorier. Brown, Bransford, Ferrara och Campione (1983) menar att metakognition som begrepp också kan variera. Metakognitiv forskning sätter fokus på *hur* man tänker om kognitiva fenomen. Ska man lära sig att komma ihåg något kan man utveckla olika strategier eller tillvägagångssätt för att komma ihåg. Tankarna riktas vanligtvis mot det man vill komma ihåg. Genom att i stället tänka på *hur* man gör när man försöker att komma ihåg något, blir man metakognitivt inriktad. *Theory of mind* inom det metakognitiva forskningsområdet handlar om hur barn utvecklar förmågan att ta andras perspektiv (Astington, 1998; Frye & Moore, 1991). Ibland används begreppet metalärande eller metakognitiva dialoger (Watkins, 2001). Det är ett lärande om lärande, som syftar till att:

- Fokusera lärande som process i motsats till prestation.
- Främja en rik föreställning om lärande och en rik variation av strategier.
- Utveckla en metakognitiv dialog för att stimulera lärandet.

I studien utvecklar NO-läraren en metakognitiv dialog med eleverna främst genom tillbakablickar i form av repetition av tidigare lärandesituationer i de olika praktikerna. Elevernas roller i form av olika organismer, från t.ex. träd, blad och rötter till kungsfåglar och havsörnar, utgör också utgångspunkter för ett metakognitivt lärande, *Theory of mind*.

4.2.2 Ord, uttryck och spel i lärandet

Vygotsky (2001) anser att språket i kombination med socialt samspel är de viktigaste drivkrafterna i barns utveckling och lärande. En huvudpunkt i hans teorier är att all intellektuell utveckling och allt tänkande tar sin utgångspunkt i social aktivitet. Det individuella, självständiga tänkandet är ett resultat av social verksamhet. Efter det sociala kommer det individuella. Barn är i stånd att utveckla en handling i samspel med andra, innan de kan utföra det ensam. Språket är till en början en social aktivitet, som så småningom splittras i två funktioner. Språket är ett medel att kommunicera med och ett egocentriskt inre tal som utgör underlag för tanken. Genom att stimulera förskolebarnets egocentriska tal och låta det tala högt för sig själv, utvecklas det logiska och abstrakta tänkandet. Ett arbete som aktivt hjälper barnet att klara uppgifter på egen hand.

Begreppsbildning innebär att man lär ett nytt ”språk” t.ex. hur eleverna lär sig naturvetenskap genom att tala det vetenskapliga språket (Leach & Scott, 2003), d.v.s. en konstruktion i klassrummet orkestrerat av läraren. När ett nytt ämne med övergripande perspektiv, som i detta fall miljö och hållbar utveckling, utvecklas växer ett nytt ”språk” fram med nya logiska strukturer och samband. Uppfattningen av begrepp kan variera beroende på i vilken situation begreppet används (Ekborg, 2002; White & Arzi, 2005). Enligt Vygotsky är det likställt att lära sig ett nytt ämne med att lära sig nya sätt att tänka (Vygotsky, 2001).

Vygotsky påpekade att barnen genomgår kritiska perioder ungefär strax efter födseln, vid ett års ålder, vid tre och sju års ålder och vid 13 års ålder. Varje period varar mellan några månader upp till två år. Eleven upplever dessa perioder som en kris, därför har de svårt att lära sig något nytt. Vid de andra åldrarna eller stadierna ansåg Vygotsky att eleven är mycket mottaglig eftersom eleven befinner sig i en utvecklingszon med en stor potential. Vygotsky menade också att eleven kan utvecklas snabbare om hon eller han befinner sig i en utvecklingszon genom att läraren kan ställa krav som ligger över den nivå som eleven befinner sig på.

Vygotsky intresserade sig mest för tänkandet, d.v.s. användningen av det talade och skrivna ordet. Denna del av verksamheten benämnde han *högre kognitiva processer*. Medvetandet formas i ett intimt samspel med det samhälle och den kultur som vi växer upp i. Det kan uppstå missförstånd att studera lärande och problemlösning isolerat från sitt sammanhang, eftersom människans tänkande förändras under historien och med hjälp av olika kulturella redskap (Ingelstam, 2004). Vygotskys teori kallas i regel sociokulturell eller kulturhistorisk.

För Vygotsky var lärande en förutsättning för utveckling. Han såg vårt inre tänkande som en återspeglning av det yttre samspel som vi är delaktiga i. Den goda undervisningen går före och

leder utvecklingen. Med nyckelbegreppet *den närmaste utvecklingszonen*, ZPD, avsåg Vygotsky de utvecklingsmöjligheter som ligger i att vad barn kan göra idag, med hjälp av läraren, eller en mera kunnig kamrat, kan barnet klara på egen hand imorgon. Samspelet mellan lärare och elev och eleverna emellan är det helt avgörande för att eleverna ska nå den närmaste utvecklingszonen. Den sokratiske dialogen är ett viktigt redskap för att nå dit. Verksamheten inom zonen innebär användning av verktyg, fysisk-tekniska redskap men också psykiska- mentala verktyg som talade eller skrivna ord och siffror. Det är genom fysisk och psykisk verktygsanvändning som människan blir medveten om sin omvärld. Vygotsky tog liksom Piaget fasta på de sociokognitiva konflikter som genereras i agerande och dialoger mellan lärare och elever och elever emellan (Piaget, 1932/1960, 1926/1959, 1975; Vygotsky, 1978, 2001; Williams, 2001).

Wittgenstein frågade sig vad som ger språket liv och hur språkspel kan användas för att beskriva världen. Ord och uttryck har mening genom den roll de spelar i olika språkspel, enligt utgångspunkten för Wittgensteins resonemang. Han resonerar om hur användningen enligt regler och sedvänjor av orden i olika sociala sammanhang ger språket liv och mening och gör det begripligt. Han för in termen familjelikhet, för att visa att ord och uttryck hör ihop, mer eller mindre, som medlemmar i en familj eller i en släkt, där vissa står nära varandra, andra mindre nära, i komplicerade kedjor och relationer.

Wittgenstein (1992) diskuterar utförligt begreppet ”spel” som leder fram till regler om hur vi ska spela spelet. Så här säger han om hur ”spel” kan förklaras för en annan människa.

...Man ger exempel och önskar att de förstås på ett visst sätt. - Men med detta uttryckssätt menar jag inte: i exemplen ska han lägga märke till det gemensamma som jag - av en eller annan grund- inte kan utsäga. Utan: han ska nu *använda* dessa exempel på ett bestämt sätt. Exemplifikationen är inte här en *indirekt* förklaringsmetod - i brist på bättre. Ty varje allmän förklaring kan ju också missförstås. Det är så vi spelar spelet. Jag menar språkspelet med ordet spel.

(Wittgenstein, 1992, s. 45, § 71)

I ytterligare paragrafer i boken beskrivs fler typer av spel, men bl.a. Molander (1996) och Stenlund (2000) framför kritik. De menar att det inte finns några genomgående drag om vad språkspel egentligen är, något som gör det möjligt att skapa en allmän definition. Vidare svarar de samtidigt till viss del på kritiken. Diskussionen om spel visar bland annat hur många olika typer av spel det finns. Vissa spelar man ensam, andra tillsammans med andra. Några är bara en sysselsättning utan speciellt mål, andra spelar man för att vinna o.s.v. (Molander, 1996). Det finns inget mönster, ur vilket det går att utläsa en allmän definition av vad språkspel är, utan läsaren måste själv ställa sig frågan och sen bevaka den, liksom i den sokratiske dialogen. I § 75 och § 34 utvecklar Wittgenstein detta ytterligare (Wittgenstein, 1992). Han menar att för att uppnå inlärning och förståelse, vilket inte är enkelt, måste en process bestå i att göra saker. Man måste tränas till något med hjälp av frågor och korrigeringar. Han anser att det är omöjligt att förstå detta i ett objektivt perspektiv. Det är inte meningsfullt att leta efter inre eller språkliga objekt d.v.s. en generell sats. Sådana objekt visar precis lika lite utöver sig själva som yttre företeelser. Vi måste se på hur man använder exempel i olika mänskliga aktiviteter, d.v.s. hur de utgör en integrerad del av olika aktiviteter (Monk, 1999).

Wittgenstein använder sig återkommande av termer som språkspel, livsform, familjelikhet, men det är ett missförstånd enligt honom att uppfatta dessa termer som grundbegrepp eller

primitiva termer i en teoribildning eller som kategorier i ett filosofiskt system. Stenlund (2000) kritiserar sålunda användningen av begreppet språkspel. Termen införs med bilder och många olika exempel som inte alla har en bestämd gemensam egenskap. Den är ett språkligt instrument för beskrivning av resultaten av den filosofiska undersökningen och Wittgenstein tillåter sig, som i en litterär framställning, att använda sig av den mångtydighet som ordet *spel* normalt kan ha. Det är alltså tänkbart att de utredningar som Wittgenstein utför med användandet av dessa termer kan uttryckas med andra bilder och termer och ändå vara samma typ av undersökning. Yttersta sanningskriteriet för undersökningen är den språkliga verklighet som vi alla upplever, d.v.s. inte undersökningsinstrumenten. Allt lärande är att skapa en relation mellan det du vet och det nya som du möter.

För en *stor* klass av fall, där ordet "betydelse" används - ehuru inte för *alla* sådana fall - kunde man förklara detta ord sålunda: Ett ords betydelse är dess användning i språket. Och ett namns *betydelse* förklarar man genom att man pekar på dess *bärare*.

(Wittgenstein, 1992, s. 31, § 43)

Definitionen av lärande enligt Wickman (2002) är att via möten skapa relationer till det som står fast för individen. Wittgenstein skriver i § 43 att betydelsen av en mening blir självklar för oss när vi använder språket, d.v.s. betydelsen av ord är dess användning i språket (Wittgenstein, 1992).

Vygotskys nyckelord som jag tar med är *social aktivitet, samspel, imitation, språk, lek och den närmaste utvecklingszonen*.

I föreliggande studie samlar jag in data i form av enkätsvar, intervjusvar och videobeskrivningar. Empirin blir föremål för tolkningar i analysarbetet. De ord, uttryck och spel som eleverna använder och hur de formulerar olika samband och sammanhang identifieras och tolkas med hjälp av kunskap om Wittgensteins språkspel. Wittgensteins (1992) nyckelord som jag uppmärksammar är *språk, språkspel, familjelikhet, helhet och delar samt spel*.

4.2.3 Iakttagelser och aktiviteter i lärandet

Lärarens reflektion över sin undervisning är också en del i min studie och återkommer i form av kontinuerliga samtal med undervisande lärare (Persson, 2006a). Det innebär att NO-läraren och eleverna videofilmas i undervisningssituationer. De inspelade avsnittet spelas upp kort efter inspelningen för NO-läraren, som får reflektera över sina intentioner och resultat. Larsson (1910) tar upp mycket som en lärare måste påminnas om t.ex. att ständigt reflektera kring sin undervisning. Enligt Larsson är det av stor vikt att man i lärandet och dialogen med eleverna använder sin intuition, d.v.s. sitt omedelbara omdöme, för att kunna justera sina handlingar. Hans Larsson har Kant som förebild, men inspireras också av bl.a. Locke, Comenius och Rousseau. Han resonerar bl.a. kring ett par exempel, där han beskriver hur övning av sinnena bör gå till och trycker på kroppsövningens betydelse i kombination med själsövningar för att öva upp sin iakttagelseförmåga. Det kan hänföras till de olika praktiker i studien.

En för min forskning intressant undersökning (Larsson, 1910) handlar om vilka upplevelser barn i Berlin som började folkskolan hade år 1870 angående en järnväg, en hare som springer

och en höna med kycklingar. Vissa företeelser var helt okända för barn som växt upp i en stad. En studie från en mindre stad visade att av de nyinskrivna 6-åringarna hade 28 procent sett en höna med kycklingar, 3 procent hade sett en björk i skogen och 12 procent hade sett solen gå ned. Hälften av barnen hade sett fjärlar och ungefär en tredjedel hade sett en äng. Det visar att det är svårt att bedriva undervisning om sådana föremål som barnen inte på ett naturligt sätt kan associera till. Men det finns också en motsättning. Verkligheten visar att det som finns inom räckhåll känner folk ibland sämre till än det som finns på andra sidan jordklotet.

Larsson poängterar också vikten av att bli en god iakttagare. Med större erfarenhet på ett område äger t.ex. en geolog eller en friluftsmänniska sådana kunskaper som bidrar till att han eller hon ser saker som en oerfaren människa inte ser. Det ingår i lärandet att öva upp sin iakttagelseförmåga och bli en god observatör men det är viktigt att inte bli för detaljstyrd. En risk är att något viktigt passerar förbi och att helheten går förlorad på grund av fixeringen till detaljer. Min studie tar också fasta på att humanisterna bör närma sig det naturvetenskapliga området och vice versa vilket t.ex. belyses i Schreiner et al. (2005).

I boken *Individ, skola och samhälle* ställer Dewey (2004) upp dialektiskt formulerade problem – motsatsförhållanden som barnet och läroplanen, skolan och samhället, demokrati och organisation, erfarenhet och utbildning. Han ser också utbildning som ett medel för samhällsutveckling samtidigt som han ställer stora krav på lärarens ämnesmässiga och pedagogiska kunskaper. I begreppskonstellationerna individ- omvärld, skola - samhälle ser han en dialektisk process. Det är inte bara ett stilgrepp utan en av de bärande principerna i hans filosofi. "Handling innebär gensvar". Det är bearbetning och anpassning med bl.a. *experience and reflexion*, som innebär metakognition. Han påpekar också att brist på elevernas aktiva medverkande lätt kan avtrubba intresset. Även Piaget förordade aktivitetspedagogiken som en form för lärande (Piaget, 1932/1960, 1926/1959).

Teori och praktik är enligt Dewey (2004) inte varandras motsats utan varandras förutsättning. Skolan måste föras närmare samhället vars syften den skall tjäna, vilket också är tankar som återfinns hos Ellen Key (Frängsmyr, 2004). Hon anser att skolans traditioner likriktar barnen. I stället förordar hon barnets frigörelse genom att deras förutsättningar och talanger utvecklas fritt. Ordning står mot disciplin och spontanitet mot ledning och kontroll. Det innebär en debatt som alltjämt lever i skolan, nämligen i vilken utsträckning tröghet och slentrian ska råda eller kaos och anarki. Det gäller att finna den optimala balansen mellan ytterligheterna.

Dewey förespråkar elevers delaktighet i skolarbetet. Han lyfter fram vikten av att få inblick i relationen mellan demokrati i utbildningen och skolarbetet, en s.k. medborgarkunskap. Deweys pedagogiska visioner har lämnat klara avtryck i dagens lärande. I boken *Demokrati och utbildning*, 1916, lyfter han fram frågor som berör skolan som samhällets främsta socialiseringsinstrument och skolans betydelse för utveckling av demokratin (Dewey, 1916). Dewey menar att skolans mest framträdande uppgifter är att göra individer sociala. Vi blir det genom växelverkan med andra, genom kommunikation. Det finns inte bara ett språkligt utan också ett sakligt samband mellan samhällsgemenskap och kommunikation. Han betonar också återkommande *shared experience* och *shared interests*, d.v.s. utbyte av erfarenheter och intresse, som de väsentligaste samhällsdanande faktorerna. I min studie utgör Naturskolan ett exempel på hur elevernas röster blir hörda genom det aktiva samarbetet mellan pedagogerna och det samhälle vi lever i. Det leder till kontinuerliga utställningar, tävlingar m.m. med hjälp av bild, form och design som uttrycksmedel. Dewey definierar social kompetens som förmågan att delta i ett givande och tagande av erfarenhet. Den sociala kunskapen betyder

beredskap för samhällsnytta, vilket medför en garanti för kontinuitet i samhället och socialt framåtskridande.

Deweys instrumentella pragmatism kommer från grekiskans *pragma* som betyder handling, verksamhet eller gärning. Pragmatismen kännetecknas av fokusering på en idé eller teorin praktiska konsekvenser. Tänkandet och kunskapen ses som ett verktyg för att lösa vetenskapliga och vardagliga problem. I sin filosofi inspirerades han av bland andra Huxley, James och Hegel exemplifierat i boken *How we think* (Dewey, 1997).

Dewey bröt med den traditionella dualistiska filosofin som företrätts av bland andra Descartes. Han kritiserade därför de som ansåg att kunskap innebar ett passivt beskådande av en för alltid oföränderlig värld. Driver, Asoko, Leach, Mortimer och Scott (1994) ansluter sig till Dewey och menar att varje resonemang måste kopplas till sin användbarhet och på så sätt vägleda människors handlingar. De vetenskapliga strävandena har ett mål att skapa en allmän och sammanhängande bild av världen.

The scientific commitment, therefore, is not satisfied by situationally specific models, but strives for models generality and scope.

(Driver et. al., 1994, s.8)

Verkligheten består enligt Dewey i problemsituationer och lösningar av dessa problem. För att kunna lösa problem gäller det att förstå sammanhang, begrepp och mening. Efter hand tillägnar sig barnet erfarenheter och kunskaper som kan relateras till nya (jämför bl.a. Ausubel, Bruner, Ishii, Piaget, Sjöberg och Wittgenstein). Den intellektuella utvecklingen innebär att ett nytt erfarenhetskaptal byggs upp genom att öva och kombinera direkt kännedom om begrepp med indirekt förståelse i en fortgående process.

Nyckelord från Larsson (1910) som jag tar med mig: *reflektion, iakttagelseförmåga, förförståelse* och *åskådning*. Från Dewey (1916) lägger jag vikt vid nyckelorden *delaktighet, demokrati* och *medborgarkunskap* samt *reflektion*.

4.3 Teorier om begreppsbyggnad och begreppsutveckling

För att närma sig begreppsbyggnadens komplexitet måste hänsyn tas till de förutsättningar som eleverna har och de vardagsbegrepp som elever på olika sätt tillägnat sig (Andersson, 2001). Synen på värdet av vardagsbegreppen varierar från åsikten att de är värdefulla och måste ligga till grund för de vetenskapliga begreppen, till att vardagsbegreppen är fientliga eller dåliga. Andersson anser dock att det vetenskapliga tänkandet bygger på vardagstänkandet och att de båda begreppsbyggnaderna kan ses som komplement till varandra. Vardagsbegreppen kan om de i alltför hög grad avviker från de vetenskapliga leda till kognitiva konflikter (Strömdahl, 1998). Som exempel nämns energibegrepp som *kraft, värme, energi* och *elektrisk ström* som i det vetenskapliga språkbruket syftar på mätbara egenskaper hos fenomen och fysikaliska storheter. Samma begreppsbyggnader gäller olika vardagliga miljöbegrepp som i lärandet måste förklaras och överföras till vetenskapliga begrepp. I en lärandeprocess i skolan är det viktigt att läraren fångar upp eller introducerar nya begrepp och hjälper till att klargöra skillnaderna mellan vetenskapligt språk och vardagsspråk (Leach & Scott, 2003).

Nästa steg består i att kombinera begrepp till olika meningar och förstå betydelsen därav samt kontextens betydelse (Wittgenstein, 1992). Han ger ett exempel på hur begrepp fogas in i olika hierarkier som möbleringen av ett rum. Det kan ske som en inventarielista över stolar, bord, soffor, lampor etc. men det är föga uttömmande. Mer intressant blir det om de olika begreppens d.v.s. möblernas funktion, egenskaper och placering i förhållande till varandra tydliggörs. Det är en bild som är av värde att förstå för utvecklingen av såväl naturvetenskapliga som miljövetenskapliga begrepp. Begreppen kan bestämmas till såväl hierarki som kategori. Det finns en grundläggande nivå t.ex. möbler och nästa nivå kan vara stol och den tredje nivån köksstol. Den första nivån kan omfatta många olika slags möbler, medan köksstol är ett specifikt begrepp (Strömdahl, 1998).

Ekborg (2002) utgår i avsnittet om begrepp i sin avhandling från definitionen i Nationalencyklopedin att begrepp är den innebörd vi lägger i en term i stället för den språkliga betydelsen av termen. *Energi*, *materia* och *fotosyntes* har en naturvetenskaplig innebörd. Olika begrepp har en innebörd som man är enig om inom respektive ämnesområde eller kunskapskultur (Ingelstam, 2004). Problem uppstår emellertid när samma eller närstående begrepp kommer till användning i olika discipliner t.ex. i kemi, fysik eller biologi och miljövetenskap.

4.3.1 Utveckling av begrepp

Conceptual change eller *conceptual replacement* överensstämmer med Piagets tankar om ackommodation. Enligt Strike och Posner (1985) är innebörden att den lärande ersätter gammal kunskap med ny som man finner vara bättre. Anhängare till begreppet *conceptual change* anser att man inte ska lära eleverna förenklade modeller som strider mot vetenskapliga modeller. Risker är enligt Griffith (1994) att förenklingar kan bli elevernas stabila modeller som blir svåra att förändra. Solomon (1983, 1994) är kritisk till begreppet *conceptual change*, eftersom hon inte tror att lärande innebär att man byter ut en gammal förklaringsmodell mot en ny. Vosniadou och Ioannides (1998) menar att *conceptual change* innebär att det sker en plötslig förändring i elevens utveckling av begrepp och lärande. *Conceptual change* sker genom utmaningar i undervisningen, d.v.s. *conceptual conflicts* (Ernest, 1996; Ishii, 2003). Även enligt Tytler och Peterson (2004, 2005) är det av intresse att studera plötsliga förändringar i lärandet.

I studier av bland andra Kärrqvist (1985), Taber (1998), Tytler (1998), Petri och Niedderer (1998) och Marton (1998) talar författarna om att eleverna inte byter ut eller förfinar gamla tankestrukturer. Eleverna anses använda flera olika tankemodeller parallellt när de talar om vardagliga fenomen. Det överensstämmer med Hewson (1981) och Hewson och Hewson (1984), som menar att då en elev tillägnar sig ett nytt begrepp som konkurrerar med en befintlig föreställning kan dessa begrepp förekomma sida vid sida, vilket betecknas *conceptual capture* (Helldén et al., 2005).

Helldén (2000) och Helldén och Solomon (2004) redovisar i en longitudinell studie, att många elever år efter år använder samma grundidéer för att förklara fenomen. De har kommit fram till att bredvid den kontextuella variationen finns det en personlig kontext som har betydelse för lärandet. De anser att det ger möjligheter att i undervisningen få elever att diskutera sin personliga förståelse och jämföra den med andra förklaringar. Författarna anser att lärandet

inte enbart kan beskrivas som ett deltagande i en social praktik utan att man också måste ta hänsyn till det som sker hos individen.

di Sessa (1988) förklarar att orsaken till att begreppsbildningen kan leda till fragmenterad kunskap och ge upphov till disparata svar kan vara beroende av kontexten. Det är inte möjligt att eleverna kan se samband och sammanhang förrän de fått så mycket fakta att de kan konstruera sammanhängande modeller i meningsfull kunskapsform. Författaren beskriver detta som *conceptual growth*, vilket också beaktas i föreliggande studie.

Konflikter och utmaningar som initieras av läraren utgör grunden för elevernas utveckling av begrepp, samband och sammanhang i min studie (Brooks & Brooks, 1999; Good et al., 1993).

4.3.2 Begrepp med tillämpning i naturvetenskap och miljö

Som nämnts tidigare kan det uppstå kognitiva konflikter när samma eller närbesläktade begrepp kommer att användas i olika vetenskapliga discipliner t.ex. i pedagogik och psykologi. I min studie är det tydligt att begrepp som tillhör det naturvetenskapliga området också utgör miljöbegrepp eller begrepp som är användbara för lärande i hållbar utveckling. Ett sådant exempel är vattnets kretslopp som består av delprocesserna avdunstning, kondensation, gas, moln och nederbörd enligt Andersson (Andersson et al., 1999).

Elevers begrepp om avdunstning har belysts i ett antal studier (Bar, 1989; Bar & Travis, 1991; Osborne & Cosgrove, 1983; Russell, Harlen & Watt, 1989; Stavy, 1990). Bar (1989) har i en israelisk undersökning med 5-11 åringar ställt frågor som: *Någon har spillt vatten på golvet. Efter ett tag är golvet torrt. Vad har hänt med vattnet? Vart har det tagit vägen?* Vanliga svar i 5-6 års åldern är att vattnet upphört att existera, d.v.s. försvunnit. Elever i åldern 7-8 år svarade att vattnet trängt ner genom små springor i golvet. Vattnet som sådant försvinner inte utan konserveras i tänkandet, konserveringsstänkande. I nio till tio års ålder uppgav eleverna att vattnet avdunstar till osynlig vattenånga och tar vägen till en behållare, t.ex. ett moln. Några av de äldsta eleverna säger att vattnet avdunstar till ånga, som sprids i luften. De äldre eleverna intar en konserveringsmodell d.v.s. att vattnet existerar som ämne också i form av osynlig ånga. Materiemängden bevaras inte självklart då det är vanligt att elever i åldern 12-13 år tänker sig att gas inte väger någonting. Den är enligt eleverna lättare än den mängd vätska som var den ursprungliga (Stavy, 1990).

Israeliska elever i åldern 5-14 år fick vid intervjuer frågor om varifrån moln kommer, hur de uppstår och vad de är gjorda av och hur de är byggda (Bar, 1989). Yngre elever (5-6 år) menar bl.a. att moln från början finns på en plats, t.ex. ovanför himlen. En annan idé är att moln kommer från den ånga som bildas då vatten kokar i olika kärl, eller då solen "kokar" havets vatten. Från 11 års ålder anser cirka 90 % av eleverna att moln bildas av vatten som avdunstat från olika källor eller att solen gör så att havsvatten avdunstar.

Angående hur molnen är byggda är en dominerande elevföreställning i åldern 5-7 år att moln är behållare för vatten. Denna föreställning blir mindre vanlig med tiden, men finns med ända upp till 14 års ålder. Idén att moln bara är vatten eller vattenånga blir vanlig i åldern 9 år och dominerar vid 13-14 års ålder. Enstaka elever tänker att moln är rök, ulltottar och annat. En annan föreställning är att moln är svampar som suger upp vatten (Bar, 1989). Elever kan också föreställa sig att det i moln finns olika gaser och att det kan ingå föroreningar som t.ex.

CFC och metan samt gaser från blyad bensin (Skamp et al., 2004). Johnson (1998c) kommer i en longitudinell studie av 11-14 åringar fram till att elevernas uppfattning att luft, syre och gas är synonyma begrepp. Det medför att eleverna har svårigheter med begreppsbildningen kring gaser, vilka kan bestå av olika proportioner av ämnen. Rahayu och Tytler (1999) skriver att koldioxid och syrgas förekommer i 10- 12 åringars språk. Det är emellertid omtvistat om elever i den åldern har någon verklig uppfattning om vad atomerna och molekylerna står för. Trots att det ofta nämns att det finns vatten i luften uppfattar eleverna inte dess gasegenskaper (Johnson, 1998a, 1998b; Tytler & Peterson, 2000). Äldre elever på högstadie- och gymnasienivå verkar enligt Johnson (2002) se vatten som en blandning av väte och syre framför en unik vattenmolekyl. Det är vanligt att elever kan nämna att luft består av syre. Däremot är det svårt för dem att förstå att syret i luften är reaktivt medan kvävet är inert (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1994).

Processen då regn faller tänker sig 5-6 åringar som moln som kolliderar med varandra, spricker, öppnar sig, med mera. Dessa föreställningar avtar sedan, men en mindre grupp elever har med sig dem i 13-14 års ålder. Från 11 år och uppåt dominerar tankar om att regn faller när moln blir kalla och tunga eller att regndroppar blir så tunga att de börjar falla. Idéer om moln som behållare, att det regnar då behållarna spricker och andra s.k. alternativa föreställningar har visat sig förekomma hos en mindre andel norska elever i årskurs 7 (Kirkeby Hansen, 1996). Andelen minskar betydligt efter undervisning.

Kirkeby Hansen (1996) påpekar i en undersökning med elever i årskurs 7-9 att om eleverna inte har klart för sig att det finns vattenånga i luften, så finns det heller inte förutsättningar att förstå hur det kan bildas vattendroppar på ett kallt glas, dagg i gräs och annat. I Anderssons undersökning 1998 använder elever, 15 år och 18 år, inte tillfredsställande vattencykeln som logiskt redskap för att redogöra för vattnets växelverkan med landskapet (Andersson, 2001, 2003; Andersson, et al., 1999). En möjlig förklaring kan vara att de i undervisningen mött vattencykeln som en isolerad företeelse och inte som ett system som växelverkar med mark, vegetation och samhälle. En modell med större potential har förts fram av hydrologen Malin Falkenmark. Poängen med hennes modell är att den kopplar samman människans många aktiviteter med vattnets kretslopp i naturen och lyfter fram vattnets växelverkan med landskapet (Falkenmark, 1995, 2004; Falkenmark & Lundqvist, 1997). När begrepp och samband avser mer komplicerade frågor som påverkas av människans aktiviteter kan inte begreppen längre anses som rent naturvetenskapliga. Samma begrepp som tidigare har också blivit ett miljöbegrepp och även användbara i lärandet för hållbar utveckling (Andersson, 2003).

Ett annat begreppsområde berör luften och atmosfären som är svårare utmaningar i lärandet. Frågor om ozonlagrets nedbrytning i stratosfären och bildningen av marknära ozon samt den ökade växthuseffekten är tre olika parametrar som var och en för sig beror på olika orsaker. I en norsk studie presenterar Kirkeby Hansen (2006) i en undersökning av 15 år gamla elever, genomförd vid tre olika tillfällen, att de förväxlar den ökade växthuseffekten med uttunnningen av ozonlagret. Som en följd av detta menar författaren i likhet med Boyes, Chambers och Stanistreet (1995) att undervisning om växthuseffekt bör skiljas från undervisning om ozonlagret. Andersson och Wallin (2000) har frågat svenska elever i 15- till 16- årsåldern och elever i 18- till 19-årsåldern om orsakerna till den ökade växthuseffekten och bett dem förklara varför uttunnningen av ozonlagret är ett problem. Även i detta fall redovisar eleverna att de inte fullt förstår vad den ökade växthuseffekten och uttunnningen av ozonskiktet innebär eftersom det krävs en integrering av flera element för att förstå begreppssammanhangen. Å andra sidan har de kunskap om ozonlagret och vilka skador det kan ge på människan.

Lärande i mer komplicerade frågor tillhör också skolans uppgifter, men det är självklart att begrepp, samband och sammanhang utvecklas successivt. Hittills finns ett stort antal undersökningar som visar på att det uppstår sammanblandningar och missförstånd, *misconceptions*, på olika åldersnivåer (Boyes & Stannistreet, 1993). En orsak kan finnas i att elever har svårt att skilja mellan UV-strålning och värmestrålning (Andersson et al., 1999). Begreppsbyggnad och *conceptual change* får ses som en lång utveckling, som kan påvisas i longitudinella studier (Helldén & Solomon, 2004).

Ett tredje begreppsområde rör det biologiska livet d.v.s. fotosyntes, respiration, näringskedja näringspyramid, näringsväv och nedbrytning. Redan unga elever kan beskriva en näringskedja medan det blir svårare att redogöra för en näringsväv. Det ändamålsenliga eller teleologiska perspektivet kan prioriteras t.ex. att eleverna anser att bytesdjuren finns till för att mäta rovdjuren (Leach, 1995; Leach et al., 1995, 1996a, 1996b). Bland ett flertal äldre elever förs ett kausalt resonemang om ifall bytesdjuren utrotas så kan inte heller rovdjuren leva. Det är en begreppsbyggnad som tillhör det ekologiska ämnesområdet, men systemtänkandet blir än mer komplicerat när människans beslut också kommer in i bilden t.ex. beviljandet av jaktlicenser på rovdjur.

Begreppet rost som miljöbegrepp är föga eller intet undersökt trots att det länge varit uppenbart att miljö handlar om omsättningen av energi och materia i natur och samhälle (Jönsson & Wickenberg, 1991). Innebörden är att praktiskt taget all materia genomgår förändringar i relation till sin omgivning, miljö (Nationalencyklopedin, 2000/2006).

I Projekt Nordlab- se (2003a) har 65 svenska skolelever under vårterminen i årskurs 9 fått följande frågeställning: *Om en järnspik får ligga ute mycket länge kan man skrapa ett rödbrunt pulver från utsidan av spiken. Tänk dig att du har en järnspik och en hög med detta rödbruna pulver. Hur många ämnen är spiken och pulvret? Förklara!* Resultaten visar att elevernas svar faller i kategorierna ett ämne, två ämnen eller tre ämnen och övrigt. Resultatbilden visar att begreppet rost inte är klarlagt för elever som går ut grundskolan.

Som tidigare nämnts undersöker Paprotna (1998) begrepp som *sopor* och *buller* men också *miljöskydd*, *luftföroreningar* och *naturreservat*. Skamp et al. (2004) använder begrepp som *air pollution*, *urban and rural air pollution* och *acid rain*. Gemensamt för de nämnda begreppen är att de är relaterade till miljöfrågor och utgör miljöbegrepp. Det är inte möjligt att relatera begreppen till rent naturvetenskapliga kausala samband eller sammanhang. De är beroende av naturens och samhällets omsättning av energi och materia samt människans beslut.

4.4 Lek och lärande

Det är svårt att definiera begreppet lek (Johnson, Christie & Wardle, 2004; Smith, 1984). Det har emellertid gjorts flera försök att klargöra begreppet. Som exempel kan nämnas Rubin, Fein och Vandenberg (1983) och Pelligrini (1991) samt Lillemyr (1999). Lillemyr är av uppfattningen att all lek har en mening. Leken anses vara viktig och ha ett mål i sig själv för barn. Den utgör något lockande och lustbetonat, men kan vara olika beroende på var och hur den genomförs. Rubin et al. (1983) anknyter lek till Piagets stadieteori och menar att lek är beroende av barns ålder och kan växla mellan imitation och s.k. övningslekar ur vilka

symbollekar och regelstyrda lekar enligt Piaget (1972/1951) utvecklas. För Piaget består leken framförallt av assimilation, medan ackommodation sker i betydligt mindre omfattning (Knutsdotter Olofsson, 1999). Pelligrini (1991) knyter leken till lärandet och betonar bl.a. den fria leken, vilken saknar ett specifikt ämnesinnehåll, men ändå är en meningsfull och social interaktion viktig för lärandet.

Några forskare skiljer mellan *lek och lärande* (Rasmussen, 2002) medan andra sammanför *lek och lärande* (Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003). Numera finns emellertid leken med som en viktig del i Lpo 94 och fördes in 1998 i revideringen av läroplanen. I många fall är leken närvarande utan att vara synlig eftersom *lek och lärande* i skolan försiggår under etiketter som övning, dramatik, spel, aktivitet och berättande. Därmed är företeelserna mer allmängiltiga för alla stadier för barn och vuxna. Däremot är leken och lekens betydelse för lärandet föga utforskad för skolbarn i åldern 8 till 12 år (Welén, 2003).

Leken har i vår datainspirerade tid knappast någon begränsning sett till individers ålder (Johnson et al., 2004; Persson, 2006a, 2006c). Den fria leken har möjliggjorts i skolan, men har ofta hänvisats till raster eller till lekar som initierats och letts av en vuxen, t.ex. tävlingslekar eller lekar som direkt anknyter till ett speciellt innehåll (Doverborg, Pramling & Qvarsell, 1996). Mårtenssons (2004) studie om utomhuslek på förskolegården tar upp lekens utformning och utveckling avhängigt av utomhusmiljöns karaktär. Den fria leken är långt ifrån alltid fri och spontan (Tullgren, 2003).

Enligt Ødegaard (2003) är *Science and Drama* ringa utforskat och lärarens roll i leken varierar, från instruktör till medverkande i leken. I föreliggande avhandling belyses lekar med olika lek- och lärandeperspektiv, inspirerat av t.ex. Pramling Samuelsson och Johansson (2006), som explorativt drama, den berättande, narrativa leken och även lekar med regelstyrda inslag.

Depending on which scientific issue is in focus, the teacher decides what the nature of the drama should be. In each case, however, the ideal is to optimise the students' degree of spontaneity and creativity, in order to encourage them to think critically and vividly about the issues in focus, and thus offer possibilities for materializing their understanding.

(Ødegaard, 2003, s.79)

4.4.1 Lek och lärande i läroplaner

Pramling Samuelsson och Asplund Carlsson (2003) jämför olika pedagogiska riktningar som präglat svensk förskola under årens lopp och kan konstatera att lärandets objekt, det vill säga lärandets innehåll, mindre framgångsrikt har betonats i förskolans verksamhet. Genom förskolans historia har däremot lärandets akt stått i fokus för verksamheten. Metoder och förhållningssätt har framförallt diskuterats. Hur barn går till väga för att lära sig har alltså varit starkt utprövat genom historien. Det arbetssätt som praktiserats har präglats av det konkreta. Det har gällt att fånga barns intresse och att engagera dem i ett "här och nu" perspektiv. I och med *Läroplan för förskolans* införande har lärandets objekt fått en mer framskjutet roll i förskolans verksamhet (Marton, 2004; Utbildningsdepartementet, 1998a). Olika innehållsaspekter och förmågor som barn bör utveckla har skrivits fram i måldokumentet. Läroplanen anslår en kunskapssyn med fokus på en förändring av barns

kunnande och skapande av mening (Pramling Samuelsson, 1999; Sheridan, 2001). Ett exempel på en innehållsaspekt som framhålls i måldokumentet gäller natur och miljö.

Förskolans uppdrag enligt Lpfö 98, Utbildningsdepartementet (1998a) lyder:

Kunskap kommer till uttryck i olika former - såsom fakta, förståelse, färdighet och förtrogenhet – som förutsätter och samspelar med varandra. Verksamheten skall utgå från barnens erfarenhetsvärld, intressen, lek, socialt samspel, utforskande och skapande, men också genom att iakttä, samtala och reflektera. Med ett tematiskt arbetssätt kan barnens lärande bli mångsidigt och sammanhängande.

(Utbildningsdepartementet, 1998a, s.10)

Jämför man med grundskolans reviderade läroplan (Utbildningsdepartementet, 1998b) finns inte leken med när lärandet beskrivs.

Skolans uppdrag

Kunskap kommer till uttryck i olika former - så som fakta, förståelse, färdighet och förtrogenhet – som förutsätter och samspelar med varandra. Skolans arbete måste inriktas på att ge utrymme för olika kunskapsformer och att skapa ett lärande där dessa former balanseras och blir till en helhet. Skolan skall stimulera varje elev att bilda sig och växa med sina uppgifter. I skolarbetet skall de intellektuella såväl som de praktiska, sinnliga och estetiska aspekterna uppmärksammas.

(Utbildningsdepartementet, 1998b, s.8)

När leken beskrivs i förskolans och grundskolans läroplan görs det med hjälp av ord som utveckling och lärande.

Förskolans uppdrag

Leken är viktig för barns utveckling och lärande. Ett medvetet bruk av leken för att främja varje barns utveckling och lärande skall prägla verksamheten i förskolan. I leken och det lustfyllda lärandets olika former stimuleras fantasi, inlevelse, kommunikation och förmåga till symboliskt tänkande samt förmåga att samarbeta och lösa problem. Barnet kan i den skapande och gestaltande leken få möjligheter att uttrycka och bearbeta upplevelser, känslor och erfarenheter.

(Utbildningsdepartementet, 1998a, s. 9)

Skolans uppdrag

Skapande arbete och lek är väsentliga delar i det aktiva lärandet.

(Utbildningsdepartementet, 1998b, s. 7)

Forskare har under 1900-talet inspirerats av Vygotskys syn på lekens centrala betydelse för barnens lärande. Undervisning och lärande innebär från ett sociokulturellt perspektiv att lärande ses som något som sker genom deltagande i ett socialt samspel (Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003). Lärandet sker genom interaktion med läraren, barn och andra vuxna. Elever lär både genom aktivt och passivt deltagande i leken. Elever deltar oftast först som observatörer i leken för att sedan delta aktivt. Eleven visar sin fantasi i praktiken och tolkar den värld den uppfattar och ser (Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003). Elever reflekterar och försöker förstå världen. De använder sig av de vuxnas roller i fiktiva situationer som barnen skapar i leken (Corsaro, 2000). Genom leken kan elevernas

ansvarstagande, aktivitet och deltagande i arbetet möjliggöras. Lärandet ska kännas meningsfullt och vara kopplat till barnens erfarenheter. Leken kan ge både barnen och vuxna möjligheter till samarbete.

Lindqvist (1996) anser att undervisning och lärande bör vara en grund för barnets egen utveckling. Leken öppnar för barnets fiktiva situationer. Det ger möjlighet till att utveckla ett abstrakt tänkande. Den närmaste utvecklingszonen innebär att utgångspunkten är elevernas starka sidor. Vygotsky (1976) menar att man bör fokusera på vad som står på tur för eleverna att lära sig härnäst. Sammanhangets och kontextens betydelse för lärandet är även här viktigt. Genom leken kan eleven skapa nya betydelser och innehåll hos olika fenomen och processer.

4.4.1.1 Ett utvecklingspsykologiskt perspektiv

Romantiken utgjorde en reaktion på industrialismen och urbaniseringen. Under tvåtusen år hade konst och lek en sekundär roll som källor till kunskap. Genom att göra leken nödvändig och livsviktig för estetiken och genom att förse estetiken med en moralisk kraft förändrades förhållandena. Leken blev värdig i den västerländska civilisationen. De nya strömningarna och attityderna genomsyrade hela samhällslivet och kulturen. Föreställningsförmågan kom att bli en möjlighet att fånga sanningen och att frigöra människan från en egocentrerad värld. Sutton-Smith (1997) skriver att begreppet föreställningsförmåga kom att ersätta begreppet själ.

I Engell (1981) menar Kant att det var föreställningsförmågan som medlade mellan empirisk och teoretisk kunskap. Föreställningsförmågan gjorde hypotesprövning möjlig, vilket var nödvändigt för den vetenskapliga världen. Schiller i Engell (1981) söker för sin del efter en process som kunde förena mänskliga känslor, perceptioner och passioner till en helhetssyn. Han såg föreställningsförmågan som något som var sammansatt av såväl det objektiva som det subjektiva livet. En retorisk chock uppstod när man sa att leken, inte förnuftet, plikten eller religionen, var den högsta formen av mänskligt förverkligande. Tankarna ligger till grund för det utvecklingspsykologiska perspektivet som länge har satt starka avtryck i den svenska förskole- och skoltraditionen.

Fröbel (1887) utvecklade synen på lek som den högsta fasen i ett barns utveckling, genom att beskriva föreställningsförmågan som kulmen på barnets självaktiva inre representation. Hans idealisering av leken är den syn på lek som varat längst i vårt västerländska samhälle, framförallt genom sitt inflytande över förskoleverksamheten. Fröbel upphöjde all slags lek, även lek med leksaker, vilken han gav en andlig betydelse. Fröbel menade att det var möjligt att utveckla moral och förståelse genom leken.

Den syn på lek som odlades delade upp leken i högre sorters lek så som föreställningsförmåga och lägre sorters lek med mer nonsenskaraktär. Föreställningsförmågan knöts till mer rationella funktioner så som problemlösning. Frøbels tankar om den fria leken kom att gälla endast för barn, förutsatt att de fick tillfälle till lek i stället för arbete. Den traditionella synen på lek har varit, sedan Frøbels tid, att se den som ett naturligt fenomen hos barn och som något som får ”stödjas men inte störas” (Fröbel, 1887; Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003). Det är ett utvecklingspsykologiskt perspektiv som gjort att *lek* och *lärande* hållits åtskilda.

4.4.1.2 Lek och lärande i grundskolan

Rasmussen (2002) skriver i sin artikel *Legens poetik – dannelse og erfaring i børns leg*, om hur leken beskrivs av Platon och Aristoteles. En hantverkare var i antikens Grekland en poet i betydelsen, den som frambringar något, den som sätter något i verket. Platon och Aristoteles är de första i den västerländska idéhistorien som befattar sig med lek som ett bildningsfenomen. Båda menar att lekens verkliga väsen kommer av samspelet mellan två grundläggande storheter – *mimesis* och *mythos*. *Mimesis* står för kroppslig, dramatisk framställning av något, t.ex. efterlikning och imitation. *Mimesis* kan jämföras med *enactment* och *performance*. Estetiska uttrycksformer så som dans, musik, skådespel, berättande och recitation är exempel på *mimesis*. *Mythos* däremot står för berättande, som oftast sker på ett kroppsligt demonstrativt sätt. I leken vävs *mimesis* d.v.s. direkt tal och *mythos*, indirekt tal, samman. I leken pendlar barnen mellan att gå ut och in i lekramen genom indirekt tal och direkt tal. Barnen berättar om det som utspelar sig för att sedan gestalta detta genom att pröva att vara någon annan. Det är sagan själv, som gör en erfaren. Lek är enligt Rasmussen (2002) en form av erfarenhet varigenom den som leker bildas.

Mimesis och *mythos* kompletterar varandra och är ett uttryck för lärande och bildning. De är på en och samma gång en införlivning av världen och en dramatisk framställning av den. *Mimesis* och *mythos* är enligt Rasmussen (2002) tätt sammanflätade med muntliga kulturer, där kroppsligt framträdande spelar en framträdande roll. När dessa två möts och växlar mellan varandra i lekens form, det vi kallar rollek, fantasilek eller låtsaslek är det enligt honom inte tillräckligt att beskriva denna handling eller verksamhet med hjälp av *lek och lärande*.

Under leg bliver barnet dannet af noget, der er større end det selv.

(Rasmussen, 2002, s. 9)

Barnet skapar mening och sammanhang i sitt liv. Här ställs existentiella frågor som: *Vem är jag? Vart är jag på väg? Hur är det att vara en annan än jag själv? Hur tar denna främmande värld sig uttryck i mina ögon?* (Rasmussen, 2002).

Leg er for born noget, de selv sætter i værk, eller en hændelse som kommer over dem.

(Rasmussen, i Pramling Samulesson, 2002, s. 15)

Rasmussen (2002) skiljer mellan *lek* och *lärande*. Han har tagit stort intryck av Platon och Aristoteles. Lek är enligt Rasmussen möjligheternas hantverk. Att befinna sig på en resa i livet med sig själv, med andra, med något oförutsett. Lekfullt lärande samt lärande lek är aktiviteter som befinner sig i spänningsfältet mellan förskolans pedagogik och skolans undervisning.

4.4.1.3 *Lek och lärande* i ett sammansatt perspektiv

Forskning som tar sin utgångspunkt i utvecklingspedagogiken har under de senaste femton åren alltmer kommit att påverka det pedagogiska arbetet i svensk förskola och skola. Inom utvecklingspedagogiken krävs ett visst förhållningssätt där innehållet i lärandet utgör en oskiljbar del av lärandesituationen. Huvudfrågan som drivit utvecklingspedagogisk forskning genom åren är att söka svar på hur förskolan och skolan kan få en praktik som ger barn bättre möjligheter att utveckla och förstå olika aspekter av sin omvärld.

Utvecklingspedagogikens grund ligger i fenomenografin. Den fenomenografiska forskningsansatsen tar sin utgångspunkt i synliggörandet av individers uppfattningar och relationer mellan individers erfarenande och det som ska läras. Under senare år har fenomenografin kommit att utvecklas mot en teori om medvetande (Marton & Booth, 2000). Enligt Pramling Samuelsson och Mårdsjö (1994) har denna medvetandeteori för de yngre åldrarna kommit att benämnas utvecklingspedagogik. De lyfter fram tre betydelsebärande principer för utvecklingspedagogiken vilka samtliga kan sägas utgå från fenomenografin och variationsteorin (Marton, 2004).

- Att skapa och fånga situationer omkring vilka barn kan tänka och tala.
- Att få barn att tänka, reflektera och uttrycka sig, verbalt och på andra sätt.
- Att ta tillvara mångfalden av barns idéer.

Barnet är själv med och lämnar sitt bidrag d.v.s. barnet ges möjlighet att uttrycka sig och göra sin röst hörd. Barnet formulerar själv sin mening om lärandets innehåll och fokus. Det ger möjligheter till samtal i form av metakognitiva dialoger i lärandet. I lärandeprocessen ses egna erfarenheter som en förutsättning och tillgång. Vi människor möter världen med olika erfarenheter som också ligger till grund för hur vi tar oss an och upplever olika företeelser i omvärlden. Variation av sätt att förstå ses som en tillgång inom utvecklingspedagogiken och används som innehåll i verksamheten (Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003). Det är i brytningen mellan uppfattningar som utveckling kan ske.

Lek och lärande har en given plats i skolans uppdrag enligt läroplanen. Som tidigare nämnts ska kunskap komma till uttryck i olika former, såsom fakta, förståelse, färdighet och förtrogenhet i samspel med varandra. Utrymme måste ges för olika kunskapsformer för att skapa ett lärande där olika former utgör en helhet. Intellectuella, praktiska, sinnliga såväl som estetiska aspekter ska stimulera eleven och ge den möjligheter att växa med sina uppgifter.

4.5 *Lek och lärande* i min studie

Det är upp till varje forskare att själv operationalisera, d.v.s. tala om vad som avses. I föreliggande studie ser jag leken som helheten av ett antal moment (Persson, 2006a). Den medger såväl en sociokulturell som en teknisk och en naturvetenskaplig utgångspunkt. Leken utspelar sig i ett antal olika miljöer. Jag avgränsar därför min framställning genom att se på praktiken *lek och lärande*. Lärandet har ett klart syfte och en förförståelse av ett eller flera begrepp följda av en instruktion till en aktivitet. I anslutning till denna och vid ett antal tillfällen efteråt sker metakognitiv reflektion av leken med den sokratiska dialogen som

metod. Det är frågan om en anpassad mimikryaktivitet, d.v.s. när eleverna föreställer andra än sig själva, t.ex. olika organismer. Det som äger rum i den metakognitiva fasen kan benämnas *debriefing*. NO-läraren ställer frågor om innehållet i leken och de gestaltningar som ägt rum. Eleverna har tilldelats roller och satt sig in i t.ex. andra organismers liv. Lärandet äger rum under själva aktiviteten men också efter det att den ägt rum. Metakognition sker genom bearbetning av leken och de ord, uttryck och spel som illustrerar kausala samband men också sammanhang skapade av antropogen verksamhet. De tillämpade exemplen illustrerar ett varierat sätt att skapa nya lärandesituationer för lärandet i miljö. Målet enligt gällande läroplan är ju också att skapa ett förhållningssätt till miljön och naturen och i förlängningen ökad handlingsberedskap och handlingskraft för hållbar utveckling.

4.6 Sammanfattning och avhandlingens positionering

För att göra det lättare att förstå inriktningen på mitt avhandlingsarbete finner jag det angeläget att sammanfatta några centrala positioner som har betydelse för denna avhandling. Inledningsvis nämner jag Sokrates och den berömda sokratiske dialogen inom den klassiska filosofin med naturliga anknytningar till Wittgensteins språk och språkspel. Här avser jag att eleverna möter och använder begrepp och samband i praktikerna. Som redovisats tidigare består den sokratiske dialogen i att utveckla logiska resonemang utan att den som leder dialogen ger svaren, vilket bör vara lämpligt för lärande i miljö och hållbar utveckling (Molander, 1996; Persson, 2006a, 2006b, 2006c; Persson & Musidlowska-Persson, 2007).

För Vygotsky spelade också språket, interaktionen och leken en central roll. Såväl Vygotsky som Piaget såg nödvändigheten av samspelet mellan det individuella och det sociala. Värdet av kognitiva konflikter tar jag fasta på i studien när det gäller att undersöka elevernas begreppsutveckling. Det sociala ursprunget får ett särskilt värde i Vygotskys teorier genom att centralt placera det kulturellt medierande liksom den kognitiva utvecklingen. Det blir också mindre symboliskt och abstrakt än vad fallet är med Piagets begrepp om jämvikt. Piaget beskriver lärandet som en individuell aktivitet och betonar lärandet som en aktiv process. Det medför att jämvikten och stabiliteten i det kognitiva systemet är viktigt. Hos Vygotsky är samhället bärare av det kulturella arvet utan vilket tanken, intellektet, inte skulle kunna utvecklas.

Vidare är studien positionerad utifrån Deweys syn på lärande i samverkan och betydelsen av att anknyta skolans lärande till vardagslivet och ett demokratiskt samhälle. Det är en positionering som också anknyter till Wittgensteins syn på nytta och handling. Samtidigt spelar Bruner en central roll i mitt avhandlingsarbete med den så kallade spiralprincipen, där eleverna i ett tidigt stadium kommer i kontakt med mer och mer abstrakta begrepp och samband. Hans senare forskning avser kognitiv utveckling, särskilt det sociala samspelets roll, t.ex. *scaffolding*, för utvecklingen av språkliga och kommunikativa färdigheter (Bliss, 1996). Han betonar barnets egen aktivitet och betydelsen av att man tar hänsyn till barnets sätt att uppleva världen. För Bruner är strukturen och relationerna mellan helheten och delarna centrala, men också nyttan av lärandet. För argumentation och ökad handlingsberedskap är det sistnämnda av stor vikt för studien liksom de metakognitiva och sokratiske dialogerna.

Ausubel delade Piagets uppfattning att elevens utgångsläge är viktigt för lärandet. Centralt var också att läraren reflekterar över vilken betydelse elevens förkunskaper har. Förutsättningar för lärande består i att det som ska läras känns meningsfullt. Vidare förutsätts en förståelse av

begrepp som kan anknytas till det nya. Dessutom krävs enligt Ausubel att eleven känner motivation att lära. Ausubel lägger sålunda stor vikt vid speciella begrepp medan Piaget fokuserar på logiska strukturer som inte nödvändigtvis är beroende av innehållet.

En didaktisk formel för *lek och lärande* utgör övning och aktivitet. Därmed menar jag i likhet med Pramling Samuelsson et al. (2003) att det finns förutsättningar att i förskolan och skolan smälta samman lek och lärande. Frukterna av Frøbels synsätt att leken ska stödjas men inte störas är enligt mitt synsätt av stort värde även för praktiken *lek och lärande*. Fantasi och föreställningsförmåga bidrar också till ett lärande som förenar det objektiva och subjektiva livet (Alerby, 1998). Det är tankar som delas av Ellen Key såväl som Schiller (Pramling Samuelsson & Asplund Carlsson, 2003).

Av ovanstående framgår att studien är konstruktivistiskt positionerad avseende lärande med sociokulturella drag, vilket kan vara förenligt (Anderson, Reder & Simon, 2000; Ishii, 2003; Vosniadou et al., 2005). Vidare sker lärandet samlat i de olika praktikerna (Carlgren, 1999; Halldén, 2002; Marton, 2000). Det handlar om de ord, uttryck och spel som eleverna använder i NO-lärandet och som kan relateras till miljö och hållbar utveckling. Elevernas begreppsutveckling gestaltas i *conceptual change* och *conceptual growth*, d.v.s. att plötsliga förändringar genom större och mindre utmaningar kan äga rum i elevens utveckling av begrepp och sätta samman dessa i ett större sammanhang till en helhet (Agelidou et al., 2000; di Sessa, 1988). Även i likhet med Hewson och Hewson (1984) och Ausubel (1968) anammas i denna studie elevernas sätt att utveckla begrepp, samband och sammanhang genom att vidareutveckla tidigare föreställningar och kunskaper. I sådana skeden kan begrepp och utsagor förekomma parallellt, sida vid sida, d.v.s. *conceptual capture* (Helldén et al., 2005).

För lärande i miljö och hållbar utveckling är det viktigt vara en god iakttagare, men ändå inte bli alltför detaljstyrd så att helheter tappas bort (Larsson, 1910; Strömdahl, 1998; Wittgenstein, 1992; von Wright, 2000). Wittgenstein betonar språket som begreppsbyggare samtidigt som Vygotsky likställer att lära sig ett nytt ämnesinnehåll med ett nytt sätt att tänka (Wittgenstein, 1992; Vygotsky, 2001).

Min studie tar fasta på att det finns en diversitet inom konstruktivismen (Ishii, 2003). För elevernas lärande är det viktigt att använda av dem tidigare förvärvad kunskap. Det är också viktigt att använda ett varierande arbetssätt för att stimulera elevernas tidigare erfarenheter och utmana dem, liksom att det är centralt att använda metakognitiva dialoger som redskap i deras lärande. Både Vygotsky och Piaget uppmärksammar värdet av konflikter och utmaningar i lärandet.

5 Val av analysinstrument

Att använda sig av och tänka i modeller i undervisningen är välkänt särskilt inom naturvetenskaperna, men också i ekonomi, teknik och samhällsvetenskap. Det gäller allt ifrån användningen av fysikaliska försöksanordningar och molekylmodeller till matematiska formler (Grosslight et al., 1991) och datorprogram inom t.ex. matematik och ekonomi (Sheehy et al., 2000). Det är oftast mycket konkreta modeller som visar kausala samband som skall ge prognoser i tid och rum, men det är också konceptuella modeller ritade på papper för att mer i abstrakt form illustrera sambanden. Inom didaktiken är det intressant att utforska hur elever förstår mer komplicerade och vanligen abstrakta modeller av naturen. Gilbert och Boulter (1998) menar att det är först när barn uttrycker sig i tal, skisser och gester som vi kan analysera hur barnen tänker angående begrepp och samband. Grosslight et al. (1991) använde sig av kliniska intervjuer för att utforska hur elever med olika intellektuella förutsättningar tolkar naturen med utgångspunkt från olika modeller. Författarnas slutsatser är att det måste ställas krav på modeller för att de ska fungera och förstärka lärandet i stället för att förvirra och till och med leda eleverna i fel riktning (Grosslight et al., 1999). Det är frågor som blir allt viktigare när fler och fler ämnen använder sig av datorprogram för simulering och modellering av komplexa system (Sheehy et al., 2000). Lärares kunskaper om modeller och modellering i naturvetenskap beskrivs i en artikel av Justi och van Driel (2005). Det visade sig att lärare i undersökningen inte var väl bevandrade i att använda modeller som visar vägen till ett kunskapsmål. Mer komplicerade modeller och system behöver naturligtvis också oftast utvecklas på olika sätt för att kunna användas. Kali, Orion och Eylon (2003) betraktar bergarters och mineralers omvandling i litosfären som ett kretslopp. Systemet underlättar enligt författarna förståelsen av samband och sammanhang i jordskorpan.

Söderqvist, Hammer och Gren (2004) hävdar att det åtminstone måste ställas tre krav på en modell. Dels måste den efterlikna verkligheten och dels ha precision att mäta de data som den ska illustrera samt vara överförbar, d.v.s. kunna representera ett brett spektrum av system.

Den modell och det system som jag valt att använda som analysinstrument för att kunna möjliggöra en undersökning över hur elevernas syn på världen utvecklas är knuten till studiens forskningsfråga, d.v.s. hur elever i de tidigare årskurserna utvecklar begrepp för att se samband och sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären (Persson, 2004, 2005a, 2006a, 2006b, 2006c). Sedan slutet av 1980-talet pågår en serie vetenskapliga projekt med global täckning som använder sig av *System Jorden* som är knutet till och som har många gemensamma drag med *Earth System Science* (ESS) och *International Geosphere-Biosphere Programme – A Study of Global Change* (IGBP). Med en sådan modell till hjälp kan vi utläsa relationen mellan människa, teknik och natur (Johnson et al., 2000; Young et al., 2006). Det är en modell som ger möjligheter att se världen i ett mikroperspektiv samtidigt som den ger ett holistiskt perspektiv med omsättningen av energi och materia över tid (Kremer, Le Tissier, Burbridge, Talaue-McManus, Rabalais, Parslow, Crossland & Young, 2005; Skinner & Porter, 1999). Andersson et al. (1999) och Andersson (2001) bekräftar det nyvaknade intresset för forskning om *System Jorden* hänförligt till de senaste tjugo åren särskilt inom miljöområdet (se kapitel 2.3). Det har också visat sig i internationella tidskrifter (Gille, 2006; NASA, 2006).

Bakgrunden till detta är att *Earth System Science*, ESS, och lärande med denna utgångspunkt bl.a. ger möjlighet att i det globaliserade samhället överblicka miljöfrågorna i sin helhet

samtidigt som detaljanalyser och växelverkan kan sättas in i ett sammanhang och med beaktande av vad som händer i ett längre tidsperspektiv. I USA ligger stora delar av denna forskning inom NASA och beträffande *Earth System Science Education, ESSE*, d.v.s. lärandet om jordens system, finns det i USA ett tjugotal universitetsinstitutioner, men lärandet omfattar alla nivåer (Johnson et al., 2000). I Sverige är *Kungliga Vetenskapsakademien, KVA*, representerad inom det internationella geo-biosfär programmet (IGBP). Mot denna bakgrund omfattar detta kapitel en överblick av olika modeller i undervisning och lärande med avsikt att belysa det analysinstrument som jag valt att använda i denna studie.

5.1 En miljödidaktisk modell för lärande i miljö

Det är i flera naturvetenskapliga ämnen vanligt att använda ett historiskt perspektiv förutsatt att det är möjligt att knyta an äldre teorier och synsätt till nutid och framtid på ett naturligt sätt (Abd-El-Khalik & Lederman, 2000; Helldén et al., 2005).

Lärandet inom nya ämnesområden, framför allt de tvärvetenskapliga, ökar kraven på att försöka redogöra för ämnesområdenas idéhistoria och skapa förståeliga modeller. Miljövetenskap är ett tvärvetenskapligt ämnesområde med ett innehåll som dessutom kan kräva nya modeller beroende på att det kan betraktas från vitt skilda utgångspunkter (Johnson et al., 2000). I min forskning är utgångspunkten naturvetenskaplig varför jag väljer en modell med naturvetenskaplig förankring. Den vetenskapliga grunden i *ESS* ligger inom ämnena kemi, fysik, matematik, biologi, ekologi, oceanografi och meteorologi (Johnson et al., 1996). I utvecklingen av *ESS* och *IGBP* har forskning om hur människans tekniska landvinningar påverkar de naturliga sfärerna utvecklats.

Teknosfären är alla av människan tillverkade objekt och system, alltifrån knappålar till Internet. Ett viktigt begrepp för att beskriva teknosfären är 'infrastruktur', som har stor inverkan på hur samhället utvecklas.

(Andersson et al., 1999, s. 63)

Forskningen inom *ESS* och *IGBP* omfattar också människans sociala och ekonomiska villkor över tid (Young et al., 2006) Analysinstrumentet är en modell som medger ett holistiskt synsätt samtidigt som detaljerna d.v.s. atomerna, molekylerna och partikelfysikens minsta beståndsdelar kan beaktas och utgöra utgångspunkt, t.ex. den joniserande strålning som påverkar ozonskiktet.

Eftersom varken miljö eller hållbar utveckling utgör egna skolämnen i Sverige har lärandet knutits till olika ämnesövergripande perspektiv (Utbildningsdepartementet, 1994). Det finns därför i litteraturen många modeller som kan användas för att lära om miljö genom exempelvis samverkan i olika projekt kring ett miljötema vilket exemplifieras i bland andra Axelsson och Herrmann (Axelsson, 1997; Herrmann, 1996).

Det innebär enligt Gough, A. (2002) en risk för marginalisering av miljöämnet och att modeller som tar fasta på lärande i miljö, som ett vetenskapsområde, är nödvändiga för att förstå världen och omgivningen och utveckla tankar om det hållbara samhället.

Instead of a separate subject, opponents have argued that the environment should be included in other subject areas.

(Gough, A., 2002 s. 1210)

Jorden som vetenskapsområde är förankrat i idéhistorien. Det ger möjlighet att utgå från de grekiska naturfilosofernas elementlära som är omkring 2 500 år gammal för att ge perspektiv på dagens lärande i miljö för hållbar utveckling i framtiden (Höjer, 2005). Enligt grekernas världsbild bestod jorden av ett antal element nämligen jord, vatten, luft, eld och eter där de levde och funderade över hur allting hängde ihop. För att i dag förstå vad som händer i vår omgivning och världen är det lämpligt att använda sfärerna som delsystem av planeten. De frågor som ställdes för så länge sedan kvarstår fortfarande att bearbeta i dagens och framtidens perspektiv.

En modell som samtidigt söker efter helheter och delar används också av idéhistoriker och filosofer som t.ex. McNeill (2003), von Wright (2000) och Worster (1996). Det är tre författare som ur filosofiskt och historiskt perspektiv beskriver de miljöförändringar som påverkar och som under längre tid påverkat jorden i dess helhet. Inom den ämnesdidaktiska forskningen används också jorden som modell av bl.a. Andersson et al. (1999), Andersson (2001) och Gough, N. (2002).

The Earth's structure may be classified into four major categories: hydrosphere, lithosphere, atmosphere and biosphere. This area of study examines the processes occurring within the spheres of the Earth and the interactions that occur in and between the ecological components of each major category.

(Gough, N., 2002, s.1222)

Jorden som system med en naturvetenskaplig utgångspunkt är en modell som enligt Johnson et al. (1996, 2000) medger ett socialt och ekonomiskt perspektiv. Människans utveckling av teknik och samhälle utgör avgörande faktorer, som påverkar naturens sfärer, vår livsmiljö och sociala förhållanden i ett ömsesidigt samspel. Falkenmark (1989, 1995) har behandlat vattnets kretslopp som både biosfärens och teknosfärens blodomlopp och den intima kontakten mellan vatten och samtliga sfärer.

Utgångspunkten i min forskning är därför lärandet om vad som händer i litosfären och dess översta skikt, pedosfären, i hydrosfären, i atmosfären och i biosfären. Vidare behandlas hur de naturliga sfärerna påverkas av den teknosfär eller antroposfär, som människan utvecklats och utvecklar med användning av solenergi och andra energikällor (Bergsten 1984; Board of Studies, 2000; Persson, 2005b; Tiwari, 2003).

5.1.1 Antikens naturfilosofi och miljöfrågorna

Det kan ifrågasättas hur antikens filosofi kan spela roll för lärandet i miljö (Uddenberg, 2005). I själva verket pågick under deras tid en fortskridande miljöförstöring i de delar av världen, som ingen fäste något avseende vid (Sörlin & Öckerman, 2002). Däremot lades under antiken grunden till en helhetssyn på jorden som system som sedan utvecklats under århundraden. Det gäller i synnerhet kunskapen om materia, kemiska reaktioner, energi och vår ställning i kosmos. De existentiella frågorna kvarstår antingen det handlar om elementen eller det hållbara samhällets utveckling.

Grekerna visste att vissa ämnen förändrades genom yttre påverkan, t.ex. upphettning och förbränning, medan andra ämnen förändrades spontant. Till exempel kände de till att järn rostade om det fick ligga oskyddat. De visste också att vatten avdunstade om det fick stå i en öppen skål. Grekerna hade naturligtvis också observerat att vissa ämnen var brännbara, medan andra inte var det samt att vissa fasta ämnen smälter vid måttlig upphettning medan andra inte gör det.

Naturfilosoferna spekulerade om orsaken till olika kemiska reaktioner (Frängsmyr, 2004). Redan på deras tid kände man till många kemiska omvandlingar. Till exempel funderande man över varför olivolja är brännbart men inte vatten eller varför järn rostar. Grekernas omfattande mytologiska frågeställningar i övrigt lämnas utanför denna diskussion, liksom det samhälle som existerade på den tiden.

En tidig grundtanke i grekernas kemi enligt Thomas (1993) var att all materia skulle vara uppbyggd av ett litet antal enkla grundelement med unika egenskaper. All jordisk materia skulle alltså bestå av olika proportioner av dessa grundämnen. Hur många grundelement som fanns och vilka dessa var rådde det emellertid länge delade meningar om. Thales och Anaximenes ansåg att det enbart fanns ett urämne. Detta urämne identifierades ibland som luft, ibland som eld eller vatten.

Omkring 450 f.Kr. framställdes den teori som fick flest anhängare och som skulle komma att påverka vetenskapen långt in i modern tid. Det var teorin om de fyra elementen. Ibland tillades också ett femte, etern. Teorin byggde på att all jordisk materia var uppbyggd av fyra grundelement med unika egenskaper; jord, eld, luft och vatten. Upphovsmannen till denna idé anses ha varit Empedokles från Akragas på Sicilien. Han levde på 400 f.Kr. och var en av Pythagoras lärjungar. Den som bidrog mest till spridningen av teorierna var dock den store vetenskapsmannen och filosofen Aristoteles (Frängsmyr, 2004). Teorin hade en del märkliga konsekvenser. Eftersom all materia var uppbyggd av endast fyra grundelement och dessa dessutom var allmänt förekommande skulle det vara fullt möjligt att framställa vilket jordiskt ämne som helst. Problemet var bara att komma på hur det skulle gå till.

Teorin om de fyra elementen blev aldrig empiriskt verifierad. Det var i huvudsak filosofiska tankar utgående från vardagskunskaper om kemiska processer. Det fanns dock många observationer som togs som indikationer på teorins riktighet; bland annat trodde man att vatten omvandlades till luft vid kokning och avdunstning. Att det var skillnad mellan luft och vattenånga visste man ännu inte. Luften antogs i sin tur kunna omvandlas tillbaka till vatten genom regn. Ett trästycke kunde genom förmultning omvandlas till "jord". Att denna förmultning var resultatet av mikroorganismernas arbete kände man inte till. Vidare ansågs trästycket kunna förvandlas till eld och luft genom förbränning. Rök ansågs vara en form av luft, eventuellt uppblandat med jordpartiklar.

Förutsättningarna att komma fram till en mer avancerad teori under antiken var enligt von Wright (2000) begränsad. Det skulle i modern tid visa sig att det behövdes tusentals experiment som vart och ett gav en liten pusselbit till den samlade kunskapen, innan fysiker och kemister var mogna att föreslå något bättre än grekernas teori om de fyra elementen. Naturligtvis pågår forskningen om jorden alltjämt i snabb takt exemplifierat inte minst i den forskning och utbildning som ryms inom *Earth System Science* och *Earth System Science Education*.

Under i synnerhet de senaste århundradena har den antika helhetsbilden förändrats radikalt och fyllts med vetenskapliga framsteg om detaljer från atomer och molekyler till partikelfysikens minsta beståndsdelar. Nya teorier och hypoteser har avlöst och kommer att avlösa varandra (Uddenberg, 2005). För lärandet i miljö är exempelvis såväl detaljerna som helheten viktiga i en ständig kritisk granskning.

Men sedan referensramarna har ändrats har forskarna gått vidare. Nya data har samlats in, delvis med nya metoder och utifrån nya frågeställningar. Grundidén har hela tiden varit ett ”dialogiskt” förhållande mellan teori och empiri. Felaktiga hypoteser har förkastats och nya lanserats, alltid i medvetande om att de förr eller senare kommer att gå samma öde till mötes som de gamla nämligen att utmönstras eller modifieras. Naturen blir aldrig ”slutforskad”.

(Uddenberg, 2005, s. 289)

Det är självklart att antikens bild av omvärlden rent praktiskt är helt annorlunda jämfört med dagens, även om Höjer (2005) betonar att antikens världsbild undervärderats. Samhället, tekniken och energiomsättningen kunde naturligtvis ingen förutse av samma anledning som ingen kan förutse framtidens utveckling. Grekernas sätt att se på världen är enligt von Wright (2000) inkommensurabla d.v.s. inte jämförbara. Vi kan aldrig riktigt förstå hur de tänkte eller gjorde. De uppfattade naturen som ett ideal eller norm för individen och samhällets institutioner. Det fanns sålunda ingen medveten uppfattning om den redan då pågående miljöförstörelsen eftersom den inte hotade antikens livsform. Hur det kan bli i en framtid beror på vetande och kunnande i förening och i synnerhet hur den sfär som människan styr över, teknosfären, kan anpassas till de naturliga sfärerna (Falkenmark, 1995). von Wright (2000) drar också andra slutsatser bl.a. att helheten är större än delarna. Vet vi vilket ändamål helheten tjänar förstår vi varför delarna fungerar som de gör. Naturvetenskapernas förklarande modeller måste emellertid samverka med humanvetenskapernas förstående, såsom etik och människans ansvar (Svennbeck, 2004).

5.2 System Jordens grundelement

Definitionen av *System Jorden* är de naturliga sfärerna till vilka teknosfären adderats. Sedan industrialismens genombrott intar teknosfären eller antroposfären en dominerande roll (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999; Gille, 2004; Skinner & Porter, 1999). Begreppet sfär används i detta sammanhang i överförd bemärkelse och motsvarar inte den matematiska definitionen.

Nedan följer en kort beskrivning av de olika sfärerna i form av öppna system som i praktiken är helt invävd i varandra. Energiflöden och materiens kretslopp integreras ständigt och utgör summan av kemiska omvandlingar och förändringar av fysikaliska tillstånd.

Litosfären är jordens yttre del, omfattande skorpan och övre manteln ner till ca 100 km djup, där bergarter och fossila energislag finns lagrade. I djupare lager äger också radioaktiva energiomvandlingar rum.

Pedosfären är det yttersta lagret av jordskorpan i vilket jordmånsprocesserna är verksamma. Det är den del av geobiosfären, där de biogeokemiska kretsloppen äger rum, d.v.s. de komplicerade nätverk av energi- och materialflöden som äger rum mellan atmosfär, hydrosfär,

litosfär och biosfär. Som exempel kan nämnas att under en yta som motsvarar en skosula ryms 120 000 småkryp förutom miljoner mikroorganismer som där omsätter energi, vatten och näring.

Tillsammans bildar dessa båda sfärer det som vi också kallar geosfären.

Biosfären kan definieras som de delar av jorden där liv förekommer, innefattande den totala massan av de levande organismerna inom litosfären, hydrosfären och atmosfären.

Hydrosfären är ett samlat namn på vattnet i hav, sjöar, floder, mark, is och glaciärer samt vattnet i atmosfären. Det finns också vatten bundet i mineral i litosfären, som inte räknas till hydrosfären. Det frusna vattnet i hydrosfären går ibland under beteckningen kryosfären och utgör 87 procent av allt sötvatten på jorden. Större delen av jordens grundvatten är beläget i litosfärens sprickor och porösa berglager.

Atmosfären är det luftrum av olika gaser som omger jorden, men även den luft som finns i markens håligheter tillhör atmosfären.

Kosmos kan sägas utgöra ytterligare en sfär omfattande hela universum. Inom vårt solsystem är solen, som energikälla och den från rymden i övrigt ingående och utgående strålningen samt vår egen himlakroppns inre kärnenergi, av betydelse för biosfären.

Teknosfären omfattar den teknik och de system som människan skapat och omger sig med. Ibland används också beteckningen antroposfären, vilket också omfattar sociosfären d.v.s. människans verksamhet som samhällsvarelse uttryckt i exempelvis ekonomiska, sociala eller juridiska termer.

Till skillnad från de naturliga sfärerna bestäms tillståndet i och utvecklingen av teknosfären primärt av människans lagar i stället för naturens. Teknosfären är en spegel av samhällets utveckling sådan den sett ut sedan omkring 10 000 år tillbaka till dagens industri- och kommunikationssamhälle. Hittills har den tekniska utvecklingen i takt med att antalet människor ökat på jorden till stor del skett på bekostnad av de naturliga systemen (McNeill, 2003; von Wright, 2000). Det verkar dock kunna vara så att människan kan anpassa tekniken, eller tvingas anpassa den, till de naturliga sfärernas förutsättningar. Nya vetenskapsområden är t.ex. *ecological design* och *ecological engineering* (Bartha, 1984; Hill, 1998, 1999; Persson, 2005b).

Trots att varje svensk genom uppvärmning, transporter etc. släpper ut cirka 8 ton avgaser varje år, som hotar vår globala överlevnad, ägnas diskussionen ofta i stället för cirka 300 kg synliga hushållssopor vi genererar per år.

(Holmberg, 1995, s. 53)

För att människan ska ändra livsstil och attityder förutsätts ofta att miljöanpassade alternativ finns till hands. Det skulle innebära att teknosfären, som i dag är dåligt anpassad till naturen, kommer att bättre harmoniera med markens, vattnets och luftens resurser för livets utveckling (Young et al., 2006).

I den grupp av unga elever som undersökningen omfattar identifierar jag i analysarbetet elevernas ord och utsagor om *marken vi trampar på, vattnet vi dricker, luften vi andas, livet vi*

lever och tekniken som vi använder, energi som vi fångar. Vad händer i marken om ett ämne sprider sig där och hur påverkas vattnen, luften och våra liv? Om ämnet är främmande eller till och med giftigt, - *var kommer det ifrån? Vad kan vi göra för att minimera riskerna i den teknik som vi använder i samhället?* Det är frågor som är av övergripande intresse för studien. Elevernas utsagor fångas för att studera hur de utvecklar sin bild av världen och förändringarna av den.

5.3 Alternativa modeller

Det finns också andra modeller som behandlar miljöfrågor med en naturvetenskaplig utgångspunkt. Termodynamikens första två huvudsatser som kan tolkas som att *Ingenting försvinner* och *Allting sprider sig*, är en utgångspunkt som har använts som modell för att förklara vissa miljöfrågor (Carlsson, 1999; Jönsson & Wickenberg, 1991). Det är ur miljösynpunkt inte helt uttömmande. Först vid användandet av de fyra sfärerna inklusive teknosfären och samhällets påverkan på miljön kan elevernas utveckling av miljöbegrepp och samband mellan sfärerna analyseras. Ytterligare undersökningar om hur de resonerar kring *vart* det som sprider sig tar vägen och *hur* det omvandlas kan vara av intresse för framtiden. Människans användning av tekniska landvinningar visar hur naturen påverkas negativt, men när sammanhangen blir tydliga ökar möjligheterna till att i större utsträckning anpassa teknosfären (Hill, 1998, 1999).

Inom exempelvis matematik och samhällsvetenskap används andra modeller. Schoenfeld (2002) redovisar i en matematikdidaktisk artikel analysprocesser i form av en modell hur analysgången från *real world* till *the real world* fungerar, d.v.s. hur en modell kan fyllas med innehåll men alltjämt inte helt återge verkligheten. I matematiken kvarstår en modell alltjämt som en abstrakt företeelse även om man talar om *the real world*. Beträffande *System Jorden* är det naturligtvis också omöjligt att förverkliga en modell i full skala.

Inom samhällsvetenskaperna har också modeller för undervisning och lärande i miljö utvecklats som utgår från sociala och ekonomiska förutsättningar. Några exempel är Hydén (1997) och Wickenberg (1999). Miljöproblem beskrivs av bland andra Wickenberg (1999) som störningar av olika slag, vilka anses ha uppkommit när människan anser att det är ett problem (Wickenberg, 1999). I den modellen utgör termodynamikens första och andra huvudsats en naturvetenskaplig grund samt fotosyntesen "fram- och baklänges" som gäller för samtliga system (Wickenberg, 1999).

Olika former av begreppskartor, *conceptual maps* kan också användas för lärande i naturvetenskap och miljö (Novak & Musonda, 1991; Agelidou et al., 2000). Vanligast är att ett antal begreppskartor upprättas för att belysa olika detaljproblem och *misconceptions* inom naturvetenskap och miljöområdet (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999). Agelidou et al. (2000) problematiserar hur begrepp ska organiseras för att strukturera elevens kognitiva utveckling. Särskilt påtalas skillnaderna mellan att strukturera begrepp och relationerna mellan dem i t.ex. ekologi, biologi och medicin jämfört med att analysera komplicerade miljöfrågor. I det senare fallet är de kausala sambanden beroende av mänskliga aktiviteter som inte alltid verkar vara underställda givna naturlagar.

Huvudsyftet med undersökningen i min studie är hur eleverna utvecklar olika miljöbegrepp och samband och diskuterar förutsättningar och hinder för utveckling av ett hållbart samhälle.

System Jorden och *Earth System Science, ESS*, kan möjligen betraktas som en *conceptual map* med tydlig förankring i idéhistorien, men också i vår uppfattning om jorden som system. Den är spridd och erkänd över stora delar av världen, i synnerhet genom pågående forskning inom *ESS* och *IGBP* (ESS, 2006; FN:s Klimatdeklaration, 2007; Gough, N., 2002; IGBP, 2006a; IPCC, 2007; Johnson et al, 2000; McNeill, 2000, 2003; Persson & Musidłowska-Persson, 2007; Young et al., 2006).

Forskningsresultat och internationella deklARATIONER visar också att strävanden att uppnå en hållbar utveckling måste ha en grund i naturvetenskaperna samtidigt som andra perspektiv beaktas (Bhaskar, 2003).

Such a belief is exemplified in the Tbilisi Declaration (UNESCO 1978:24), which states that Education utilising the findings of science and technology should play a leading role in creating awareness and a better understanding of environmental problems.

(Gough, A., 2002, s. 1201)

Det är tankar som också följs upp i *UBUNTU-deklarationen*, *ICSU*, 2002 (Bhaskar, 2003) och i *UNESCO decade of sustainability*, 2005 (UNESCO, 2005). Dessa tankar har påverkat mitt val av analysinstrument.

5.4 Ett idéhistoriskt perspektiv

Det idéhistoriska anslaget ger också möjlighet att följa den enskilda människans inställning till jorden och miljön genom årtusenden som det är beskrivet i bl.a. gamla testamentet, av de antika naturfilosoferna, av Bacon, Hume, Rousseau, Linné, Darwin m.fl. (Frängsmyr, 2004; Sörlin & Öckerman, 2002). Samtidigt kan vi i samma tidsperspektiv följa hur samhällets ideologier växlat och hur inställningen till vår livsmiljö växlar i demokratiska och totalitära system fram till idag (Komarov, 1981). Ett tredje perspektiv kan visa hur jorden påverkats av den tekniska utvecklingen från jordbrukarsamhällets framväxt för drygt 10 000 år sedan till den industriella revolutionen och dagens postindustriella samhälle (Diamond, 2004).

Följande citat visar att även historiker och filosofer i vår tid är väl förtrodda med att använda jorden som modell för att beskriva tillståndet världen i historiskt perspektiv.

I boken *Something new under the sun* skriver McNeill:

Just as history is a seamless web, so in ecology everything is connected to everything else. Coal scraped from below the earth's surface, when burned, releases gases and ash into the atmosphere. Rain washes some of this pollution out of the air and into waterways. Eventually some waterborne pollutants settle on the bottom of rivers, lakes, or seas and become embedded in sediments - back to the lithosphere again. The globe has a complex biogeochemistry in which elements, notably carbon, sulphur, nitrogen, but many others as well, cycle around among the spheres. My scheme of organization may give these cycles short shrift. But tracing the history of changes to biogeochemical cycles would conceal, by disconnecting, the cumulative impact of pollutants in the Mediterranean Sea or the air of Osaka. To most cultures, the world presents itself as land, air, water, and life, not as carbon and sulfur, and so I will treat it as such. One has to chop up the seamless web of ecology to write its history.

(McNeill, 2001, s.20)

Även von Wright som under sin aktiva tid innehade Wittgensteins professur i Cambridge skriver på samma tema:

Det är inte längre bara fråga om luftens och vattens nedsmutsning och skogarnas död. Av människan framkallade, kanhända oåterkalleliga naturprocesser såsom ozonlagrets uttunning i stratosfären och jordklotets uppvärmning, drivhuseffekten, har blivit globala hot mot själva livets fortbestånd.

(von Wright, 1993 s. 143)

System Jorden ger ett helhetsperspektiv för lärande i miljö med naturvetenskaplig, teknisk, samhällsvetenskaplig och sociokulturell såväl som filosofisk och existentiell utgångspunkt för hållbar utveckling (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999; Gough, N., 2002; Skinner & Porter, 1999). Det har ofta uppfattats som att de röster som ställer sig kritiska till teknikens utveckling endast redovisar problem och elände (Carson, 1963). I den teknikutveckling som nu börjar spira finns däremot tankarna att göra rätt från början och ta lärdom av naturen (Bartha, 1984; Hill, 1998, 1999). Det kräver ändrade synsätt och tankebanor också avseende lärandemetoder (SOU, 2004:104; Åbo Akademi, 2006).

Att utveckla logiska strukturer i lärandet stöds av bl.a. Ausubel, Bruner Larsson och Wittgenstein (Ausubel, 1968; Bruner, 1996; Larsson, 1910; Wittgenstein, 1992). När det gäller lärande är förståelse av hur saker hänger ihop, d.v.s. struktur, av stor vikt. Det gäller såväl kausala samband inom det naturvetenskapliga området som av människan påverkade samband och sammanhang i miljövetenskap, där analysen oftast kännetecknas av ett systemvetenskapligt tänkande (Andersson & Wallin, 2000; Boyes & Stanistreet 1991, 1992, 1993, 1994, 1997, 1998; Ekborg, 2002; Skamp et al., 2004).

6 Metodologi och genomförande

Min forskning inriktas på hur elever i grundskolans tidigare årskurser utvecklar begrepp och samband och grundläggande sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna och teknosfären i NO-lärandet. Kapitlet inleds med en bakgrundsbeskrivning av skolenheten, urval av undersökningsgruppen och presentation av den lärare som undervisar i NO. I kapitlet behandlas också olika metoder och studiens genomförande för att ge en samlad bild av hur den longitudinella studien växt fram. Jag har bedömt det lämpligt att samordna teoretiska grundvalar med redovisning av genomförandet.

Data har samlats in i form av enkätsvar utifrån öppett ställda frågor vid fyra återkommande tillfällen. Undersökningsgruppen utgör de 28 elever, som under studien tillhört klassen. Intervjuer med 10 elever i klassen har genomförts lika frekvent direkt efter enkäterna. De senare spelades in på audioband. Videoinspelningar av lektioner i helklass genomfördes med en analog videokamera av märket Hitachi, med möjligheter till digitalisering och komplettering med audioljudbandspelare. Videoupptagningar har som syfte att så förutsättningslöst som möjligt fånga elevernas ord, uttryck och spel i NO-lärandet. Observationer i direkt anslutning till inspelningarna dokumenterades skriftligt och reflekterande samtal, *stimulated recall*, genomfördes med läraren (Persson, 2006a). I samband med datainsamlingstillfällena i form av videoinspelade lektioner, enkäter och intervjuer har också material såsom elevernas kontinuerliga anteckningar, teckningar och digitala fotografier samlats in.

Såväl intervjuer som enkäter kan anses utgöra inläringstillfällen för eleverna, vilket beaktats när resultaten redovisas. Hänsyn till för- och nackdelar med longitudinella studier tas också i beaktande. Jag har därför försökt beskriva tillvägagångssättet så utförligt som möjligt för att säkerställa reliabiliteten. För att besvara den uppställda forskningsfrågan används en kombination av olika metoder. Alla insamlingsmetoder har sina fördelar och brister, vilket man redan vid insamling av empirin måste vara medveten om. För att verifiera generaliserbarheten i studien har jag genomfört motsvarande enkäter och intervjuer med elever i andra klasser i samma åldersgrupp i andra kommuner efter slumpvisa val. Dessutom har två medbedömare analyserat cirka en tiondel av det empiriska materialet.

6.1 Undersökningsgrupp och lärare

Den klass som blivit mitt forskningsfält tillhör en skola som nyligen studerats ur sociologisk synpunkt. Skolan har sedan länge varit känd som en bra skola, som man söker till om man vill få goda betyg och komma vidare till gymnasium. Men den sociologiska undersökningen pekar på att det är en bild som håller på att revideras. Skolans ledning påpekar att bilden av skolan vilar på gamla tiders uppfattning även om det fortfarande råder en god ordning på den. Avgörande för att skolan förändrats tycks vara att sedan en tid tillbaka kan alla elever i kommunen söka till valfri skola. De redovisade uppfyllandemålen under läsåren bekräftar också att skolan numera är en *vanlig* svensk grundskola.

Kommunen ifråga deltar i *Kungliga vetenskapsakademiens* (KVA) och *Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademins* (IVA) s.k. NTA- projekt. Valet har fallit på en kommun där jag inte själv arbetat. Urvalet av klassen har gjorts av den person i kommunen som inom

grundskolan svarar för olika samordningar. Klassen som studeras var vid starten en årskurs 3, bestående av åtta flickor och tjugo pojkar, nio år gamla. Undervisande lärare har behörighet att undervisa i NO i grundskolans tidigare årskurser, medan en utbildad mellanstadielärare är klasslärare. Jag har själv inte medverkat i undervisningen eller dess planering och genomförande utan utgår från forskarperspektivet. Under studiens slutskede vikarierade en annan grundskollärare som också är NO-lärare.

Den ordinarie NO-läraren har gått den traditionella lärarutbildningen för mellanstadiet och erhöll lärarexamen 1988. I sin grundutbildning har hon gått två kurser med miljöinnehåll, "Miljö och natur" 5 poäng och "Utomhuspedagogik" 5 poäng. Under åren har hennes tjänst omfattat såväl undervisning på olika stadier i skolkommunen som arbete på naturskolan. För några år sedan genomgick hon en högskolekurs i NO-didaktik. Hon bedömer sig själv som en behörig lärare med normal utbildning för den svenska skolan som bl.a. omfattar kontinuerlig fortbildning och måste liksom andra lärare konkurrera med jämbördiga lärare för att erhålla tjänster.

Eleverna förbereds i klassrummet för arbetet i de olika praktikerna eller miljöerna som de kommer att möta. Vanligtvis sker också en uppföljning i klassrummet för att binda samman den kontextuella variationen. De olika praktikerna eller miljöerna omfattar undervisning i klassrum och kommunens Naturskola. Klassrummet är organiserat enligt läroplanens riktlinjer, vilket innebär att läraren kan bedriva traditionell klassrumsundervisning och utföra demonstrationsförsök, men också låta eleverna laborera eller bedriva gruppstudier i samma enhet. Naturskolan har tillgång till naturområden men också enligt läroplanen passande lärosalar, i vilka klassrumsundervisning, övningar och demonstrationer äger rum i direkt anslutning till utomhusstudier i fält. Arbetet med två olika NTA-teman liksom *lek och lärande* utgör integrerade praktiker. I samtliga praktiker utgör den sokratiska och metakognitiva dialogen ett genomgående inslag (Molander, 1996; Persson, 2006a).

6.1.1 NTA och läroplanen

Naturvetenskap och teknik för alla, NTA, är ett skolutvecklingsprogram i naturvetenskap och teknik för lärare och elever i år F-6 i grundskolan. Initiativet till NTA har tagits av *Kungliga Vetenskapsakademien (KVA)* och *Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA)*. NTA-projektet har utvecklats successivt av akademierna i nära samarbete med skolor och bygger på *Science and Technology for Children (STC)*. Under studiens gång visar sig också den vetenskapliga anknytningen till det *Internationella Geo-Biosförprogrammet, IGBP*, vara av intresse eftersom det är ett projekt som Kungliga Vetenskapsakademien är engagerad i. Det är ett forskningsprogram som bygger på analyser av de naturliga sfärerna för att avläsa förändringar i miljön och arbetar med frågor om hållbar utveckling (Young et al., 2006).

Enligt de olika handledningar som utgivits (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a, 2003b) är målet med NTA-temana att sätta elevers intressen och nyfikenhet i centrum. Eleverna uppmuntras att genomföra olika undersökningar och använda och vidareutveckla erfarenheter och kunskaper i naturvetenskap och teknik. Stor vikt läggs vid skriftlig och muntlig kommunikation med syftet att vidga dialogen i läroprocessen i överensstämmelse med bland andra Vygotsky (2001). Avsikten är att eleverna i samarbete med vuxna och med varandra ska formulera sin förståelse av och kunskap om olika naturvetenskapliga och tekniska företeelser (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a, 2003b).

I NTA-kommuner bildas samverkansgrupper i vilka företrädare för skolor och näringslivet samt universitet och högskola ingår. Skolans läroplan och kursplaner i olika ämnen styr emellertid arbetet i en skola eller klass som arbetar med NTA-teman liksom i andra skolor och klasser.

Gemensamt för alla ämnen i grundskolan är att de skall förmedla glädje och skapa lust att fortsätta lära. I undervisningen skall eleverna få utveckla sin förmåga att dra slutsatser och generalisera, samt förklara och argumentera för sitt tänkande och sina slutsatser. Med utgångspunkt i egna erfarenheter och frågor kan eleverna utveckla ett gott omdöme och få känsla för vad som är väsentligt.

(Skolverket, 2000a, s. 5-6)

Varje tema tar sin utgångspunkt i egna erfarenheter och frågor, vilket är själva kärnan i NTA-arbetet. Ett mål att sträva efter i de naturorienterande ämnena enligt kursplanen (Skolverket, 2000a) är att eleven....

...tilltror och utvecklar sin förmåga att se mönster och strukturer som gör världen begriplig, samt stärker denna förmåga genom muntlig, skriftlig och undersökande verksamhet.

(Skolverket, 2000a, s. 46)

Som tidigare betonats ska NO-undervisningen innehålla tre övergripande aspekter, nämligen kunskap om natur och människa, kunskaper om naturvetenskaplig verksamhet samt förmåga att använda dessa kunskaper för att ta ställning i värdefrågor. Här ingår bl.a. övergripande perspektiv som miljö och hållbar utveckling. Vidare går att läsa att

...en viktig del av den naturvetenskapliga verksamheten karaktäriseras av den experimentella metod som kännetecknas av att hypoteser prövas med hjälp av observationer och experiment.

(Skolverket, 2000a, s. 48)

I målen som eleverna ska ha nått fram till efter det femte skolåret, kan man därför också läsa att

...eleverna ska kunna utföra enkla systematiska observationer och experiment, samt jämföra sina förutsägelser med resultaten.

(Skolverket, 2000a, s. 49)

Avsikten är att arbeta på detta sätt i nästan varje NTA-uppdrag. NTA-tankarna har flera gemensamma nämnare med den aktuella läroplanen, men också med det teoretiska ramverk som skrivits fram i föreliggande studie. Enligt Larsson (1910) ingår t.ex. iakttagelseförmåga och reflektion samt verklighetsanknytning för att möjliggöra lärande. Det är också gemensamt för Bruners och Deweys tankar, men de senare betonar även att se mönster och strukturer och elevernas delaktighet. Vygotsky och Bruner betonar det sociala samspelet och vikten av kommunikation i klassrummet. Dokumentation i form av ord, uttryck och spel är centralt för Vygotsky och Wittgenstein. *Brainstorm* är en metod som utgår från elevernas befintliga nivå, vilket såväl Piaget och Ausubel betonar. I ingressen till varje NTA-uppdrag finns utförliga

beskrivningar av uppdragets mål och innehåll. Där framgår vilka begrepp och färdigheter eleverna ska tillägna sig i uppdraget. Ett viktigt övergripande mål för undervisningen är att eleverna ska bli intresserade av naturvetenskapliga ämnen. Tanken med de metakognitiva dialogerna är också enligt NTA-dokumentet att möjliggöra elevernas reflektion kring sitt eget lärande (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a, 2003b).

6.1.1.1 NTA-temat *Förändringar*

NTA-temat *Förändringar* (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a) vänder sig till elever i åldrarna 8 till 10 år i grundskolan och är ett av de första NTA-tema som eleverna möter. Temat, som består av flera uppdrag, är anpassat för åk 2 men även för äldre elever. Eftersom det är ett tema som kommer tidigt i grundskolan är det enligt lärarhandledningarna viktigt att betona arbetssättet. Eleverna kan steg för steg bygga upp sin förmåga att göra undersökningar. De ska fundera på vad de redan vet om en fråga, vad de skulle vilja veta, hur de ska genomföra sin undersökning och hur de ska anteckna och redovisa. Det är centralt för inlärningsresultatet att eleverna samtalar, frågar och kommunicerar med varandra i såväl små som stora grupper.

Viktiga mål i uppdrag *Förändringar* är enligt handledningshäftena att:

- arbetet tar vara på elevernas nyfikenhet och utvecklar deras intresse för naturvetenskap och teknik samt stärker deras självförtroende och lust att lära
- eleverna lär sig att lyssna och argumentera med respekt för andra, samtidigt som de lär sig att kritiskt granska fakta och förhållanden
- eleverna successivt förbättrar sin förmåga att kommunicera genom rika möjligheter att samtala, läsa och skriva
- eleverna lär sig se mönster och strukturer samt att lösa problem och arbeta såväl i grupp som självständigt

I *Förändringar* undersöker eleverna kemiska och fysikaliska egenskaper för olika ämnen och material. De provar vad som händer när man blandar olika ämnen med varandra samt hur man sedan kan få tillbaka de ursprungliga ämnena. Men det är också ett tema som leder vidare från de naturvetenskapliga begreppen och sambanden till begrepp och samband som beskriver förändringar i miljön. Inom NTA-temat *Kretsar kring el*, som redovisas under kapitel 6.1.2.2, behandlas grundläggande energibegrepp som batterier, lampor och kopplingar men också energi med aspekter på miljö och klimat.

Målet med NTA-temana är att eleverna genom att förutsäga, observera, beskriva och dokumentera resultaten av sina undersökningar ska samla på sig kunskaper om förändringar samt tillägna sig olika metoder att undersöka förändringar. När eleverna väl byggt upp en grund av kunnande använder de detta för att undersöka nya situationer. Det kan jämföras med skrivningarna i Lpo 94 (Utbildningsdepartementet, 1998b).

En viktig uppgift för skolan är att ge överblick och sammanhang. Eleverna skall få möjligheter att ta initiativ och ansvar. De skall ges förutsättningar att utveckla sin förmåga att arbeta självständigt och lösa problem.

(Utbildningsdepartementet, 1998b, s.7)

Inte minst viktigt är att lära sig beskriva och motivera sina slutsatser och ställningstaganden samt kunskapernas användning. Detta exemplifieras i kursplanen (Skolverket, 2000a) enligt följande:

- ha inblick i hur en argumentation i vardagsanknutna miljö- och hälsofrågor kan byggas upp med hjälp av personliga erfarenheter och naturvetenskapliga kunskaper.

(Skolverket, 2000a, s. 49)

Introduktionen till varje uppdrag berättar om mål och huvudsakligt innehåll i uppdraget. Det är centralt i arbetet att mål och uppföljning ständigt står i fokus. Det är viktigt för inlärningsresultatet i såväl varje uppdrag som temat som helhet. Eleverna måste få tillräckligt med tid att reflektera över och diskutera i vilken grad de anser sig ha nått målen.

6.1.1.2 NTA-temat *Kretsar kring el*

Temat *Kretsar kring el* (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003b) behandlar området elektricitet, en av mänsklighetens *pålitliga tjänare*. Elektriciteten ger oss värme och ljus, driver apparater i hem och industrier samt ombesörjer transporter över stora avstånd. Den både väcker oss på morgonen och värmer vår mat. Elektriciteten möjliggör kommunikation människor emellan via telefoner och datorer. Den möjliggör också informationsspridning via radio och teve. Det är nästan omöjligt att hitta någon liten del av vår moderna tillvaro utan den. Upplägget är detsamma som tidigare beskrivits beträffande temat *Förändringar*. I temat arbetar eleverna med lampor, batterier och kopplar belysning i sina husmodeller. De är exempel på praktiska moment som förankras bl. a. i kursplanen för fysik:

...studierna i fysik kan ta sin utgångspunkt i vardagen. Där ingår såväl naturfenomen som tekniska anordningar. Särskild uppmärksamhet riktas mot begrepp som kommer till användning i vardagsliv och teknik.

(Skolverket, 2000a, s.56)

Bland fysikmålen som eleverna ska ha nått fram till efter år 5, återfinns bland andra:

...att ha insikt i tekniska tillämpningar av den elektriska kretsen.

(Skolverket, 2000a, s.57)

Om teknikämnet skrivs följande fram i kursplanen:

Enkel och ofta snillrik teknik är ett viktigt inslag i våra liv och utgör därför en viktig del av teknikundervisningen. En allt större del av den nya tekniken är resultatet av naturvetenskaplig forskning och ett systematiskt utvecklingsarbete.

(Skolverket, 2000a, s.113)

Ett annat mål eleverna ska ha uppnått i slutet av det femte skolåret, inom några välbekanta teknikområden, är att kunna redogöra för några viktiga aspekter på utvecklingen och teknikens betydelse för natur, samhälle och individ, d.v.s. sammanhangen mellan de naturliga sfärerna och teknosfären. De båda temana *Förändringar* och *Kretsar kring el* har en naturlig

anknytning till lärande i miljö genom att belysa förändringsprocesser med utgångspunkt från materia och energi.

6.1.2 Naturskolan

Naturskolan är i detta fall en av kommunens stödorganisationer för att utveckla undervisningen i skolorna. Det är en pedagogisk avdelning inom den aktuella kommunens Tekniska förvaltning och målgruppen är framförallt grundskolans elever och lärare.

Syftet med naturskolan är att skapa förutsättningar för lärande i miljö i skolorna men också stödja fortbildningen i allmänhet (Lundberg, 2003). Den aktuella naturskolan ska ha en mer långtgående funktion som stöd för lärande än en traditionell naturskola. Här ges möjligheter till lärande ur ett naturvetenskapligt, tekniskt, samhällsvetenskapligt och sociokulturellt perspektiv. Avsikten är att stödja skolorna för att nå demokratiska och sociala mål i fostran till goda samhällsmedborgare. Den har som mål att inspirera utomhuspedagogik på olika sätt och att *alla* kan delta enligt devisen *lärande med hjärta, hjärna och hand* d.v.s. *lära med hela kroppen* i enlighet med Bruners, Deweys, Larssons och Rousseaus samt Vygotskys tankar, som också återfinns bl.a. i läroplanen och kursplaner.

Den klass som jag följer har i varierande omfattning tagit del av följande teman inom naturskolan.

- Återbruk. Vart tar allt vägen? De studerar nedbrytare, sopor och kompostering. Vad är jord?
- Träd. Hur man känner igen olika träd. Vad träden behöver och hur de påverkar omgivningen. Papperstillverkning.
- Stranden som tema sommar- och höst.
- Naturteknik och design.
- Smådjur och blommor. Varför har blommor nytta av smådjur.
- Smådjur. Anpassningar och mångfald.
- Den pedagogiska leken.
- Energi. Olika energiformer och deras omvandling.

Generellt behandlas grundläggande begrepp som mångfald, anpassningar, samspel, kretslopp, utveckling och flöden. Eleverna får arbeta i grupper med att lösa olika uppgifter. Ett studiepass på naturskolan innebär att naturstudier växlar med genomgångar och övningar i lärosalar, men också med studier i det näraliggande samhället. Genom de naturliga förutsättningarna utnyttjas omgivningens växter, djur och vatten samt ett Experimentarium. Det är en anläggning inspirerad av Tom Tits idéer (Tits, 1984).

Enheten har som allmän policy att vara ett skolstöd, d.v.s. stötta undervisningen i hela kommunen, men arbetet formas utan att några direkta policydokument finns. Eleverna är en del av samhället och inbjuds till att vara med i en dialog och uttrycka sina tankar genom skapande med byggande och i bilder m.m. Det främjar ett icke-verbalt sätt att kommunicera som t.ex. att medverka i utställningar, där eleverna får möjlighet att uttrycka sina tankar i lokala frågor som är viktiga i ett demokratiskt samhälle.

6.1.3 Utomhusmiljöer för lärande

Motiven för att tillgodose tillgången på utomhusmiljöer i nära anslutning till skolan är många. På fritiden är barnen och ungdomarna oftast uppbundna i andra aktiviteter och föräldrarnas många gånger stressiga arbetsliv ger sällan tid till vistelser i naturen med barnen. TV, video och datorer upptar också en stor del av barnens tid och det är ofta dessa medier som står för barnens upplevelser och verklighet (Lundegård, Wickman & Wohlin, 2004; Nyhus Braute, 1997). I den aktuella klassen ges möjlighet att komma bort från ett lärande som styrs av medier, planscher och uppstoppade djur, som ofta ersätter verkligheten i skolan. Studiens olika praktiker och lärandemiljöer kan variera eftersom det finns närhet till naturen med tillgång till mark och växtlighet liksom vatten, luft och stad i närheten. När undervisningens fokus är energi och solceller kan utprovningen av solceller ske direkt i solen. Bearbetningen av resultat äger rum i naturskolans lärosalar, med anknytning till praktiska exempel i naturskolans närhet. De stora ytorna ger utrymme för lekar och upptäcktsfärder. Om inte den omedelbara tomten räcker till tar eleverna tillsammans med sin lärare bussen till stranden eller ett annat naturområde.

Området runt naturskolan används flitigt i undervisningen. Det ger möjligheter att variera lärandet och ständigt finna nya perspektiv i miljöundervisningen. Mårtensson (2004) skriver om utbytet mellan förskolebarns känslor och den fysiska omgivningen. Hon menar att detta leder till personligt meningsfulla erfarenheter hos varje barn.

I en undersökning av Nyhus Braute (1997) tillfrågades ett antal vuxna om deras syn på naturen. Den slutsats som han drar av intervjuerna är att den vanligast förekommande synen på naturen beror på de egna upplevelserna av naturen. Störst betydelse har upplevelser från barndomen tillsammans med någon vuxen som är en förebild för barnet (Dahlgren & Szczepanski, 2004; Nyhus Braute, 1997; Szczepanski, 2007). Det är alltså i den tidiga barndomen som attityder och inställningar lättast formas. I dagens samhälle tillbringar barnen mycket tid i förskola och skola. Det är alltså i denna sociala miljö som elevernas inställningar till naturen skapas (Lundegård et al., 2004; Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K, Choi, M., Sanders, D. & Benefield, P., 2004).

Utomhusundervisningens värde är också tydligt formulerat i Lpo 94:

Skolan skall sträva efter att varje elev visar respekt för och omsorg om såväl närmiljö som miljö i ett vidare perspektiv.

(Utbildningsdepartementet, 1998b, s. 13)

Som ledstjärna för lärande utomhus tillämpas begreppen hjärta, hjärna, hand, vilket också finner stöd hos antikens naturfilosofer som exempelvis Aristoteles, hos upplysningstidens naturromantiker Rousseau, men också hos Dewey, Vygostkij och Piaget (Bliss, 1996; Dewey, 1916; Vygotsky, 1986).

Larsson har betonat kroppsövningens betydelse för att öva upp iakttagelseförmågan i kombination med själsövningar (Larsson, 1910). Enligt Rousseau har barn ett naturligt rörelsebehov och genom att tillägna sig verklighetsbaserade upplevelser lär sig barn bäst. Naturen är för honom den mest idealiska plats för att fostra självständiga, tänkande och fria individer (Brugge, Glantz & Sandell, 2002). I boken *Emile* eller *Om uppfostran* beskriver

Rousseau en pojkes utveckling. Uppfostran skulle ske enligt självregleringsprinciper, men med detta menade han inte att barnet skulle lämnas åt sig själv, utan handledarens roll är av stor betydelse. Det är handledaren som ska skapa tillfällen av lärande hos eleven som är lagom avvägda för dennes mognad och erfarenhet (Egidius, 2003).

Det tjänar ingenting till att ställa barnen inför situationer eller uppgifter de inte är mogna för.

(Egidius, 2003, s. 25)

6.1.4 Lek och lärande som praktik

Olika lekar, drama (*mimesis*), berättelser (*mythos*) och mimikryaktiviteter ger möjligheter till ett vidgat lärande med ett såväl sociokulturellt som ett tekniskt och samhällsvetenskapligt perspektiv samtidigt som det naturvetenskapliga perspektivet kan utgöra en grund (Rasmussen, 2002). Leken utspelar sig i denna studie i ett antal olika praktiker på naturskolan, inomhus och utomhus som t.ex. på stranden.

Med mimikryaktivitet avses att eleverna intar olika roller i en lek och lever sig in i rollen t.ex. som spindlar, hoppstjärtar och kungsfåglar. Det som äger rum i den metakognitiva fasen kan benämnas *debriefing*. NO-läraren ställer frågor om innehållet i leken och de gestaltningar som ägt rum. Lärandet äger främst rum efter det att aktiviteten genomförts. Genom metakognition ges möjlighet till en bearbetning av leken och de begrepp och samband och sammanhang som den behandlar.

Eftersom *lek* och *lek och lärande* är omfattande områden avgränsar jag min studie genom att se på praktiken *lek och lärande* i miljö, som en integrerad del i de andra praktikerna.

6.2 Den longitudinella studien

Jag har studerat utvecklingen av elevers lärande under en följd av terminer. Genom att jag följer elevernas utveckling som den speglas under lektionerna, i enkäter och i intervjuer longitudinellt ger det mig en möjlighet att studera det samlade lärandet på såväl individnivå som gruppnivå från år 2003 och framåt.

Några av de omständigheter som påverkar elevernas uppfattningar, *conceptions* och *misconceptions*, kan upptäckas när man analyserar en följd av händelseförlopp under lektioner, enkäter och intervjuer m.m. Personliga teman och vardagliga begrepp och uppfattningar som återkommer hos eleverna framträder och deras betydelse för utvecklingen kan även de studeras (Helldén & Solomon, 2004).

En fara kan vara att eleverna i sina diskussioner faller in i ett mönster att tala vardagspråk. Det är möjligt att till stor del klara sig med vardagsbegrepp men för att förstå logiska sammanhang och ha förmåga att argumentera krävs även att eleverna använder naturvetenskapliga begrepp i lärande i naturvetenskap samt miljöbegrepp i lärande i miljö för hållbar utveckling (Skolverket, 2004a, 2004b).

Longitudinella studier som behandlar lärande i NO och miljö eller närallgigande studier avseende yngre elever är hittills tämligen ovanliga, med några undantag exempelvis Eskilsson (2001) och Helldén (1992, 1995, 2005) samt Leach (1995). Ett problem med longitudinella studier jämfört med tvärsnittsstudier anses bl.a. vara att mängden data blir stor och svårhanterlig (Keeves, 1998). För egen del har jag hanterat detta problem genom ett systematiskt arbete som innebär omedelbar utskrift av enkäter och intervjuer i datadokument. Detta förfaringssätt gör det möjligt att söka igenom materialet på olika sätt. En stor fördel för en noggrann täckning av helheten är också att utskriften av det som fångats på audioband och videoupptagningar sker utan tidsutdräkt. Med datorernas sökfunktioner är det sedan möjligt att återfinna ord och ord satta i olika samband eller sammanhang. Inom naturvetenskapernas didaktik finns också exempel på longitudinella studier som behandlar förståelse av materialets partikelstruktur. Novak och Musonda (1991) har genomfört en längre studie. Andra exempel är Lichtfeld (1996), Johnson (1998c), Fischler och Peuckert (1999) och Eskilsson (2001).

Styrkan i longitudinella studier består i att det gör det möjligt att klargöra avgörande faktorer hos enskilda elever, men också i att visa persistensen i deras uppfattning eller lärande (Gunstone & White, 2000). En longitudinell infallsvinkel anses också bidra till att ge olika aspekter på lärandet och det sociala sammanhanget (White, 2001). Även Cohen, Manion och Morrisson (2000) är av uppfattningen att en longitudinell infallsvinkel har en central plats inom undervisningsforskning. Arzi (1988, 2004) skriver också om angelägenheten av användningen av longitudinella studier och tvärsnittsstudier inom naturvetenskapernas didaktik. Enligt Arzi är det inte självklart att en longitudinell studie ger en bättre bild av verkligheten, eftersom det är en lång och komplicerad process. Tytler och Peterson (2005) betonar att longitudinella studier kan ge olika utfall om analyserna äger rum på individ- eller gruppnivå. Även åldern på den studerade gruppen kan ha betydelse. Det bör sålunda påpekas att longitudinella studier kan ha vissa nackdelar i förhållande till tvärsnittsstudier (Eskilsson, 2001; Helldén, 1992, 2005; Lindahl, 2003). De tar lång tid och bortfallet kan bli så stort att tillförlitligheten påverkas. Ytterligare bör uppmärksammas att återkommande intervjuer och klassrumsupptagningar kan påverka elevernas uppträdande, under studiens gång, vilket också kan påverka tillförlitligheten. För att öka reliabilitet och validitet är det viktigt att välja metod och tydligt återknyta till utgångspunkten, d.v.s. forskningsfrågan. Enligt tidigare forskning håller eleverna många gånger fast vid sin utgångsföreställning av begrepp trots att de är felaktiga. I andra studier visar resultaten att begreppsutvecklingen når en kulmen men efter en tid utan repetition och kontinuerligt aktualisering och kontakt av begreppen avtar elevernas svarsfrekvens och kvalitet i svaren (Tytler & Peterson, 2005; Tytler, Arzi & White, 2005). Jag har med denna bakgrund valt att göra en longitudinell studie, medveten om dess för- och nackdelar.

6.2.1 Triangulering

I min studie använder jag mig av flera typer av triangulering. De data jag samlar in analyseras sedan på såväl individ- som på gruppnivå.

Triangulering innebär ett sätt att öka validiteten i en studie. Forskaren studerar sina data genom att använda flera olika metoder. Om resultaten i denna process pekar i samma riktning kan man betrakta validiteten som hög (Larsson, 1994). Men det finns också kritik mot triangulering eftersom den normalt förutsätter att man har en bestämd fast punkt som validiteten ska mätas mot (Denzin & Lincoln, 2000).

Triangulering utnyttjas inom geodesin för inmätning av triangelpunkter (Bachmann, 1973), d.v.s. fasta stödpunkter i form av borrhål eller andra markeringar i berg eller jordfasta stenar. Om två vinklar och en sida i en triangel är givna, kan övriga sidor och vinklar bestämmas. Översatt till didaktisk metod innebär triangulering metoder som svarar på samma frågor teoretiskt och metodiskt. Kvantitativa och kvalitativa metoder berikar varandra och ger möjligheter till prismaseende. Då går man från den tvådimensionella triangeln för att i stället se empirin genom ett multidimensionellt prisma. I överförd bemärkelse kan vi liksom Cohen et al. (2000) tala om sex olika former för triangulering nämligen:

Rumslig triangulering d.v.s. att samla data från olika miljöer för t.ex. komparativa studier

Undersökande triangulering d.v.s. att vara flera som samlar data.

Tidstriangulering d.v.s. att samla data i en longitudinell studie under längre tid.

Kombinerad triangulering d.v.s. att på olika nivåer som individ eller/och gruppnivå insamla eller analysera data.

Teoretisk triangulering d.v.s. att ha olika teoretisk utgångspunkt.

Metodisk triangulering d.v.s. att använda samma metod vid olika tillfällen eller olika metoder vid samma tillfälle.

Eftersom studien är longitudinell använder jag mig naturligtvis av tidstriangulering. Metodisk triangulering används när data samlas in genom att använda samma metod vid olika tillfällen eller olika metoder vid samma tillfälle i enlighet med ovanstående översikt över studien. Jag har använt mig av videoinspelning, elevenkät och elevintervju som datainsamlingsmetoder samt reflekterande samtal, *stimulated recall*, med NO-läraren med syftet att också få kännedom om NO-lärarens intentioner i klassrummet. Analysen äger rum på olika nivåer, d.v.s. begreppsutveckling på såväl individ- som gruppnivå, vilket innebär en kombinerad triangulering.

För att organisera och strukturera de begrepp och samband som eleverna utvecklar utgår jag från den modell som jag tidigare redovisat i kapitel 5.2. Med modellen, *System Jordens* naturliga sfärer och antroposfären och ESS, ges möjlighet att med videoupptagningens hjälp identifiera och lokalisera olika begrepp, samband och sammanhang. Jag analyserar elevernas longitudinella utveckling för att ytterligare kunna tolka in deras utveckling av ord, begrepp, samband och sammanhang. Mer om analysförfarandet beskrivs längre fram, i kapitel 6.5. Analysen äger alltså rum utifrån olika teoretiska utgångspunkter, d.v.s. teoretisk triangulering (Lindahl, 2003).

6.3 Datainsamling

Eftersom studien tar sikte på att fånga elevernas utveckling av ord, uttryck och spel i de olika praktikerna samt de kausala samband och andra miljörelaterade sammanhang som de utvecklar har jag valt kvalitativa datainsamlingsmetoder. I tabell 6.1 ges en översikt över de olika datainsamlingsmetoderna och tidpunkterna för dessa.

Tabell 6.1. Sammanställning av studiens datainsamling, d.v.s. tidsplan över datainsamlingsmetoder.

	HT2003	VT2004	HT2004	VT2005	HT2005	VT2006
Enkät (28 elever)	X	X		X		X
Intervju (10 elever)	X	X		X		X
Videobservationer	X	X	X		X	X
Intervju med NO-läraren	X					
<i>Stimulated recall</i> med NO-läraren		X	X			
Validitet, reliabilitet och generaliserbarhet					X	X

I följande kapitel redovisas datainsamlingsmetoderna och de för- och nackdelar olika förfaringssätt kan ha. Undersökningens syfte, problemställning och vetenskapsteoretiska ansats argumenterar för kvalitativa metoder. De datainsamlingsmetoder jag använt mig av är videoupptagningar, enkäter, intervjuer och reflekterande samtal, *stimulated recall*, samt kompletterande observationer i form av digitalfoto av modeller och teckningar, videofilm som eleverna själva producerat, elevernas arbetsmaterial i form av laborationsanteckningar, teckningar, berättelser m.m. Elevernas eget material i form av anteckningar betraktas som en objektiv källa (Merriam, 1994). Även elever i åldern 9-11 år från andra kommuner har besvarat motsvarande enkäter och intervjuer som undersökningsgruppen.

6.3.1 Videoupptagningar i studien

För att kunna besvara forskningsfrågan har jag valt att observera klassrummets hela dramatologi och spela in ett stort antal lektioner från de olika praktikerna på video. Det ger mig möjligheter att studera kommunikationen mellan lärare och elever och eleverna emellan samt att identifiera de begrepp som kom fram i NO-lärandet. Med dramatologi avser jag det totala skeendet i de olika praktikerna, där lärandet försiggår.

Med observationsmetoden kan vi studera beteenden och skeenden i ett naturligt sammanhang i samma stund som det inträffar. Till skillnad från en intervju och enkät är vi inte beroende av att individerna har en tydlig minnesbild som de dessutom skall kunna vidarebefordra så att de uppfattar den rätt.

(Patel & Davidsson, 2003, s. 88)

Mina observationer är ostrukturerade i den betydelsen att jag inte använde ett fastställt observationsschema, utan försökte täcka in hela klassrummets dramatologi. De omfattade läraren och hennes intentioner i kommunikationen med eleverna liksom elevernas kommunikation i alla riktningar och sätt att uttrycka sig såväl verbalt som med andra sinnen.

För att fånga lärarens intentioner i undervisningen för lärande i relation till aktuella styrdokument och hur lektionerna föll ut använder jag reflekterande samtal, *stimulated recall*, som metod. Jag har därvid lagt särskild vikt vid lärarens medvetenhet om styrdokumentens skrivelser om NO-undervisningens syften, miljöperspektivet och hållbar utveckling. Jag

gjorde anteckningar under observationslektionerna och omedelbart efter lektionerna skrev jag ner en sammanfattning av mina intryck i en loggbok.

Min närvaro kan påverka läraren och eleverna att agera på ett sätt som är annorlunda jämfört med om jag inte är närvarande. NO-läraren sa dock själv att hon snabbt ”glömde” kameran. Det gjorde eleverna också. Att göra sig osynlig låter sig emellertid inte göras även om det ur forskningssynpunkt kunde vara önskvärt.

Videoupptagningar ger andra möjligheter än en vanlig observation för att i efterhand, och repetitivt, studera skeenden i ett klassrum (Jordan & Hendersson, 1995). Videofilmer visar många och varierande exempel på hur lärare och elever interagerar kring de frågor som jag söker svar på i lärandet. Filmningen genomfördes med en modern och lätthanterlig analog videokamera, Hitachi, med möjlighet till digitalisering, som jag bar i handen och som jag lätt kunde röra mig med i hela klassrummet.

Intressant är hur närvaron av en observatör och kameran påverkar elevers och lärarens beteende (Alexandersson, 1994). Noteras kan att eleverna, särskilt i början av den första videofilmade lektionen, ibland försökte fånga kamerans blick med gester och på andra sätt fånga uppmärksamhet. Men efter hand avtog detta beteende. Läraren agerar till synes oberoende av videoupptagningarna från början och helhetsintrycket var att klassrumssituationen var naturligt och avspänd.

Jag kom överens med NO-läraren att först göra en provfilmning. Om något skulle indikera att det var mindre lyckat skulle studien genomföras på annat sätt. Till saken hör att hon just börjat undervisa i klassen. Hennes egen upplevelse var att eleverna var väldigt många, 28 till antalet, och mycket livliga. NO-läraren hade tidigare endast undervisat i klasser från årskurs 4, vilket innebar att en årskurs 3 var en ny erfarenhet för henne.

Filmtekniken har en koppling till forskningsfrågan, d.v.s. ett samlat lärande, utveckling av begrepp och samband och grundläggande sammanhang i miljö för hållbar utveckling. Filmerna fångar sålunda klassrumssituationer, experimentella och laborativa moment, liksom lektioner utomhus i anslutning till klassrumsundervisningen eller på naturskolan. Med hänsyn härtill är en stillastående kamera inte lämplig för att komma så nära lärare och elev som jag önskade. Zoomfunktionen användes nu fullt ut vid flera tillfällen. Filmen skulle dessutom användas för en intervju med läraren. Kameran fokuserade växelvis läraren och växelvis eleverna. Bildkvaliteten är tekniskt mycket bra och med zoomfunktionen var det enkelt att även få med texter, elevarbeten och annat material som användes. Undervisningssituationen som sådan framgår därför tydligt och samtalen som fördes hörs väl på filmen. Under provfilmningen konstaterades svårigheten att fånga in allt som sägs i samtalen mellan lärare och elever eftersom vissa av eleverna talar mycket tyst. Till min hjälp placerades därför ett antal audiobandspelare ut på olika elevbänkar. Jag fångade därmed också in de parallella samtal som pågick mellan elever. Det senare gäller också när läraren inte var direkt närvarande i anslutning till övningarnas genomförande, vilket inträffade vid några tillfällen.

Videofilmerna transkriberades i sin helhet ordagrant och så vitt möjligt med tillkommande ljud, miner och gester. I den löpande texten beskrivs det som händer på filmen samt plats och tidpunkt för observationen. Hur ställer sig frågan om elevers integritet till videofilmning? Kan man bli för ivrig att fånga elever och vad de gör? Det är med kamerans hjälp möjligt att välja fokus och därmed också göra avvägningar om vad som ska spelas in och vad som inte ska tas med. Valen kräver i förlängningen etiska avgöranden. I en artikel påpekar Heikkilä och

Sahlström (2003) att användning av videospelningar leder till att denna fråga måste diskuteras. De menar att filma på nära håll inte är nödvändigt att likställa med oetiskt. Det innebär att jag inte behöver inkräkta på enskilda individers integritet. I stället kan med videoteknikens hjälp viktig kunskap om elevers och vuxnas olika perspektiv och förmågor fångas. Dessa insikter, som kan ge en rättvisare bild av eleven och läraren, kan vara svåra att uppnå på annat sätt.

Målet är att som forskare störa så lite som möjligt, d.v.s. finnas bredvid och följa det som sker. Som forskare har jag inte deltagit i lärarens förberedelser av teman och lektioner m.m. En forskare kan trots detta inte stå helt utanför de situationer som uppstår vid insamlandet och förhålla sig objektivt (Lindgren & Sparrman, 2003). Som forskare är man alltid involverad i det som sker och på så sätt också medskapare till resultatet. När materialet tolkas och analyseras måste därför alltid hänsyn tas till forskarens egen medverkan. Videoupptagningar, intervjuer och enkäter kan innebära inlärningsstillfällen. Ytterligare en viktig omständighet som måste beaktas är om forskaren själv svarar för någon del av undervisningen i studien som i t.ex. aktionsforskning (Vikström, 2005). Videoobservationerna utgör också en kunskapsbas som möjliggör för forskaren att söka nya infallsvinklar. Men det gäller också enkätsvar och intervjusvar på såväl individ som gruppnivå, d.v.s. att utifrån olika val av fokus söka efter variation, mönster och sammanhang (Lemke, 1998).

Ett alternativ till videokameran skulle kunna vara ostrukturerad observation. Enligt denna tradition försöker forskaren med hjälp av sitt eget seende fånga fokus så detaljerat som möjligt och anteckna det som observeras (Bryman, 2002). Forskaren kan välja att göra bestämda avgränsningar gällande tid och fokus. Även om en forskare bestämt vad som ska observeras kan det i situationen uppstå en tvekan när plötsliga val måste göras. En videospelning kan också innebära att forskaren i förväg gjort val, avgränsningar och fokus. I föreliggande studie är intentionen att så autentiskt som möjligt fånga skeendet under elevernas NO-lärande och identifiera och lokalisera elevernas begrepp.

När videoupptagningarna äger rum utomhus krävs en särskild filmteknik, som tar hänsyn till störande moment från omgivningen i större omfattning än i ett klassrum. Jag har använt mig av ett antal audiofickbandspelare för att fånga elevernas diskussioner sinsemellan även vid dessa tillfällen.

6.3.2 Enkäter med elever

När en samlad bild av de 28 elevernas begreppsutveckling av begrepp, samband och grundläggande sammanhang relaterat till de naturliga sfärerna och teknosfären eftersöks kan enkäter eller skriftliga öppna frågor vara en användbar metod. Enkät i denna studie utgörs av skriftligt formulerade öppna frågor där eleverna ges möjlighet att uttrycka sina svar i form av ord, meningar, bilder och teckningar. Enkäten har dessutom utformats efter elevernas nivå avseende språk och ämnesinnehåll. Min avsikt har varit att de olika formerna av datainsamlingsmetoder ska komplettera varandra för att öka validiteten för studien. I de återkommande intervjuerna har jag haft möjlighet att följa upp elevernas skriftliga svar, tidigare intervju svar och iakttagelser från klassrumssituationer, vilket medfört att jag använt mig av kvalitativa metoder.

Studien inleddes med enkätfrågor till samtliga elever höstterminen 2003 (CD-bilaga; Enkätfrågor år 2003, Enkätfrågor år 2004, Enkätfrågor år 2005, Enkätfrågor år 2006). De inledande frågorna grundas på begrepp som kan relateras till den kunskapskultur som miljö och miljövetenskap utgör (Ingelstam, 2004) och Lpo 94 (Utbildningsdepartementet, 1998b). I de följande enkäterna och intervjuerna har frågorna formulerats med hjälp av studiens videoupptagningar och de begrepp, som eleverna allt efter hand börjat utveckla i klassen. Videoupptagningar har ägt rum kontinuerligt från 2003 till 2006. I slutet av varje vårtermin har sedan samtliga elever besvarat enkäter och därefter har tio elever blivit intervjuade. Ordningen mellan genomförandet av enkäter och intervjuer har följts konsekvent.

Jag är medveten om risken att kontexten är styrande för elevernas svar (Ekborg, 2002; Säljö, 2000). Problemen anses vara att det inte går att flytta över kunskap t.ex. från skriftliga frågeställningar och intervjuer d.v.s. från en situation till en annan. Men denna uppfattning delas inte av alla, utan en del anser att det är möjligt att det finns en kontinuitet hos eleven mellan olika situationer d.v.s. att bli kontextmedveten och kunna skilja mellan olika kontexter (Caravita & Halldén, 1994; Carlgren, 1999; Marton, 2000). Bedömningen i denna studie är att det är praktiskt omöjligt att fastställa hur lärandet äger rum i olika kontexter i detalj, när de olika praktikerna ständigt skiftar mellan klassrum, NO-sal, naturskola, lärosal och utomhuslärande under ett och samma lärandepass eller två på varandra följande pass.

I föreliggande undersökning har de unga eleverna vid fyra tillfällen skriftligen besvarat enkäterna, som består av öppna frågor. Eftersom nya begrepp fångats efter hand i videoupptagningarna under studiens gång har enkäterna reviderats med anledning därav. De öppna frågorna ger eleverna möjligheter att svara med ord, bilder eller teckningar. Öppna frågor innebär att man kan upptäcka oförutsedda saker, d.v.s. såväl *conceptions* som *misconceptions* (Neuman, 1994).

Vid frågetillfällena har de 28 eleverna i klassen tillgång till några hjälpmedel och artefakter såsom t.ex. jord i en påse och ett batteri. Eleverna, utrustade med penna, besvarar efter uppläsning av mig frågorna i klassrummet. Eftersom frågorna är omfattande delas de upp och genomförs vid två olika tillfällen. Exempel på frågor är: *Hur bildas regn? Vad händer när olja kommer ut i havet? Var kommer kranvattnet från? Vad händer med toalettstolens innehåll när du spolrar? Vilka är skillnaderna mellan en vanlig buss och en miljövänlig buss?* o.s.v.

Enkäterna som genomförts med samtliga elever i klassen kan ses som en del av lärandet, vilket beaktas vid tolkning av resultaten.

6.3.3 Intervjuer med elever

För många människor upplevs det behagligare och enklare att samtala med någon än att uttrycka sig i skrift (Zetterqvist, 2003). Samtal och intervjuer kan utformas enligt både det kvantitativa och kvalitativa synsättet (Johansson & Svedner, 1996), men i detta fall har jag liksom i enkäterna valt en kvalitativ metod.

Tekniskt sett är den kvalitativa forskningsintervjun halvstrukturerad, det vill säga varken ett öppet samtal eller ett strängt strukturerat frågeformulär. Den genomförs enligt en intervjuguide som koncentrerar sig på vissa teman och som kan omfatta förslag till frågor. Intervjun skrivs vanligen ut, och den skrivna texten utgör jämte bandinspelningen materialet för den följande tolkningen av meningen.

(Kvale, 1995, s. 32)

Genom samtal lär vi känna andra människor, vi får veta något om deras erfarenheter, känslor och förhoppningar och om den värld de lever i. Enligt Kvale (1997) bygger forskningsintervjun på vardagens samtal, men den är ett professionellt samtal. Intervjun är inte ett samtal mellan två likställda parter eftersom det är intervjuaren som definierar och kontrollerar situationen, presenterar ämnet och även kritiskt följer upp informantens svar på frågorna. Detta är något som är särskilt viktigt att vara medveten om vid intervjuer med unga elever. Väsentligt är också att jag själv i direkt anslutning till intervjutillfällena transkriberat svaren från de audioinspelade intervjuerna så ordagrant som möjligt. Samtidigt har jag noterat om svaren i någon mån påverkats av intervjusituationen eller intervjuaren.

Det finns invändningar mot och ifrågasättande av intervjuer (Kvale, 1997). Han menar dock att de invändningar som görs mot intervjuforskningen är standardinvändningar som flitigt förekommit i debatten. Till de reella invändningarna hör valet och genomförandet av intervjuerna. Det innebär att man noga ska redovisa hur intervjuerna utformas och genomförs i varje enskilt fall. Det finns alltid en risk att forskaren tvingas acceptera *lägsta gemensamma nämnarens tyranni* d.v.s. att tolkningen blir tillförlitlig först när den kan accepteras av alla. Forskaren måste ha rätten till tolkningsföreträde om sin egen forskningsfråga (Kvale, 1997).

Ginsburg och Opper (1988) menar att den intervjuade ska kunna iaktta de föremål eller skeenden som intervjun handlar om. Den intervjuade ska om möjligt kunna hantera föremålen. Den reviderade kliniska intervjun ska ge möjligheter att utmana och motsäga den intervjuade för att kunna studera äktheten och stabiliteten i tänkandet.

Det är viktigt att intervjuaren lyssnar och är uppmärksam för uppföljning av svaren, som delvis bestämmer samtalets förlopp. Intervjuaren ska vara medveten om att han/hon är medskapare till intervjuuttalandena. Intervjuerna liksom enkäterna i denna studie kan betraktas som en del av lärandet (Kvale, 1997).

Intervjumiljöns betydelse poängterades redan av Piaget (1982) när han i sina kliniska intervjuer tillsammans med barn lyfte fram betydelsen av att det i intervjusituationen fanns med något konkret material som skulle kunna underlätta förståelsen av de intervjufrågor som ställs. Även Helldén (1992) samt Doverborg och Pramling (1998) påpekar betydelsen av att det finns konkreta föremål och åskådningsmaterial tillgängliga vid intervjusituationen. Säljö,

Schultz & Wyndham (1999) anser att det finns ett samband mellan kommunikation, förmågan att orientera sig i abstrakta situationer och tillgång till artefakter.

Syftet med intervjuerna är att stimulera eleverna att svara på mina frågor genom att utgå från föremål, bilder och situationer som de känner igen från sin vardag (Ginsburg & Opper, 1988). På så sätt slappnar informanterna av och fokus kan läggas på deras användande av olika begrepp och termer jag avser att få mer kännedom om. För min studie ska det som elever säger vid en intervju sättas i relation till tidigare bidrag under lektioner, som fångats med hjälp av video och enkäter. Både kontinuitet och kontext är av värde att ta hänsyn till eftersom studien försöker fånga processen såväl i en praktik som i ett större sammanhang (Lemke, 1998). Intervjuerna har återkommit liksom enkäterna vid fyra olika tillfällen.

Vid de återkommande intervju tillfällena har eleverna i denna studie haft tillgång till papper och penna, vatten, jord, bordssalt, toalettpapper, bägare, leksaksbil, batteri (1,5V) och en illustrerad bok med olika landskapsbilder. Vid bordet sitter jag som intervjuare vid elevens sida. En liten fickbandspelare är placerad på bordet. Intervjuerna omfattar mellan 20 och 30 minuter vardera utan någon tidspress.

Intervjuerna utgår från öppna frågor och äger rum i ostörda samtalsrum med utgångspunkt från artefakterna som ligger på ett bord (CD-bilaga; Mall intervjufrågor åren 2003-2006). De olika föremålen finns på plats och eleverna kan använda artefakterna om de vill för att visa eller beskriva skeenden. Exempel på intervjufrågor är: *Hur bildas regn? Vad händer när olja kommer ut i havet? Var kommer kranvattnet från? Vad händer med toalettstolens innehåll när du spolat? Vilka är skillnaderna mellan en vanlig buss och en miljövänlig buss?* o.s.v. Jämför med enkätfrågorna i kapitel 6.3.2.

Uppföljningen av elevernas svar är inte först och främst av utmanande art. När eleven på egen hand bedömer att han eller hon är färdig med sitt svar ställer jag eventuellt någon fråga för ett klagörande och fortsätter därefter med nästa fråga och innehåll. Avsikten är att i första hand kartlägga elevernas samlade begreppsbyggnad och begreppsutveckling. Intervjun utgör en kompletterande datainsamlingsmetod till videoinsamlingen och enkäterna.

6.3.4 Reflekterande samtal - *Stimulated recall*

I stället för mer subjektiva fältanteckningar har jag valt att använda mig av datainsamlingsmetoden *stimulated recall*. Syftet med metoden är att är att så långt det är möjligt sträva efter en så förutsättningslös observation som möjligt. På så sätt möjliggörs insikt i undervisningens intentioner, genomförande och utfall med hjälp av läraren.

Stimulated recall är en indirekt metod för datainsamling, där lärarens kommentarer kring sitt arbete används som datamaterial (Calderhead, 1996). Vad som kan ses som specifikt för de undersökningar som gjorts med hjälp av *stimulated recall* är att en person, exempelvis som i denna studie, en NO-lärare videofilmas i undervisningssituationen och spelas in på band under ett sammanhängande avsnitt i sitt arbete. Det inspelade avsnittet spelas upp kort därefter för den filmade och inspelade personen som får kommentera skeendena. *Stimulated recall* kan därför, som Alexandersson (1994) skriver, ses som en metod som används för att påminna en person om hur han eller hon tänkte under en viss episod. På så sätt avser det inspelade materialet stimulera och påminna respondenten om sitt tänkande under den tidigare

episoden. Dock visar det sig, efter en genomläsning av olika undersökningar där *stimulated recall* ingår i genereringen av data, att det är svårt att tala om *stimulated recall* som en metod med en bestämd manual som man som forskare ska följa. Det är snarare så att undersökningar som genomförts med hjälp av *stimulated recall* kan skilja sig åt på flera sätt. Jag har valt att beskriva hur jag utfört de reflekterande samtalen med läraren, när hon fått studera ett antal av de senaste videosekvenserna under NO-lektionerna. Forskningsmetoden *stimulated recall* är beroende av bl.a. forskningsintresse och intervjutekniker, men även av mer grundläggande antaganden om vad den som svarar har möjlighet att uttrycka. Det är viktigt att genomföra intervjun snarast efter filmupptagningen. Det ger den intervjuade möjlighet att minnas situationerna som utspelats (Haglund, 2003). Lärarens reflektion är också enligt Larsson (1910) centralt.

Läraren och jag tittade tillsammans på videofilmen och samtalet som fördes spelades in på en fickbandsspelare. Data transkriberades i sin helhet enligt samma modell som intervjuerna. Lärarens intresse för andra sekvenser tillgodosågs också. Läraren hade vid tillfället penna och sin loggbok med sig. Jag betonade sålunda att vårt samtal skulle ha innehållsmässigt fokus, med avseende på skeendet i klassrummet.

Läraren inledde ofta, efter det hon sett en sekvens med stöd i sina anteckningar, med att berätta om det övergripande syftet med undervisningen och hur hon ansåg att eleverna tolkat henne. Urvalet blev sådant att det var möjligt se på olika elever och variation mellan både korrekta resonemang och mindre korrekta eller helt felaktiga. Detta ska sättas i relation till hennes syfte för såväl hela undervisningen i NO och målet med hennes lektionsplanering. Hon reflekterade vidare om vilka målsättningar som hon tyckte uppfyllts på ett bra sätt och vilka målsättningar hon upplevde som mindre väl uppfyllda.

Jag har däremot inte i något avseende försökt analysera hur läraren själv förstår mina forskningsfrågor eller de teoretiska ramverken och modeller som utgör grunden i studien.

6.3.5 Ytterligare insamlat material

Utöver intervjun med NO-läraren höstterminen 2003 och de reflekterande samtalen med NO-läraren har jag även fått del av NO-lärarens lektionsplaneringar och NO-rapporter som regelbundet skrivs för att delges elever och föräldrar i samband med varje termins utvecklingssamtal. Dessutom har jag fått tillgång till elevernas egentillverkade NO-böcker, som arbetats fram under tiden för datainsamlingen. Dokumentation i form av fotografier och andra alster i samband med laborationer och kreativa verksamheter har jag också fått del av. Ett exempel är en utställning och tävling där kommunens skolor i de tidigare årskurserna visar upp sin kreativitet i form av uppfinningar med återvunnet material och sopor som utgångspunkt. I det kompletterade datainsamlingsmaterialet, med syftet att i analysarbetet komma fram till en samlad bild av lärandet, ingår även en film som klassen producerat tillsammans med sina lärare och lärare från naturskolan. Manus har klassen tillsammans författat och innehållet berör allemansrätten. Vidare har eleverna medverkat i regissörsarbetet och i skådespelarinsatserna.

6.4 Longitudinell översikt

Datainsamlingen har genomförts under sex terminer, och på likartat sätt varje termin, med videoobservationer, enkäter och intervjuer. Nedan beskriver jag datainsamlingen i kronologisk ordning. En mer detaljerad förteckning finns även i tabell 6.2. Som tidigare nämnts har även dokumentation i form av elevernas teckningar och anteckningsböcker samlats in i samband med studien. *Stimulated recall* har genomförts vid två olika tillfällen och uppföljning av studiens generaliserbarhet, validitet och reliabilitet har tagits i beaktande.

Höstterminen 2003/ Åk 3: Studien inleddes under höstterminen med en förberedande enkät inför NTA-temat *Förändringar* med klassens elever. Därefter intervjuade jag tio av eleverna som jag själv valt ut beroende av variation i enkätsvaren, med *conceptions* och *misconceptions* och med avseende på att välja en jämn könsfördelning. Jag inledde också videoinspelningarna under höstterminen 2003. Klassens NO-lektioner varar i 120 minuter.

Vårterminen 2004/ Åk 3: Jag videofilmade klassens NO-lektioner vid fem olika tillfällen. Varje tillfälle är två timmar långt d.v.s. 120 minuter. I slutet av vårterminen intervjuade jag återigen samma tio elever efter det att alla eleverna fått svara på en enkät. Enkäten genomfördes som redovisats under kapitel 6.3.2. Förutom NTA-temat *Förändringar* har den undervisning som är förlagd till Naturskolan spelats in på video. Det innebär tillämpning av utomhusdidaktik, *lek och lärande* liksom klassrumsundervisning. Genomförandet av intervjuerna följer upplägget enligt kapitel 6.3.3 och är också genomförda under slutet av vårterminen. Klassrumsundervisningen filmas vid tre tvåtimmarsspass, som företrädesvis äger rum i en NO-sal på den grundskola där klassen hör hemma och två tillfällen i naturskolan. Ett antal olika videosekvenser blev föremål för *stimulated recall* enligt kapitel 6.3.4. Denna del av studien ägde rum i lärarens arbetsrum.

Höstterminen 2004/ Åk 4: Jag videofilmade klassen vid fem tillfällen. Varje tillfälle är två timmar långt, d.v.s. 120 minuter. Klassen arbetade med NTA-projektet *Kretsar kring el*, som filmades vid två tillfällen. Videofilmning av två lektionstillfällen äger rum på en strand. Vid ett tillfälle filmades undervisningen i naturskolan. Även under hösten valde jag ut ett antal videosekvenser som blev föremål för *stimulated recall* enligt kapitel 6.3.4. Denna del av studien ägde rum i lärarens arbetsrum.

Vårterminen 2005/ Åk 4: Samtliga elever fick under våren 2005 svara på ytterligare en enkät liknande de föregående enkäterna och samma tio elever intervjuades återigen under terminen.

Höstterminen 2005/ Åk 5: Datainsamlingen fortsatte i form av videoupptagningar. Eleverna fick till uppgift att rena nedsmutsat vatten, akveduktbygge och kompletterande dokumentation samt uppföljning av studiens generaliserbarhet, validitet och reliabilitet.

Vårterminen 2006/ Åk 5: Samtliga elever fick under våren 2006 svara på ytterligare en enkät liknande de föregående enkäterna och samma tio elever intervjuades återigen under terminen. Datainsamlingen fortsatte i form av videoupptagningar på naturskolan med innehållet *Vatten i vardagen*. Beräkning av vattenflödet i en å är ett annat innehåll och kompletterande dokumentation samt uppföljning av studiens generaliserbarhet, validitet och reliabilitet gjordes.

Tabell 6.2. Videoinspelningar och övrig dokumentation i anslutning till elevernas NO-lärande.

Tillfälle	Innehåll	Praktik	Kompletterande dokumentation
Ht 2003	NTA-tema <i>Förändringar</i>	NO-sal	Anteckningar, elevernas anteckningsböcker, laborationsinstruktioner och prov från intervjuade elever.
Vt 2004	NTA-tema <i>Förändringar</i>	NO-sal	Anteckningar, elevernas anteckningsböcker, laborationsinstruktioner och prov från intervjuade elever.
Vt 2004	NTA-tema <i>Förändringar</i>	NO-sal	Anteckningar, elevernas anteckningsböcker, laborationsinstruktioner och prov från intervjuade elever.
Vt 2004	Artbestämning av småkryp i förnan och lekar kopplade till lärandet t.ex. Collembola leken	Naturskolan	Några elevers teckningar och illustrationer av näringskedja och näringspyramid.
Vt 2004	Uppföljning av Collembola leken, rost, kemisk reaktion m.m.	NO-sal	Några elevers anteckningar om saker som rostar. <i>Stimulated recall</i> med NO-läraren.
Vt 2004	Uppföljning av Collembola leken, sopsorteringslek, sopcharader, återbruk.	Naturskolan	
Ht 2004	Artbestämning av växter och djur på stranden och i havet.	Utomhus: på stranden och i havet	<i>Stimulated recall</i> med NO-läraren.
Ht 2004	Artbestämning av växter och djur på stranden och i havet och giftleken.	Utomhus: på stranden och i havet	
Ht 2004	NTA-tema <i>Kretsar kring el</i>	NO-sal	
Ht 2004	Tillverkning av papper m.m, berättelse om kejsarens kläder. Trädets anatomi och gestaltning av rötter, löv, grenar och fotosyntes.	Naturskolan	
Ht 2004	NTA-tema <i>Kretsar kring el</i> , batteri, eleverna gestaltar atomer, elever gör uppfinningar.	NO-sal	Digitala foton av elevernas uppfinningar med temat el. Arbete med ”sluten krets”.
Ht 2005	Akveduktbygge, rening av nedsmutsat vatten.	Naturskolan	
Vt 2006	Beräkningar av vattenflödet i en å. Vatten i vardagen.	Naturskolan	

6.4.1 Gruppens förändring över tid

Datainsamlingen har pågått under sex terminer. Från början fanns det 29 elever i klassen. En elev har flyttat ut och sju elever har kommit till. Däremot har de tio elever som intervjuats följt klassen hela tiden. Antalet genomförda enkäter och intervjuer med eleverna redovisas enligt nedanstående tabell.

Tabell 6.3. Antalet genomförda enkäter och intervjuer med eleverna

Termin	Antal elever totalt	Besvarade enkäter	Genomförda intervjuer
Ht 2003	29	29	10
Ht 2004	31	28	10
Vt 2005	32	31	10
Vt 2006	35	33	10

6.4.2 Etiska överväganden

Studiens etiska överväganden utgår från det regelverk och lagar som gäller etik och moral inom forskningens område. Som grund för övervägandena gäller att jag genomfört en studie i en kommun, som jag inte har någon anknytning till och i en klass som jag inte valt själv. Kontakterna med elever, lärare och föräldrar har därför helt begränsats till min roll som forskare i denna studie. De forskningsetiska råd som har betydelse för denna studie är öppenhet, rätten till anonymitet samt den etiska regeln att forskningen inte får skada någon enskild person eller grupp. (Gustafsson, Herméren och Petersson, 2005; Högskoleverket, 2006; Vetenskapsrådet, 2006).

I planeringen av studien och inför genomförande av datainsamlingen diskuterade jag metodupplägget av studien med berörda skolledare och lärare för att få acceptans. Detta skedde sedan NTA-samordnaren i kommunen givit mig förslag på en klass i de tidigare årskurserna som kontinuerligt arbetade med NO.

Före första datainsamlingen fick alla elever/föräldrar en skriftlig information av studien. De informerades då även om att det rörde sig om en longitudinell studie, d.v.s. en studie över en längre tid. På en talong som medföljde fick sedan föräldrarna bekräfta att deras barn fick och ville delta. Jag presenterade mig första gången för föräldrarna på ett föräldramöte strax efter datainsamlingens början då jag samtidigt muntligt redogjorde för de metoder jag tänkt använda mig av i min studie och barnens roll i detta. Föräldrarna fick också möjlighet att ställa frågor till mig. Om någon elev har avböjt att delta har jag respekterat detta önskemål.

Det insamlade materialet omfattar ca 30 timmar videopinspelning, 1176 besvarade frågor av eleverna i form av enkäter och 420 intervjuer. Av etiska skäl har jag låtit videoupptagningarna styra vilka begrepp som allt efter hand blivit föremål för enkäter och intervjuer. Det innebär att enkätfrågor och intervjufrågor i några fall inte följs åt. Fyra timmars intervju med NO-läraren ingår också i det insamlade materialet.

Deltagarnas anonymitet skyddas genom fingerade namn. I publicerandet av resultaten i denna studie har alla namn på lärare, elever, skolor ändrats för att på så sätt omöjliggöra identifiering

av enskilda personer. Jag har inte heller namngivit skolan. Jag refererar också till en sociologisk undersökning men av etiska skäl kan jag inte namnge dess titel eller författare.

Jag har försökt genomföra ett seriöst och noggrant forskningsarbete. Förutom ett ansvar inför mina deltagare har jag också ett ansvar inför forskarsamhället bl.a. den s.k. "kvalitetsprincipen" (Hermerén, 1996; Reiss, 2005).

6.5 Analysinstrument

För att analysera elevernas lärande i NO och de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling har jag valt ett analysinstrument som kan täcka in alla delar av undersökningsområdet. Som nämnts tidigare i kapitel 5 beskriver vetenskapsområdet *Earth System Science, ESS*, en modell som fångar in såväl naturvetenskapernas som samhälls-humanvetenskapernas syn på världen. Modellen som omfattar de naturliga sfärerna tillsammans med teknosfären och antroposfären, som skapats i det samhälle vi lever i, kan i översättning betecknas *System Jorden* (Andersson, 2001; Gough, N., 2002; Johnson et al., 2000; Persson, 2004, 2005a, 2006a, 2006b, 2006c; Persson & Musidłowska-Persson, 2007). Det är en modell som bygger på naturvetenskaplig grund, men som också tar hänsyn till människans roll som samhällsbyggare. Den ger dessutom möjlighet att se naturvetenskapliga samband och miljöfrågor såväl i ett helhetsperspektiv som i detalj (Huckle & Sterling, 2001). Med hjälp av modellen kan elevernas utveckling av ord, uttryck och spel i smått och i stort analyseras och relateras till vad som händer i de olika sfärerna. Av intresse är också deras utsagor om vad som händer i gränsskikten mellan sfärerna och hur eleverna ser möjligheter och hinder för en hållbar utveckling, även när sammanhangen blir mer komplicerade. Det innebär att ord och uttryck formuleras till samband, som styrs av naturens lagar, men att också hänsyn tas till antropogena effekter. Det centrala i analysmetoden är att kunna fånga såväl helheter som detaljer. *System Jorden* är en modell som kan byggas upp successivt, vilket innebär att den anknyter till såväl Wittgensteins språkspel som Bruners strukturer för barns utveckling enligt spiralprincipen (Bruner, 1960, 1996; Stenlund, 2000). En huvuduppgift i analysen är att kunna skilja de utsagor som följer de regler som gäller i de naturliga sfärerna styrda av naturens lagar, från de utsagor som också kan relateras till teknosfären/antroposfären. I den sfär som påverkas av människan tillkommer bland annat tekniska, juridiska, ekonomiska och politiska regler, som inte har en omedelbar och tydlig koppling till naturens lagar.

6.5.1 Analysförfarande

Materialet omfattar 30 timmar videoinspelningar, 1176 besvarade frågor i form av enkäter och 420 intervjusvar. Fyra timmars intervju med NO-läraren ingår också i det insamlade materialet förutom kompletterande dokumentation av klassens arbete som redovisats ovan.

Video

Eftersom varken miljö eller hållbar utveckling förekommer som ett särskilt ämne i skolan är begreppsbildningen fortfarande förhållandevis vag jämfört med begreppsbildningen i de naturvetenskapliga ämnena och andra mer traditionella ämnen (Gough, A., 2002). Miljövetenskap och miljödidaktik är dessutom vetenskaper som hittills utvecklats mest utifrån

analyser av olika miljöproblem i förhållande till en opåverkad eller frisk miljö. Videoupptagningarna spelar därför i denna studie en viktig roll för att så förutsättningslöst som möjligt i NO-lärandet fånga de begrepp som utvecklas och som kan sägas tillhöra kunskapskulturen miljö och också användas för lärande i miljö och hållbar utveckling (Badersten, 2006; Driver & Easley, 1978). I studien utvecklar lärare och elever ord, uttryck och spel, som kan fogas till samband eller sammanhang med olika perspektiv som utgångspunkt. Dessa har lokaliserats och identifierats samt analyserats allt efter hand som de förekommer i NO-lärandet. Begreppen har lokaliserats efter noggrann genomläsning av transkribering från samtliga videoupptagningar. Elevernas egna ord, uttryck och utsagor har format de grundläggande begrepp som analyserats.

Enkäter och intervjuer

Jag har också samlat varje elevs utsagor från enkäter och intervjuer från 2003- 2006 i clusters i Word- och Exceldokument för att underlätta analysarbetet. Enkätsvaren har bearbetats och överförs till Worddokument och intervjuerna har efter transkribering överförs till samma dokumentformat. Genom detta arbetssätt har jag kunnat skaffa mig en överblick över materialet.

De kategorier som jag i analysarbetet använder inom respektive begrepp är inte hierarkiskt utformade. Studien resulterar i en redovisning av begreppsutvecklingen på såväl individ- som gruppnivå. Intervjuerna från *stimulated recall* har transkriberats och sammanställts på samma sätt som övriga intervjuer.

Analysstegen

Kategoriseringen baseras på elevernas utsagor som de formulerats i videoupptagningar, enkäter och intervjuer.

Kategori A omfattar elevernas utsagor i form uttryck som består av enstaka ord eller uttryck utan samband och sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna eller teknosfären/antroposfären.

Kategori B1 och B2 omfattar uttryck som innehåller naturliga orsaks- och verkanssamband relaterade endast till de naturliga sfärerna. I kategori B1 återfinns utsagor som beskriver enkla naturliga samband, medan det i kategori B2 förkommer mer komplexa naturliga samband och sammanhang.

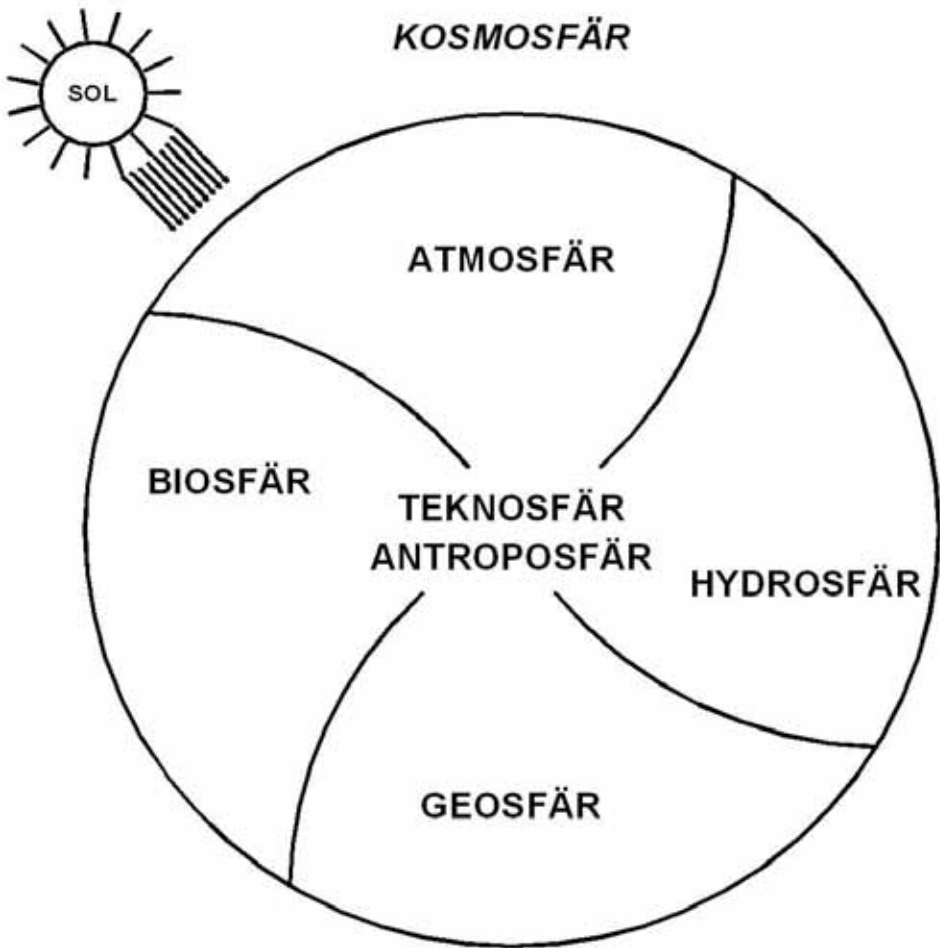
Kategori C1 och C2 omfattar uttryck som innehåller utsagor som kan relateras till de naturliga sfärerna men också till teknosfären/antroposfären. Kategori C1 omfattar enkla samband och sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna inklusive teknosfären/antroposfären. Det är enkla orsaks-verkanssamband där människans påverkan på de naturliga sfärerna finns med i uttrycken. Slutligen innehåller kategori C2 de mest komplicerade sammanhangen relaterade till de naturliga sfärerna inklusive teknosfären/ antroposfären. Den sistnämnda kategorin är den högsta nivån i analysen relaterat till studiens ramverk.

Kategoriseringen är sålunda inte hierarkiskt uppbyggd utan har två förgreningar och är därmed integrerade i varandra, t.ex. den ökade växthuseffekten (Andersson, 2003; Jonsson, 2007). Kausala förhållanden i de naturliga sfärerna, d.v.s. de rena kretsloppen och andra

flöden i naturen kan beskrivas med matematiska termer $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ i rummet, vilket innebär att utsagorna kategoriseras som A, B1 eller B2.

Eftersom människans teknik och människan som samhällsbyggare påverkar de naturliga sfärerna förändras de rena kretsloppen och flödena. Antalet variabler i den matematiska modellen utgörs av ytterligare dimensioner såsom människans användning av teknik, politiska, juridiska beslut och ekonomiska överväganden och flera okända variabler. Utsagorna kategoriseras som A, C1 eller C2. Analysens avslutande steg består i att försöka visualisera hur eleverna ser på världen och en värld i förändring.

Som hjälpmedel i denna del använder jag en förenklad modell av jordens sfärer för att tydliggöra hur eleverna ser på världen och en värld i förändring (figur 6.1). Utgångspunkten är en förenklad modell av Brethertons diagram (Bretherton's Diagram, 2006; Johnson et al., 2000) som också återges av Andersson (2001) och Falkenmark (1995). Motsvarande modifierade analysdiagram återfinns också i *International Max Planck Research School on Earth System Modelling* (2006) och i *Earth's Interacting Components* (2006) samt NASA (2006).



Figur 6.1. Figuren visar *Earth System Science, ESS* – en förenklad modell bearbetad efter Johnson et al. (2000).

Avsikten är att den använda modellen ska ge större möjligheter än exempelvis termodynamiken att analysera och identifiera vad begrepp och samband betyder ur miljöperspektiv. Termodynamikens två första huvudsatser som kan tolkas som att *Ingenting försvinner* och *Allting sprider sig* (Carlsson, 1999; Jönsson & Wickenberg, 1991) är föga uttömmande. När jag använder de fyra sfärerna inklusive teknosfären och samhällets påverkan på naturen som analysinstrument är syftet att få svar på om elevernas utsagor visar *vart* det som sprider sig tar vägen och *hur* det omvandlas. Särskilt intressant är att försöka analysera om elevernas utsagor omfattar såväl detaljnivå som helheter och vad som händer i gränsskikten mellan de olika sfärerna.

7 Resultat och kommentarer

Miljö och hållbar utveckling har ingen fastställd kursplan, men utgör övergripande perspektiv. Dessutom är miljö en kunskapskultur som såväl nationellt som internationellt förfogar över en begreppsbildning vilken tillämpas i skolan såväl som i samhället i övrigt (Ingelstam, 2004; Sörlin & Öckerman, 2002). Jag fungerar som forskare och deltar i denna roll inte i planering eller undervisning till någon del. Däremot redovisar jag i detta kapitel även resultat från lärarens intentioner och reflektioner över innehållet i undervisningen.

Eleverna utvecklar begrepp efter hand (Ausubel, 1968; Piaget, 1964, 1982). Frågorna som ställs till eleverna i den longitudinella studien har därför modifierats något efter hand som begreppen fångats med hjälp av videoupptagningarna i NO-undervisningen. Så snart de spontant dyker upp vill jag veta mer om begreppen och elevernas beskrivning av världen. För att inte påverka elevernas självförtroende och öppenhet är en modifiering av frågeställningarna nödvändiga.

Avhandlingen handlar om hur eleverna i den undersökta gruppen utvecklar begrepp, samband och sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären i NO-lärandet. I resultaten redovisas elevernas utsagor och sätt att utveckla begrepp, samband och sammanhang. Underlaget består av data från kontinuerliga videoinspelningar, men även enkätfrågor ställda till de 28 eleverna vid fyra olika tillfällen åren 2003-2006, förutom intervjuer med tio elever. Från undersökningens början år 2003, när eleverna gick i årskurs 3, har data i form av enkäter och intervjuer insamlats under vårterminen i årskurs 3, 4 och 5, medan videoupptagningar ägt rum kontinuerligt.

Elevernas utveckling av begrepp visade sig snart vara mycket omfattande, varför jag begränsat studien till ett antal begrepp, samband och sammanhang. Jag har sedan kategoriserat utvecklingen av begreppen inspirerad av *ESS* och *System Jorden*. De grundläggande nyckelementen för växelverkan inom jordens sfärer inklusive antroposfären har jag hämtat från Brethertons analysdiagram (Bretherton's Diagram, 2006; Johnson et al., 2000).

Kategori A omfattar elevernas utsagor i form av enstaka ord eller uttryck utan samband och sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna eller teknosfären/antroposfären. Kategori B1 och B2 omfattar uttryck som innehåller naturliga orsaks- och verkanssamband relaterade endast till de naturliga sfärerna. I B1 kategorin återfinns utsagor som beskriver enkla naturliga samband, medan det i kategori B2 förekommer mer komplexa naturliga samband och sammanhang. Kategori C1 och C2 omfattar samband och sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna inklusive teknosfären/antroposfären. Kategori C1 omfattar enkla orsaks-verkanssamband där människans påverkan på de naturliga sfärerna finns med i uttrycken. Slutligen innehåller kategori C2 de mest komplicerade sammanhangen relaterade till de naturliga sfärerna inklusive teknosfären/antroposfären. Den sistnämnda kategorin är den högsta nivån i analysen relaterat till studiens ramverk.

Kategorierna A, B1, B2, C1 och C2 visar elevernas sätt att beskriva och utveckla en bild av världen eller tillståndet i världen (Andersson, 1999). Dessutom finns kategorin "Vet ej" där eleverna svarat "vet inte" eller "vet ej" på frågan eller inte svarat alls. Exempel från videoupptagningar redovisas liksom enkät- och intervju svar som är kategoriserade och kan identifieras genom exemplifieringar för såväl gruppen som helhet som i individuella fallstudier. *Misconceptions* ingår i kategoriseringen och lyfts fram i fallstudierna (kapitel 7.2). För lärandet i miljö och hållbar utveckling har jag i denna studie bedömt det som mer avancerat att uttrycka komplicerade samband och sammanhang, samtidigt som den atomära och molekylära mikronivån beaktas (Björneloo, 2004; Ekborg, 2002; Eskilsson, 2001; Lindahl, 2003).

Elevernas kategoriserade utsagor återges löpande i diagramform. Varje begrepp redovisas på samma sätt med samma kategoriindelning för att man i resultaten ska få grepp om det samlade lärandet och begreppsutvecklingen i naturvetenskap, men också i de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling (Kärrqvist & West, 2006; West & Kärrqvist, 2005). I studien använder jag ordet begreppsväv vilket närmast kan jämföras med Anderssons begrepp orsaksväv (Andersson, 2003). Redovisningen omfattar det longitudinella perspektivet liksom resultat på såväl grupp- som individnivå, vilket innebär att materialet blivit omfattande. Bedömningen är att det krävs en fyllig redovisning, med kommentarer, för att göra det möjligt att följa undersökningen och se innebörden i analysen. Jag betraktar tidsintervallen mellan datainsamlingstillfällena som lika långa där det första datainsamlingstillfället utgör startpunkten för studien. Sist i detta kapitel återfinns en översikt av studiens resultat i korthet (kapitel 7.3).

7.1 Resultat på gruppnivå

Resultatkapitlet inleds med en resultatredovisning på gruppnivå, begrepp för begrepp. Videoupptagningarna redovisas i form av transkript där tidpunkt och praktik inledningsvis tillkännages. Avsikten härmed är att vägleda läsaren avseende i vilka sammanhang begreppen har identifierats och utifrån vilka premisser enkät- och intervjufrågor formulerats. I vissa avsnitt har längre videosekvenser delats in i mindre avsnitt, t.ex. Del I, Del II o.s.v. Avsnitten varvas med kommentarer vilka bl.a. omfattar den problematik eleverna ställs inför och begreppsvävars framväxt. Lärarens reflektioner i *stimulated recall* delges i redovisningen.

7.1.1 Vatten

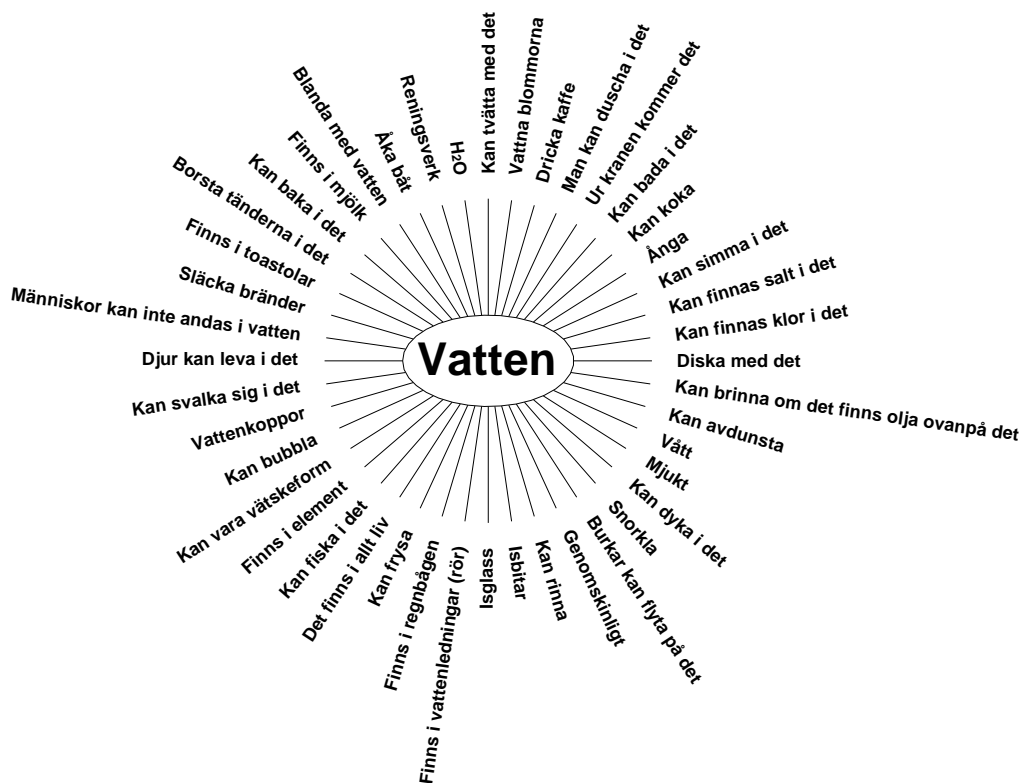
Vatten och vattnets kretslopp är centrala naturvetenskapliga begrepp för att förstå världen och en förutsättning för liv. I kretsloppet är avdunstning och kondensation grundläggande begrepp, men vatten kan ses ur vitt skilda aspekter (Kärrqvist, 2005; Projekt Nordlab-se, 2003a). Kretsloppet kan beskrivas som ett naturligt kretslopp eller ett antropogent och tekniskt styrt kretslopp i samhället. Vatten kan också ses som ett transportmedel och lösningsmedel, som ingår i varierande proportioner i naturens övriga sfärer. I föreliggande sammanhang kan *vatten* ses ur ett makroskopiskt perspektiv, men även ur atomärt och molekylärt. Teoretiskt är vatten ett rent ämne utan föroreningar, men i praktiken existerar knappast detta idealtillstånd (Falkenmark, 1989, 1995). För lärandet i miljö är såväl det rena som det förorenade vattnet av betydelse. Vattnets fysikaliska och kemiska egenskaper bildar

ett begreppsnät med vars hjälp det är möjligt att beskriva förändringar och försöka förstå omvärlden (Projekt Nordlab-se, 2003a).

Redan vid första lektionstillfället fångades flera begrepp på video när eleverna tillsammans med läraren genomför en *brainstorm* kring begreppet *vatten*. Inom NTA-temat *Förändringar* fångas elevernas begreppsutveckling inom detta område på nytt bl.a. när de utför ett experiment med att blanda salt med vatten.

7.1.1.1 Begreppet vatten fångat i videosekvenser över tid

Läraren har med hjälp av *brainstorm* avsikten att fånga in så många ord och uttryck som möjligt om begreppet *vatten*. Lärarens intentioner bekräftas i reflekterande samtal, *stimulated recall*. I nedanstående figur redovisas elevernas associationer och tankar om begreppet *vatten*. Det hela ägde rum i klassrumsmiljö i samband med NTA-temat *Förändringar* höstterminen 2003.



Figur 7.1. Resultat av klassens *brainstorm* med fokus på begreppet vatten.

Under våren 2004 utspelades i klassen vid ett tillfälle bl. a följande scen som fångades under NO-lärandet i NO-salen. Klassen arbetar här i NO-salen med NTA-temat *Förändringar* och har utfört ett experiment där salt och vatten blandats. Därefter låter man vattnet avdunsta.

Nedan följer exempel som förknippas med vattnets kretslopp som förekommer under några NO-lektioner.

Del I

- Läraren: Var kommer saltet ifrån som vi handlar? Vad säger Hans?
Hans: Havet!
Läraren: Från havet. Hm. Så havsvatten finns det salt i? Du kan få salt alltså... Hur gör vi då då?
Vad tror du Bob?
Bob: De åker till ett reningsverk som rengör vattnet.
Läraren: Hur då, då? Saltvattnet... Vad gör man med det... havsvattnet? Vad gör man med det?
Vad tror ni man gör för att man ska kunna få saltet från havsvattnet? Vad tror Magnus?
Magnus: Avdunstar.

Del II

- Läraren: Skulle du kunna göra så... skulle vi kunna göra så ungefär? Skulle vi kunna få ut salt från havet?
Tim: Hur menar du?
Läraren: Ja, skulle du kunna gå ut och ta ett glas med vatten ifrån havet och sen låta det stå och så låta vattnet avdunsta? Blir det salt kvar då? Är det saltvatten i eller är det inte? Vad säger du?
Hans: Det är saltvatten.
Läraren: Det är saltvatten däri. Varför tvivlar du då att vi kan få salt ifrån det? Vi skulle nästan gå ut och hämta lite vatten från havet här och kolla om vi kan få lite salt från det vattnet där. Rent teoretiskt, eller om vi tänker i vår skalle, borde vi ju kunna få ut salt från vårt hav? Tim, vad säger du?
Tim: Ja, det får man. Man kan ju få det från andra hav.
Läraren: Hänger alla med på vad han sa?
Tim: Man får ju det från andra hav då borde man ju få det från vårt hav.

Del III

Sedan läraren talat med eleverna om hur det blir regn och hur föroreningar kan involveras i det naturliga kretsloppet fortsätter dialogen.

- Läraren: Åker giftet med vattnet när vattnet avdunstar eller stannar det kvar? Vad tror Sune?
Sune: Alltså giftet det kanske inte ...alltså gift, jag tror inte det kan avdunsta. Jag tror att det kommer stanna kvar.
Läraren: Jättebra!

Del IV

- Läraren: Okej, så att ... Ja de flesta ämnen finns i molekyler. Vattnet är en molekyl.
Det var ju väte och syre ... Ni kom ihåg när vi delade tändstickan och den minsta delen kallades ju för atom. Sen satte man ihop olika. Kommer ni ihåg hur många atomer man satte ihop för att det skulle bli en vattenmolekyl? Kommer ni ihåg det?
Otto: En miljon.
Läraren: För att det skulle bli en vattendroppe ja, men för att det skulle bli en molekyl? Kommer Bob ihåg?
Bob: Var inte det tre stycken? Det var en väte och två syre.
Läraren: Nästan.
Bob: Eller var det, nej det var tvärtom, en syre och två väte.
Läraren: Alldeles riktigt. Kommer ni ihåg hur den såg ut?
Flera elever: Ja, som Musse Pigg!
Läraren: Alldeles riktigt Kenny. Och så skulle det finnas flera miljoner såna molekyler i en vattendroppe.

Dialogerna visar på problematiken att ge uttryck för vad som är utmärkande för en blandning och vad som händer när olika ämnen urskiljs från en lösning. Salt kristalliseras ur havsvatten och gifter av olika slag urskiljs beroende på ämnens egenskaper, t.ex. flyktighet. Nedan följer ytterligare ett exempel från elevernas NO-undervisning, fångat vårterminen 2006 med video på naturskolan. Eleverna befinner sig på naturskolan och har fått i uppgift att en kort stund gå utomhus och samla information om var vatten finns någonstans. Jag följer en av grupperna och ber eleverna förklara uppgiften för mig.

Linda: Det finns precis överallt.

Stig: Det finns i träden, det finns i löven.

Karin: Det finns säkert fortfarande vatten i träden. Annars lever de ju inte.

Läraren reflekterar över videosekvensen, när eleverna talar om vattenmolekylen under vårterminen 2004. Hon funderar på om att hon emellanåt anser sig ha stött på ord och begrepp som hon tvekat att ta upp på grund av elevernas låga ålder.

Läraren: Nej, det har jag inte. De är mottagliga för det mesta. En del begrepp kan ibland vara svåra och då känner man om man anser det vara bättre att återkomma till dem vid ett annat tillfälle och lämna det för stunden och ta upp något annat istället.

NO-läraren vittnar i det reflekterande samtalet med mig om att hon är imponerad av hur resonemanget om vattenmolekylen gick (Del IV), men samtidigt har hon inte en klar uppfattning om hur många av eleverna som verkligen hängde med på detta den sista kvarten av lektionen.

Läraren: Men då har ju några i alla fall hört resonemanget och förstått det för stunden och det kan bli en annan diskussion vid ett annat tillfälle då man tar upp det.

I figur 7.2 återges Sunes elevanteckning under NTA-temat förändringar.

volym = Hur mycket det finns plats
olika för packningar

Atom = små

De kan röra sig
Vi är uppbyggda av dem
vattenatomer vete och syre. De sitter ihop och
kallas vattenmolekyler.
+4°C då är vatten som
tyngst

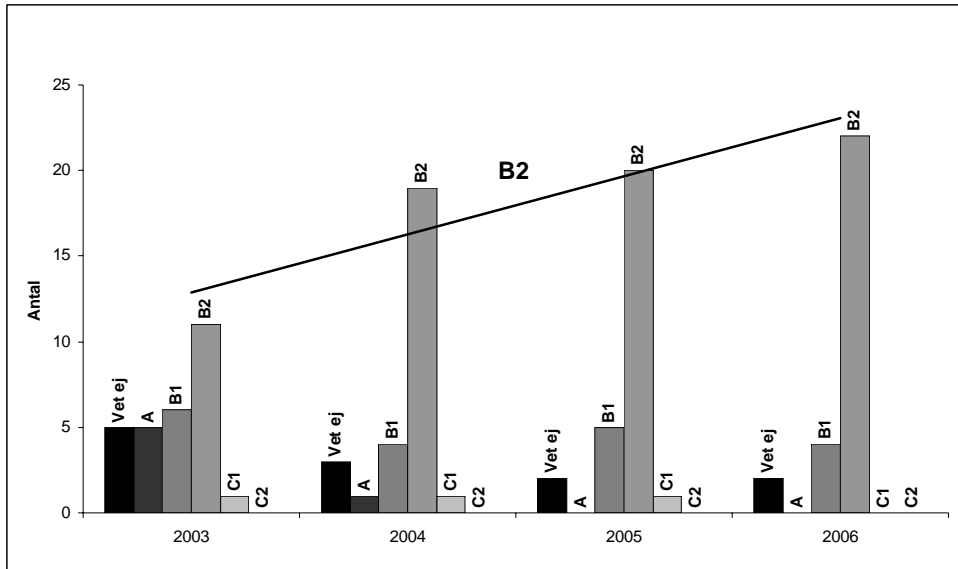


Figur 7.2. En elevanteckning av Sune under NTA-temat *Förändringar*.

7.1.1.2 Begreppsutveckling av begreppet vatten

Av ovanstående sekvenser från videoupptagningar kan noteras att eleverna redan i brainstormen associerar *vatten* till hur det uppträder i naturen men också till samhället och det egna livet på ett allsidigt sätt t.ex. *kan rinna, kan vara i vätskeform, kan koka, ånga, kan avdunsta, kan finnas i element, kan åka båt i det, djur kan leva i det*. För några elever är frågan om att vatten består av atomer och molekyler tydlig. De kombinerar detaljer med helheter och redovisar hur vatten förekommer i olika aggregationstillstånd. Deras världsbild vidgas och funderingar går i olika riktningar hur det hänger samman. Eleverna använder enkla ord, men också kausala samband i naturen liksom sammanhang som människans teknik skapar. Detta exemplifieras t.ex. av Sune i ovanstående dialog, Del III, som talar om vatten som transportmedel för gifter.

Kategorisering av klassens utsagor vid fyra tillfällen åren 2003 till 2006 från enkäter på frågan: *Hur bildas regn? Rita gärna.*



Figur 7.3. Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan: *Hur bildas regn? Rita gärna!* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, B2, med en trendlinje.

Exempel på kategori A från enkäter år 2003:

Kenny: *När det kommer svarta moln.*

Per: *Av regnmoln.*

Kategori B1 representeras t.ex. av Maria, år 2005:

Maria: *Först avdunstar det sen fylls molnen och sen regnar det.*

Inom kategori B2 svarar Mary år 2006:

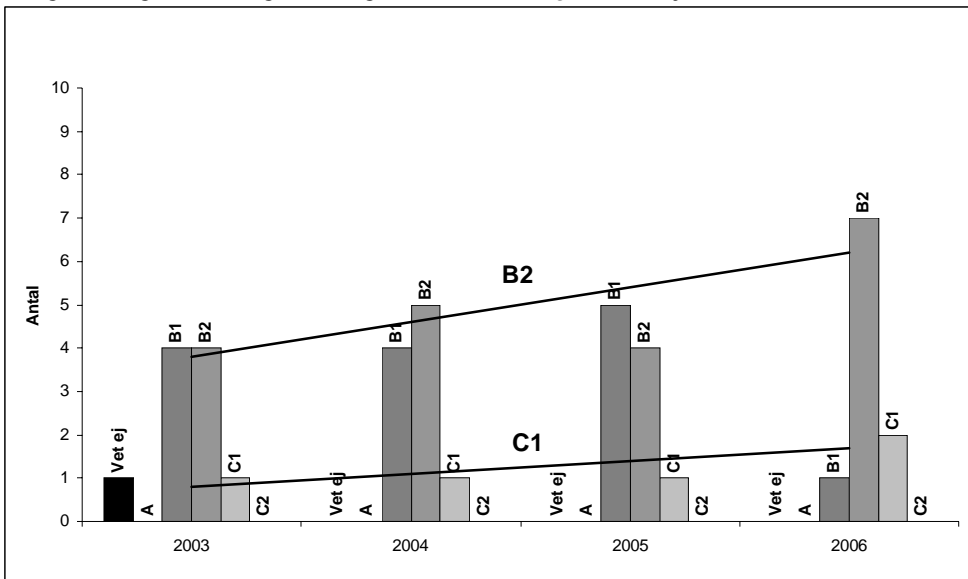
Mary: *Vattnet avdunstar upp och blir moln, när molnen blir tunga regnar vattnet ner. Sen går det runt så om igen.*

Sunes svar år 2003, enligt teckningen nedan, tillhör kategori C1.



Figur. 7.4. Sune beskriver i enkätsvar år 2003 hur det blir regn.

Kategorisering utifrån frågeställningen: *Hur bildas regn?* i intervjuer åren 2003-2006.



Figur 7.5. Resultatsammanställning från intervjuer i form av samtal om vatten och hur det bildas regn. I figuren markeras också med trendlinjer hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, B2, och samband som även är relaterade till teknosfären/antroposfären, C1.

Exempel på B2 kategorin är Pia från år 2003:

Pia: Det åker upp i luften och sen när molnen har för mycket så börjar det att regna.

Otto och Bob redovisar år 2006 följande svar från intervju inom samma kategori, B2:

Otto: Det är när vatten avdunstar så blir det moln och så blir molnen tjocka och tunga och så börjar det komma ner regn från dem. Och så avdunstar det.

Bob: Ja, om vi har en sjö så lyser solen på den så avdunstar det och så bildas det moln. Och när det kommit tillräckligt mycket vatten i molnet så det är fullt så regnar det ner på marken, havet, sjöarna – så rinner det ut igen och så avdunstar det. Ja, så fortsätter det så.

Sune redovisar år 2003 följande svar inom kategori C1:

Sune: Ja, vattnet blir ånga. Moln alltså sånt moln som nästan är färdigt. Det börjar sedan att släppa iväg lite vatten. Det regnar och huset får det på sig. Och det här kan det också sugas in i huset och så.

De redovisade svaren överensstämmer väl med erfarenheter från tidigare undersökningar (Bar, 1989; Stavy, 1990). Svaren varierar allt ifrån att det plötsligt finns svarta moln till att vattnet avdunstar från mark och vatten, bildar moln som blir tunga varpå det regnar och så går det runt i ett kretslopp.

Salt blandat med vatten

Datainsamlingen omfattar också en fråga som berör salt och vatten i en blandning (Del I och Del II s. 92). I en videoupptagning 2004 redovisar eleverna iakttagelser av experimentet på följande sätt, där begreppet blandning aktualiseras. Eleverna arbetar här också med NTA-temat *Förändringar* (vårterminen 2004, NO-sal) och uppgiften är att beskriva de iakttagelser som görs genom att observera salt som bildats genom avdunstning jämfört med vanligt bordssalt löst i vatten (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a).

Läraren: Ser ni någon skillnad?

Mary: De luktar inte speciellt mycket heller.

Tim: De har blivit mycket större.

Läraren: De har blivit större, saltkristallerna. Större än de som vi började med. Mm. Är det någonting annat?

Paus

Läraren: Olika former. Är det... Hur är de här formade då? Olika form. Är det samma form som är bara mindre eller hur är det egentligen?

Paus

Läraren: Hur är det egentligen? Vad säger du Mary?

Mary: Samma form men små...

Läraren: Samma form men det är svårare att se det. Man måste ha de riktigt riktigt nära. Samma form på de här små saltkornen som det är på era riktigt stora. Den här fyrkantiga formen. Tim?

Tim: Ja, det är kryss på dem fast inte på de små.

Läraren: Varför kan man inte se kryssen tror ni? Lars, är du också med nu?

Lars: Mm.

Läraren: Varför kan man inte se kryssen? Vad tror ni? Vad tror Sonja?

Sonja: Det är så smått så det är svårt att se de här kryssen.

- Läraren: Det är ju egentligen så som alla saltkristaller ser ut. Båda salterna är ju egentligen likadana bara att det ena har vi ju blandat med vatten. Den andra har vi inte blandat med vatten. Tim?
- Sonja: Man ser kryssen mycket lättare i det man har blandat med vatten.
- Läraren: Ja, man ser det mycket bättre. Man ser hela saltkristallen bättre om man lagt den i vatten. Vad händer nu om jag håller vatten på saltkristallerna? Vad tror Hans?
- Hans: Jo, det blandas och blir saltvatten.

Elevernas uttryck och naturvetenskapliga såväl som miljörelaterade reflektioner ger en uppfattning om hur vattnet beskrivs som ett kretslopp i stora drag. Dessutom tyder svaren i studien på en uppfattning om samband i världen exempelvis att saltet i världens hav kan skiljas ut från vattnet. De urskiljer också skillnader på kristallbildningen i salt vatten, i en framställd blandning och i salt havsvatten.

NO-läraren tittar på ovanstående sekvens och gör följande reflektioner.

- Läraren: Det är svårt att bedöma hur lång tid man ägnar åt varje moment. Man har inte hundra koll på om alla eleverna är med. Det känns frustrerande. Jag är inte medveten om hur många frågor jag ställer. Det är ju inte klokt. De tycker kanske att jag är en jobbig fröken. Men jag vill ju att de ska komma fram till saker på egen hand. Då kan de kanske en sak bra istället för att man rusar på och hjälper dem på traven med att säga svaren. Det är ju också så att det inte alla gånger finns bara ett svar som är rätt. Det är ju därför jag vill att de ska skriva ner det som de själva ser när de gör iakttagelser med mera. Vid en uppsamling skriver jag ner vad t.ex. Kalle och Lisa säger om en sak. Då ser eleverna att både det Kalle och Lisa säger kan på samma gång var rätt. Jag tror att det blir lättare för dem att förstå, kunna argumentera längre fram i årskurs 5, 6 och på högstadiet om de kommer i kontakt med detta och lära sig detta tidigt. Det är svårt att veta hur mycket man ska gå runt i klassrummet och hur länge man ska stanna och ge uppmärksamhet i varje grupp. Man får göra en avvägning.

Angående elevernas arbete tillsammans med varandra och resonemang om saltkristallerna och egenskaperna säger hon följande.

- Läraren: De hittar de egenskaper jag hade tänkt mig. De luktar, de känner och de beskriver saltkristallerna. Och det är ju sant de har ju vuxit som Tim säger.

Diskussionen i klassrummet och lärarens reflektion är ett exempel på en dialog som kan jämföras med den sokratiske dialogen så vitt vi känner den. Läraren ställer återkommande frågor och leder samtalet vidare, men konstaterar också att det finns inte bara ett svar som kan anses vara riktigt. Det ger däremot en lärdom för en saklig och logisk argumentering.

Nedan redovisas några exempel från enkätsvaren på frågan:

- *Salt och vatten blandas i en skål. Kan Du få vattnet för sig och saltet för sig sedan Du rört om med en sked i skålen. Hur gör Du då?*

Pia och Sonja svarar enligt följande år 2004.

- Pia: *Ja, låter vattnet avdunsta.*

Sonja: *Ja, vattnet avdunstar det är kvar men i en gasform i stället.*

Jenny och Pelle formulerar sig enligt följande år 2005.

Jenny: *Ja, man tar filtret.*

Pelle: *Nej, det går inte.*

Utvecklingen av begreppsväven kan exemplifieras av några intervjusvar inom samma frågeställning.

Sonja år 2003

Christel: Här finns salt och vatten. Kan jag få vattnet för sig och saltet för sig?

Sonja: Ja.

Christel: Hur får jag saltet för sig?

Sonja: Du kan låta det avdunsta. Vattnet.

Christel: Vad blir kvar då?

Sonja: Ja, som små fyrkanter med kryss på. Man kan låta det där också avdunsta.

Otto år 2003

Christel: Vad händer om man blandar salt och vatten? Kan man skilja saltet från vattnet?

Otto: Nej! Det blir väldigt svårt.

Christel: Är det omöjligt?

Otto: Nej, det är inte omöjligt men man måste ha väldigt små hål när man silar – pyttesmå. Då stannar saltet i filtret.

Ivar år 2005

Christel: Om jag hade hållt salt i det här vattnet och rört om, skulle du kunna skilja saltet från vattnet? Skulle du kunna få tillbaka saltet som det var från början?

Ivar: Nej.

Jag illustrerar genom att hälla en tesked salt i en skål med vatten och röra runt.

Ivar: Vänta. Ja, det skulle man.

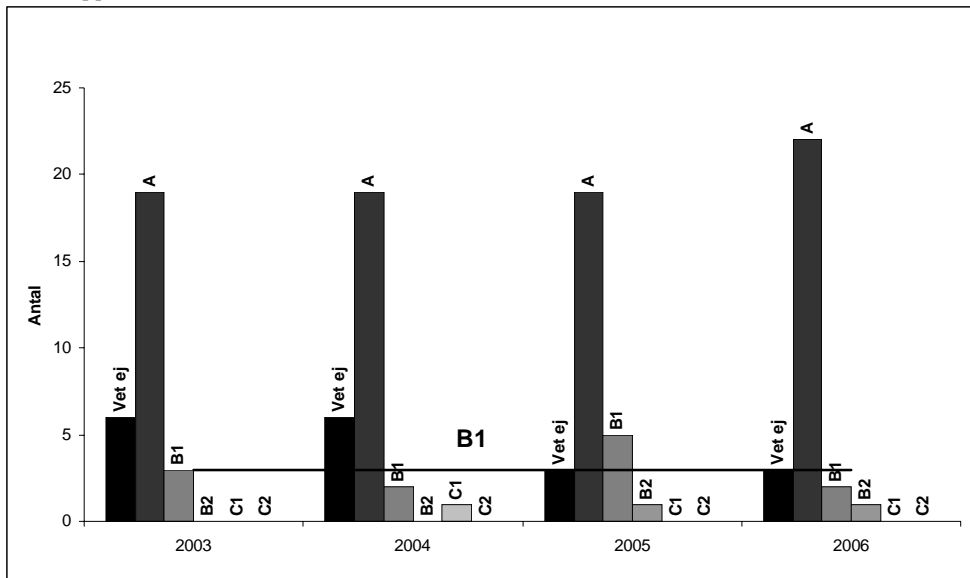
Christel: Hur skulle man kunna få tillbaka det saltet här?

Ivar: Jo. Det går inte. Nej!

Vatten på diskbänken

För att få ytterligare en bild av begreppet *vatten* utifrån var det finns och dess funktion och egenskaper har jag undersökt elevernas utsagor om vad som händer när vatten hamnar på en diskbänk, jämförbart med Eskilssons studie (2001), och vad som händer när vatten blir liggande på ett golv, som beskrivs av Bar (1989).

Nedan följer kategorisering av klassens utsagor vid fyra tillfällen år 2003-2006 från enkäter på frågan: *Läraren har spillt vatten på diskbänken. Vad händer med vattnet om hon inte torkar upp det direkt?*



Figur 7.6. Resultatsammanställning av enkätsvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Läraren har spillt vatten på diskbänken. Vad händer med vattnet om hon inte torkar upp det direkt?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar naturliga samband, kategori B1, med en trendlinje.

Följande tre exempel på enkätsvar illustrerar kategori A år 2003:

Hans: *Det sugs ner.*
 Tim: *Det torkar.*
 Anton: *Det försvinner.*

Följande exempel illustrerar kategori B1, Magnus, och B2, Linda, år 2005:

Magnus: *Det avdunstar. Avdunsta är när vattnet blir ånga och försvinner upp någonstans.*
 Linda: *Det går runt i rummet (vattnets kretslopp).*

Maria redovisar år 2004 inom kategori C1 följande utsaga.

Maria: *Diskbänken kan rosta om den är av järn. Annars avdunstar det.*

Resultaten kan relateras till tidigare undersökningar. Andersson (2001) redovisar Bars studie där 5 till 11-åringar fick följande fråga i en intervju: *Någon har spillt vatten på golvet. Efter ett tag är golvet torrt. Vad har hänt med vattnet? Vart har det tagit vägen?* Ett vanligt svar bland de yngre barnen är att vattnet har försvunnit, d.v.s. det existerar inte längre. Elever i åldern 7 till 8 år menar att vattnet tränger ner i springor i golvet eller sugts in, medan elever i samma åldersgrupp som gäller i denna studie uttrycker att vattnet försvinner till osynlig ånga och bildar moln.

7.1.2 Liv

Liv och villkoren för liv är centrala begrepp för eleverna. På samma sätt som beträffande begreppsveven omkring vatten har en serie videoupptagningar genomförts inom NO-lärandet liksom enkäter och intervjuer som belyser olika frågeställningar kring *liv*.

7.1.2.1 Begreppet liv fångat på videoupptagningar över tid

Exemplifiering av ord, uttryck och spel med anknytning till vad liv är samt vad det är som gör att växter och djur växer och lever framkommer i de olika praktikerna. Läraren använder i elevernas NO-lärande leken som ett redskap för att i aktiviteten lek belysa näraliggande begrepp som näringskedja, näringspyramid och fotosyntes. I utomhusmiljö i anslutning till naturskolan under värterminen 2004 leker de en lek vars namn är Hoppstjärtsleken eller den s.k. *Collembola leken*.

Här följer en beskrivning av Hoppstjärtslekens genomförande (Malmberg, 1997), som genomförs i fält. Djuren som gestaltas är hoppstjärter (*Collembola*), spindlar (*Arachnoidea*) och kungsfåglar (*Regulus regulus*).

Hoppstjärtsleken

Livet på grangrenen dramatiseras genom att leka en näringskedjelek där barnen spelar hoppstjärter, spindlar och kungsfåglar. En spelplan på marken t.ex. i en glänta med måtten 30 x 20 meter föreställer grangrenen. Eleverna tilldelas roller och fördelningen är två kungsfåglar och fem spindlar. Resten av barnen intar rollen som hoppstjärter och de får tre små grankvistar var i handen. När en spindel kullar en hoppstjört betyder det att den har fastnat i spindelns nät. Hoppstjärten ger då spindelns en av sina tre kvistar och slår sig sedan ned på huk. Den fångade hoppstjärten kan befrias av andra hoppstjärter om de hoppar bock över sin tillfångatagna kamrat. Spindlarna fortsätter att samla kvistar genom att kulla hoppstjärter. Det gäller för spindlarna att få så många grankvistar som möjligt. En hoppstjört som blivit av med alla sina tre kvistar kan inte fritas och sitter kvar på huk även om hon blir överhoppad. När spindlarna ätit hoppstjärter och erövrat ett rejält antal kvistar i sin hand är det dags för kungsfåglarna att inta arenan. På lärarens signal flaxar kungsfåglarna in och försöker kulla spindlarna. När en spindel blir kullad går hon utanför spelplanen. Spindlarna måste komma ihåg vilken av kungsfåglarna som de blev fångade av. När alla fem spindlarna är uppätta avslutas leken.

(Malmberg, 1997, s. 52)

Eleverna vill gärna leka den om och om igen. I instruktionen före aktiviteten lek klargör läraren förutsättningarna. Det handlar om praktiska saker som t.ex. vem som får ta vem, hur många gånger och så vidare. Direkt efter genomförandet av leken gör läraren en första genomgång med eleverna genom att ta reda på hur många hoppstjärter och spindlar som klarat sig. Den fullständiga genomgången följer under nästa och nästkommande lektion.

Eleverna för följande resonemang när det gäller motivering av antalet hoppstjärter i förhållande till spindlar. Elevernas motivering av antalet hoppstjärter i förhållande till spindlar varierar. Här följer några exempel.

*Skydda sig mot spindlar.
De mindre är fler för de hjälper till att käka upp löven.
Måste vara många för att bryta ner alla löv.
Annars hade inte löven blivit jord.
De förökar sig snabbare.
De lägger fler ägg.*

Redan i ett inledande skede relaterar eleverna hoppstjärtarna till den nedbrytning som pågår i markens förna. Att de är många kan bero på att de förökar sig snabbt och lägger fler ägg. De sätter sig in i hoppstjärtarnas levnadssätt.

Den fortsatta diskussionen försöker ge svar på varför antalet spindlar är större än antalet kungsfåglar. Motiveringen är bland andra:

*De dör av kylan.
De är utrotade.*

Naturligt nog har eleverna svårigheter att klara ut hur de olika organismernas antal varierar. Diskussionen fortsätter såhär:

Läraren: Hur många spindlar behövs för en kungsfågel?
Magnus: Sju.
Läraren: Per år?
Magnus: En vecka.
Läraren: En om dagen? Hur många spindlar kan en kungsfågel tänkas behöva?
Stefan: Sju.
Läraren: På ett helt år?
Stefan: Nej, fler.
Läraren: Jaha, på hur lång tid tänkte du?
Stefan: En vecka
Läraren: En om dan? Hur många spindlar behöver en kungsfågel?
Magnus: Sju.
Läraren: Per år? En kungsfågel behöver en insekt var 20:e sekund. Fyra, fem stycken per minut alla timmar då det är ljus. På en minut behöver den äta fyra till fem stycken.

Läraren ställer ett antal frågor, men hon avslutar med att tala om hur stort antal insekter kungsfågeln behöver äta för att överleva. Eleverna föreslår själva fortsättningsvis att det kan finnas två tusen hoppstjärtar, och läraren förtydligar att det till och med kan behövas ännu fler per dag. Läraren berättar om det stora antalet hoppstjärtar som behövs för att föda en spindel. Begreppet att föda en spindel är något som det visar sig att eleverna tar med sig även till nästkommande tillfälle, när de resonerar och reflekterar kring aktiviteten leken. Eleverna får i uppgift att rita en näringskedja och därefter en näringspyramid.

Läraren visar i pyramiden på tavlan hur delen med hoppstjärtar längst ner i näringspyramiden är störst. Återigen betonar läraren det stora antalet spindlar som krävs för att en kungsfågel ska klara av att leva. Eleverna föreslår själva enligt sekvensen nedan att abiotiska faktorer som sol, gas och luft samt en biotisk faktor som löv bör finnas med i systemet.

Läraren: Pia och Linda kom på en jätteklurig grej här, att det måste finnas löv- och var ska de vara?
Pia och
Linda: Längst ner.
Läraren: Ska det vara lika mycket som hoppstjärtar?
Pia och
Linda: Mer!
Jenny till
Mary: Och vad äter löv?
Mary: Regn?
Emma: Solsken.
Läraren: Jättebra Emma, det kan ni rita till, en sol!

Eleverna ser själva att parametrar som löv och sol måste finnas med liksom regn för att göra näringspyramiden fullständig. De är vid de båda metakognitiva samtalen alerta och påtalar detta innan NO-läraren hinner ta upp det. En näringskedja och näringspyramid växer fram, där eleverna kan relatera till mark, vatten (regn), luft (gas) och det levande livet i organismerna, som i grunden är beroende av solens energi. Eleverna visar även fortsättningsvis en osäkerhet kring varför antalet hoppstjärtar är större än antalet spindlar. Men någon form av utveckling märks då en elev uttrycker att de måste mäta spindlarna (Leach et al., 1995, 1996a, 1996b). Även problematik och låsning kring lekens regler uppvisas i dialogen med läraren. Lekens regler medför ibland förvirring för eleverna för att komma fram till proportionerna mellan de olika organismerna. Lekens struktur kan bidra till osäkerheten och medföra att det naturvetenskapliga innehållet åsidosätts (Persson, 2006a, 2006c).

Fortsatt dialog mellan lärare och elever:

Läraren: Yngve, varför fanns där fler hoppstjärtar?
Yngve: För de var mycket mindre.
Läraren: De var mindre. Fanns det fler orsaker till att det fanns fler?
Stefan: För att de skulle kunna mäta spindlarna.
Läraren: För att de skulle kunna mäta spindlarna. Jättebra!

Läraren stannar vid detta konstaterande och påpekar inte vid detta tillfälle att spindlar liksom andra organismer har en egen funktion i ekosystemen. Eleverna har här tagit fasta på att antalet hoppstjärtar är fler än antalet spindlar för att kunna föda eller mäta spindlarna. Läraren ser däremot inte några problem med att ta in leken i klassrummet senare, det vill säga genomföra samtal om leken de utövade en vecka tidigare i en annan praktik t.ex. utomhusmiljö eller naturskolan. Hennes syn är att eleverna förstår att den tillhör lektionen och inte utgör en separat företeelse. Lektionerna startar ofta med frågan: *Vad gjorde vi förra gången?*

NO-läraren har en bild av att lärare i allmänhet är rädda för att lämna klassrummet, trots att det är inskrivet i läroplanen att NO-undervisningen även omfattar fältobservationer.

Läraren: Tyvärr används naturen och samhället för lite i undervisningen. Det handlar om att ha kontroll.

En faktor som NO-läraren också tar upp är problematiken kring hur ljudet försvinner utomhus på grund av vindar, vågor vid havet, ljud från tåg, bilar och från flygplan.

Videoupptagningen fortsätter enligt nästa sekvens, som är upptagen på naturskolan i klassrumsmiljö, höstterminen 2004.

Eleverna och läraren talar om de biologiska förutsättningarna för *liv* utan att nämna begreppet *fotosyntes*. De talar om växternas olika delar, i det här fallet ett träd, med rötter, klyvöppningar på bladet och ämnet klorofyll. Ämnen som koldioxid, syre, solenergi och socker berörs också och elevernas begreppsbyggnad tar form.

- Läraren: Vad var det för träd vi täljde med?
Mikael: Enen.
Läraren: Vad gjorde vi sist vi var här?
Karin: Vi tittade på olika delar av trädet sist.
Läraren: Kan du säga någon del av trädet?
Karin: Rötter.
Läraren: Vad gör rötterna?
Karin: Suger till sig vatten.
Läraren: Varför behövs det vatten? Varför behöver trädet vatten?
Tim: För annars kan det inte överleva.
Läraren: Annars kan det inte överleva. Alldeles riktigt. Längst ut på alla grenarna, vad finns där för någonting?
Peter: Där gjordes näring.
Läraren: Ja, och vad fanns där längst ut?
Peter: Löv.
Läraren: Just precis, löv!

Läraren ritar ett blad på tavlan.

- Läraren: Och löven, vad behövde löven? De fick ju vatten från rötterna som Karin berättade, vad fick de mer?
Bob: Sol.
Läraren: Sol, alldeles riktigt! Fick de något mer?

Paus

- Läraren: Per?
Per: Jag räckte inte upp.

Paus

- Sune: Koldioxid.
Läraren: Vad gjorde lövet med alla de här grejorna?
Sune: Ja, det lagade mat!
Läraren: Ja, det lagade mat. Det mixade ihop allt det. Vad kan det ha fått ut av det i kastrullen då?

NO-läraren ritar en kastrull på tavlan.

- Läraren: Vad fanns i kastrullen? Ja, mat det är alldeles rätt. Vad tror Hans?
Hans: Syre.
Läraren: Jättebra! Vad tror du Tim?
Tim: Öh, syre och koldioxid blir det väl sen?
Karin: Näring.
Läraren: Ja, och den näringen är i form av... Vi ska se om någon kan det.
Stig: Sol.

- Läraren: Nej faktiskt inte, det hade ju varit himla bra om de skulle kunna skicka ut sol som solljus....Men näring....Om vi får mycket av det här så kan vi bli lite tjocka...
- Lars: Socker!
- Läraren: Socker, ja. Då blir det socker och syre och faktiskt lite vatten som ploppar ut. Men socker behöver de för att pigga upp trädet och göra det ännu större. För det växer ju. Som när vi växer, när vi får mat i oss så börjar vi att växa. För att de ska kunna laga maten i den här kastrullen så kan vi se bara på själva kastrullen. Ska vi se, blev det rätt nu. Vad kallar vi denna kastrullen? Är det någon som har hört detta ordet innan.

Läraren har skrivit klorofyll på tavlan bredvid den ritade kastrullen som illustrerar processen.

- Linda: Ja, växterna andas in koldioxid och vi andas in syret.
- Läraren: Ja, men hur kommer det in till bladet?
- Linda: Bladet andas in koldioxid och ut syret.
- Läraren: Det kan man säga att det andas in det. Är det hela bladet eller finns det något på bladet som andas in det?
- Tim: Rötterna.
- Läraren: Ja, rötterna. Det var vattnet va? Men koldioxiden och solen brukar det inte ta från rötterna. Ja, det är något som Linda sa på bladet och det är speciella grejor på bladet.
- Stig: Nerverna.
- Läraren: Det skulle man kunna tänka sig för det finns på hela bladet, de finns ju lite överallt på bladet. Nerverna är mer ... om du håller ut maten så håller du ut den i nerverna. Så går den iväg till hela trädet. Ungefär som en tallrik kan man säga att nerverna är.
- Läraren: Hur får den in det?
- Tim: Från pyttesmå hål kanske? I kanterna.
- Läraren: Ja, och de här pyttesmå hålen de finns här och inte bara i kanterna och de ser ut nästan som munnar. Man kallar dem klyvöppningar, som små munnar, så tar de in det... och där kan de också ta ut lite vatten för det blir lite vatten när bladet lagar maten. Och de här munnarna är rätt stora och det kommer ut vatten och under hela sommaren, våren och hösten. Skulle det gå bra på vintern också att det kom ut en massa vatten? Vad tror Bob?
- Bob: Nej, det fryser.
- Läraren: Precis det fryser ju.
- Tim: Därför tappar de löven.
- Läraren: Ja, därför tappar de löven, alldeles riktigt. Under tiden förlorar ju trädet en massa vatten och då tappar de bladen på vintern.
- Bob: Det kommer något vatten men bara till de yttersta löven.
- Läraren: Precis. Ja, man kan säga att det är små kanaler som går ut till bladet med vattnet precis som du säger Bob, och sen täpps de kanalerna till så det blir bara tunna streck. De här kanalerna blir tunnare så det kommer inte tillräckligt mycket vatten för att kunna laga den där maten.

Läraren återkommer till vad eleverna sysslade med föregående NO-lektion och repeterar det för att bygga vidare på trädets byggnad och funktionen av de olika delarna. Likaså handlar följande dialog om växtförhållandena, som när trädet växer mest, vilka parametrar påverkar årsringarnas utseende o.s.v. Den sokratiske dialogen växer genom att läraren allt efter hand ställer nya frågor som bygger på det eleverna tillför i dialogen. Efter en stund kommer Bob och Tim med nya logiska påståenden som läraren lyfter fram. På så sätt växer logiska resonemang från enkla begrepp i form av ord och uttryck till mer sammansatta sammanhang fram (Molander, 1996, 1998).

- Läraren: När växer träden? Eller när borde de inte växa?
- Lars: Vintern.
- Läraren: Precis. När tror ni de växer mest?

- Bob: Sommaren.
- Läraren: Det finns ett tillfälle till när de växer som mest, vilken årstid kan det vara? Vad tror Ivar?
- Ivar: I juni.
- Läraren: Ja, juni brukar vara på sommaren va? Hm. Vilken årstid till kan man tänka sig att träden kan växa mycket? Vad tror Yngve?
- Yngve: Våren.
- Läraren: Precis. Varför tror du just på våren? Det är alldeles rätt.
- Yngve: För då är det varmare.
- Läraren: Och då börjar ju de stora bladen spricka ut och bli stora och knopparna blir ännu större. Ni kanske vet att man kan räkna hur gammalt ett träd är. Och hur räknar man då?
- Magnus: Ringarna.
- Läraren: Ringarna ja, och vad är en ring då?
- Emma: Ett år.
- Läraren: När var det nu det växte på året?
- Emma: Våren och sommaren.
- Läraren: Våren och sommaren ja, så det är två ringar som är ett år, så det är inte bara en ring som är ett år.

Eleverna går ut i anslutning till naturskolan och får räkna hur gamla några olika träd är på årsringarna.

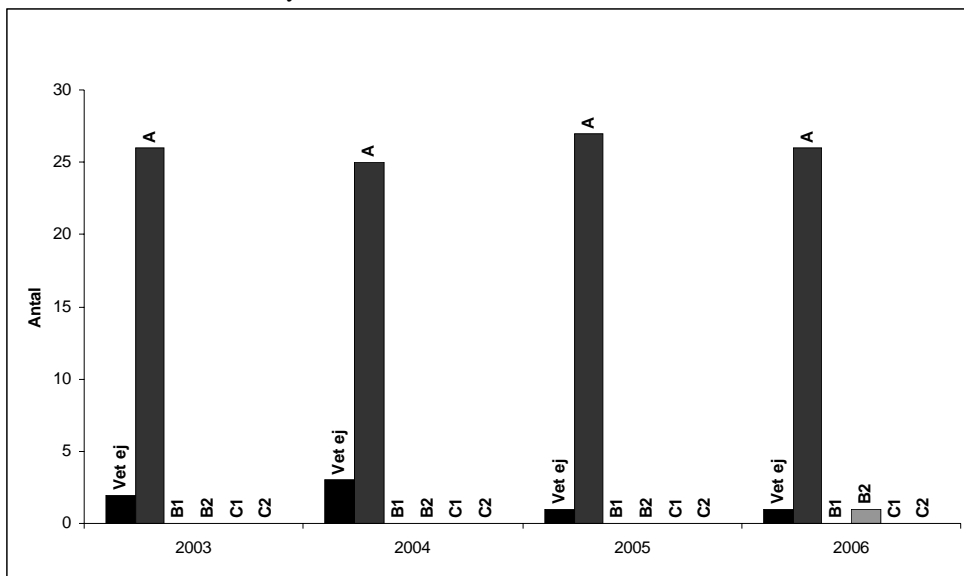
- Läraren: Som ni ser på det här trädet så ser det ut som att det är tjockare på den ena sidan. Hur kan det vara, det ser ut som det växt mer på den ena sidan här än på den andra. Vad kan vi gissa oss fram till att det kan vara? Vad tror Karl?
- Karl: Det var mindre innan?
- Läraren: Varför är den mindre på den ena sidan än på den andra? Ser du det, den är inte i mitten det som skulle vara i mitten, pricken, det är precis som att det har växt mer där än här. Precis som att jag skulle växa mer på den här sidan (läraren visar hur hennes mage skulle kunna växa på olika håll) än här baken (hon pekar runt sin rygg). Hur skulle det kunna komma sig att ett träd skulle kunna växa mer på det ena hållet än på det andra? Vad tror Mikael?
- Mikael: Men det växer ju mer på sommaren än på vintern.
- Läraren: Ja, men trädet står ju på samma ställe. Det rör ju sig inte för att det är sommar. Det lägger sig ju inte ner och visar bara den ena sidan på sommaren för solen. Eller hur? Hur gör den då? Vad tror Maria?
- Maria: Solen kanske lyser mest på det hållet.

Unga elevers uppfattning om begreppet *liv* besannas i elevernas uttalanden i lärandesituationerna. I första hand relaterar eleverna begreppet *liv* till mat, sömn, omvårdnad och lycka. När läraren varierar lärandesituationerna och ger eleverna möjligheter att som i exempelvis leken leva sig in i andra organismers situation utvecklar eleverna vetenskapliga begrepp och det begrepps nät som *liv* ingår i (Andersson, 2001, 2003). Abiotiska faktorer som grunden för fotosyntes och hur klorofyllet fungerar och hur tillväxten äger rum använder eleverna efter hand. Metaforer från det dagliga livets matlagning kan kvarstå som en hjälp att nå de vetenskapliga begreppen. Eleverna utmanas gång efter gång i sina uppfattningar genom lärarens sätt att föra den sokratiske dialogen och lägga till förutsättningar för att eleverna ska ställa nya frågor (Molander, 1998; Persson, 2006a). I samtalen övas förmågan att ta del av varandras olika uppfattningar om olika begrepp (Eskilsson, 2001; Helldén, 2003).

7.1.2.2 Begreppsutveckling av begreppet liv

I ovanstående sekvenser där leken med hoppstjärter, spindlar och kungsfåglar utgör grunden för lärandet förefaller det mest problematiska för eleverna vara sambandet mellan antalet av de olika organismerna. Precis som i tidigare naturvetenskaplig forskning som finns tillgänglig (Andersson, 2001; Leach et al., 1995, 1996a, 1996b) har eleverna en uppfattning om arternas ändamålsenlighet, d.v.s. att spindlarna finns till bara i syftet att föda kungsfåglaerna o.s.v. Eleverna talar däremot spontant om löven som näringskälla, men även förutsättningar för liv som t.ex. Emma, som nämner solen och Mary, som uttalar sig om regnet. En svårighet i just hoppstjärtsleken verkar vara att den inte kan avbilda verkligheten fullt ut. Det gäller särskilt att uppskatta det verkliga antalet av de olika arterna, liksom människans roll i näringskedjan.

Kategorisering av enkätsvar avseende frågan: *Vad behöver växter och djur för att leva? Skriv rita och berätta!* vid fyra olika tillfällen åren 2003-2006.



Figur 7.7. Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan: *Vad behöver djur och växter för att leva? Skriv rita och berätta!*

Exempel från år 2003 på Yngves och Stigs enkätsvar, kategori A, figur 7.8 och figur 7.9.



Figur 7.8. Yngves enkätsvar på frågan: *Vad behöver djur och växter för att leva? Skriv, rita och berätta!*



Figur 7.9. Stigs enkätsvar angående frågan:
Vad behöver djur och växter för att leva? Skriv, rita och berätta!

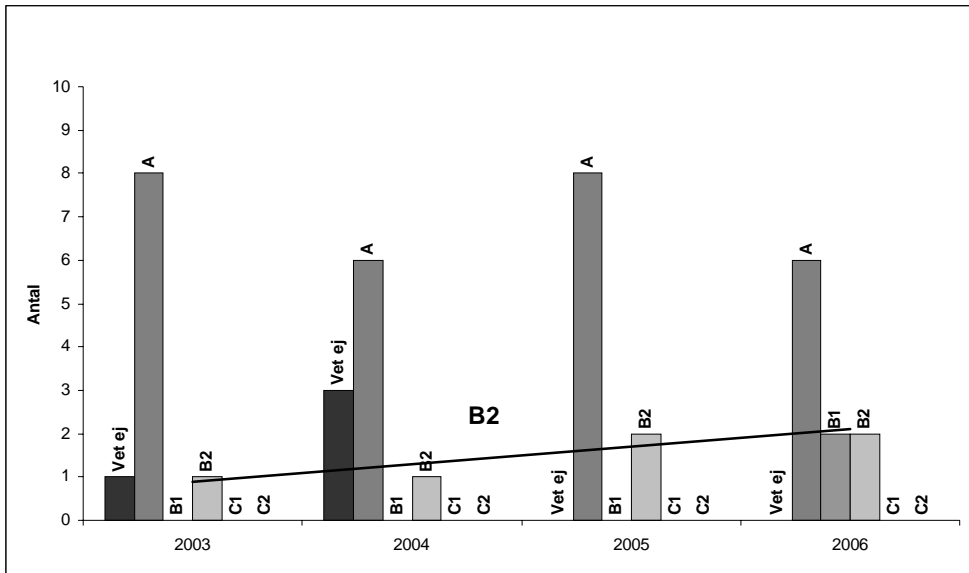
I enkäterna exemplifieras år 2003 kategori A också av svar som,

Jenny: *Man behöver ett hjärta, luft och mat och vatten.*
 Anton: *Ett hjärta.*

medan kategori B2 år 2006 skildras på följande sätt:

Otto: *Näring, och för att gräset ska växa behövs det ljus.*

Kategorisering av intervjusvaren avseende frågan: *Vad behöver växter och djur för att leva? Skriv, rita och berätta!* åren 2003-2006.



Figur 7.10. Resultatsammanställning från intervjuer åren 2003-2006 i form av samtal om liv och förutsättningar för liv. I figuren markeras med en trendlinje också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, kategori B2.

Utsagorna som eleverna ger består till största delen av enstaka ord och uttryck som t.ex. vatten, syre, mat, köttbullar, lycka, varandra, omvårdnad och fred.

Exempel från intervjuerna inom kategori A ser t.ex. ut så här från Pia år 2003 och Mary 2004,

Pia: Vatten, syre och mat.

Mary: Äta, dricka och luft.

medan kategori B2 illustreras enligt följande intervjusvar av Bob och Otto år 2006.

Bob: Mat. Vatten och sol. Växter behöver koldioxid och släpper ut syre.

Otto: Ljus, mat och vatten. För finns det inget ljus så kommer inga nya växter. En get som äter gräs överlever inte om inte solen finns. Det växer inget gräs då och då kan inte geten äta något.

De unga eleverna har en uppfattning av liv som är knutet till mat, bostad, sömn och omvårdnad d.v.s. till sig själva. Liv i generell biologisk bemärkelse ligger längre ifrån elevernas världsbild. Läraren talar om *liv* och *inte liv*, stenen diskuteras, som en död sak, men den kan ge liv åt t.ex. växter, när den vittrar.

7.1.3 Jord

Hur eleverna utvecklar begreppen vidare exemplifieras i begreppet *jord*. *Jord* ska i detta sammanhang förstås som de jordlager som vi trampar på och jord som underlag för livets processer.

7.1.3.1 Begreppet jord fångat på videoupptagningar över tid

På naturskolan med leken som ett redskap för lärande är följande sekvens fångad under vårterminen 2004.

Läraren: Vad gjorde vi senast på naturskolan?

Tim: Vi plockade någon sorts tusenfotingar.

Läraren: Alldeles riktigt!

Tim: Kanske var det en gråsugga också, jag vet inte.

Läraren: Något annat djur?

Sune: Jag fick fyra tusenfotingar, två ungar och två vuxna.

Läraren: Oj, oj, oj! Hur såg du skillnad på ungar och vuxna?

Sune: Att de små var vita.

Läraren: Två var vita, hur menar du då? Var de vita vuxna?

Sune: Nej, att ungarna var vita.

Läraren: De var vita när de var små. Små och vita när de var unga. Hur såg de stora ut då?

Sune: De var svarta och mycket längre.

Otto: Jag hittade en tusenfoting...

Uppföljning av hoppstjärtsleken och samtal kring antalet hoppstjärter

Läraren: Vilka fanns det flest av?

Pia: Flest hoppstjärter.

Läraren: Det är som Pia säger, fler hoppstjärter.

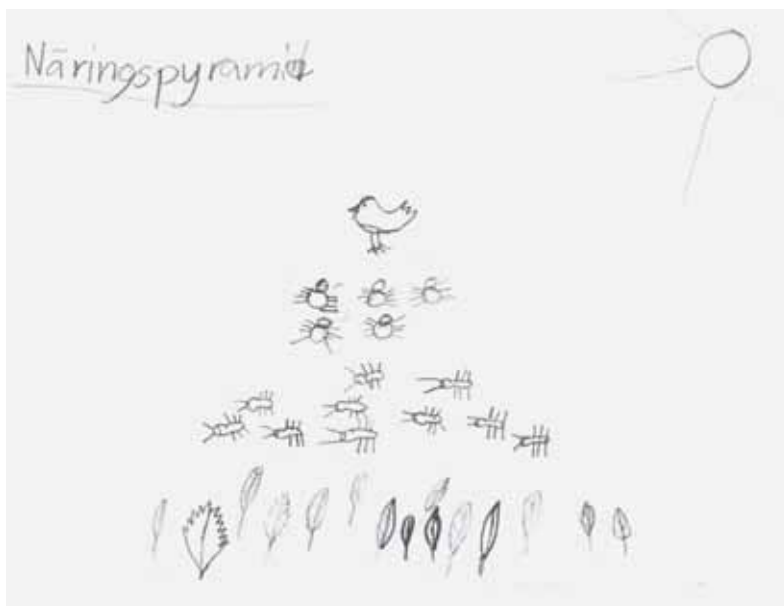
Per: De är mindre, hjälper till i jorden. Kåkar upp löven.

Läraren: Och det gör inte fåglarna eller gör de? Gör de löven till jord? Eller vad kåkar dom?

- Maria: De käkar spindlar.
 Läraren: Ja, till exempel spindlar. Alldeles riktigt. Vi har fortfarande inte kommit fram till... ja de håller på med jorden och ser till att det blir jord, så vi inte simmar i löv; utan hoppstjärtarna hade det ju inte blivit jord. Ingvar, vad tror du?
 Ingvar: De förökar sig snabbare.
 Läraren: Ja, jättebra grej. Varför så många?
 Ingvar: För att käka upp löv.
 Läraren: Hm, bra. Ja, annars hade inte löven blivit jord.

Resonemang kring hoppstjärtarnas funktion

- Läraren: Vad är hoppstjärtar? Hoppstjärtar? Vad gör de?
 Otto: Hoppar.
 Läraren: Jag menar vilken nytta de gör i naturen?
 Tim: Bryta ner löv med mera.
 Läraren: De hjälper till att bryta ner blad och löv och sådant. Alldeles riktigt. Vilka äter hoppstjärtarna? Hans?
 Hans: Spindlarna.
 Läraren: Spindlarna. Vad hade vi mer? Yngve?
 Yngve: Kungsfågeln.
 Läraren: Vad gör de?
 Yngve: Äter spindlarna.



Figur 7.11. Pias teckning av näringspyramid med löv, hoppstjärtar, spindlar och en kungsfågel.

Utdrag från ytterligare ett lektionstillfälle när eleverna får möjlighet att repetera hoppstjärtsleken under vårterminen 2004.

- Läraren: Mm, det var leken, näringskedja och näringspyramid. Och sen letade vi maskar. Var det något mer?

Sonja: Men på den näringspyramiden då ska du ha träden och löven också med. Du ska ha jorden.

Läraren: Och du, det glömde ju jag. Vad bra att du sa till mig! Självklart, löven här nere är ju precis lika viktiga!

Pia: Och vi hade solen också.

Läraren: Ja, det är ju ännu viktigare.

Hans: Ja, och ännu mer.

Läraren: Ja, ännu större.

Hans: Och mer också.

Läraren: Precis det glömde jag ju. Vilken tur att jag har er som kan påminna mig.

Tim: Solen behöver gas.

Yngve: Gas behöver... syre?

Hans: Solen behöver värme.

När det gäller maskarnas funktion använder läraren även berättandet i undervisningen för elevernas lärande. I anslutning till detta berättar läraren på naturskolan följande historia som följs av en dialog med eleverna, vårterminen 2004.

Förr var maskarna heliga. En drottning i Egypten för länge, länge, länge sen, ungefär vid tiden för Kristus sa att man skulle vara jättesnäll mot alla maskar. Man skulle vara snäll mot maskar för det var det bästa som fanns så de skulle man absolut inte döda. De var viktiga. De såg ju till att det blev luft i jorden och så att det blev gödlat i jorden. Deras bajs finns det ju mycket av och det ger ju mycket näring i en vanlig jord. Så allt bajs är alltså gödsel. Man hade kontroll över om någon dödade en daggmask för man hade ju spioner ute överallt. I Sverige trodde man att om man drack maskvatten så blev man fri från förkylningar. För att få maskvatten så lade man en död mask i ett glas. Sen fick den ligga där och slemma till sig och sen var det bara att dricka det. Man kunde också torka masken och mala sönder den och använda det tillsammans med krut och så sprängdes det över. Det var vad man trodde, eller inbillade sig. Men om det var sant det vet man inte riktigt.

Läraren: Det är väl helt ok att trampa på maskar och så?

Hans: Inte om man ser dem. Om man inte märker.

Läraren: Maskarna bryter ner löv, kan de vara bra för något annat då? Eller de bara bryter ner löv?

Hans: Fåglar kan äta dem. Det är bra. Man ska inte skräpa ner i naturen.

Sonja: Maskarna gör jord.

Läraren: Javisst gör de det. Alldeles riktigt.

Pia: Backsippor är fridlysta. Vi har det på sommarstället.

Naturens sopor är ett materiaområde som följs upp på naturskolan. Frågor som behandlas är *Vart tar allt vägen?* och *Vad är jord?* Följande sekvens utspelar sig på naturskolan med omgivning vårterminen 2004. Läraren läser högt upp vad de olika grupperna ska hämta ute i naturen.

- Hämta ett blad som håller på att försvinna där livets saft slutat rinna.
- Hämta en liten rund plutt, som sett likadan ”utt” sedan länge ”föruttt”.
- Hitta ett blad som är grönt. Och glänser i solen skönt.
- Ett frö som kan växa sig stor. Där sedan många bor.
- En spillning från ett djur som inte är en inbillning.

Läraren: Vi ska nu först ut och hämta en grej här. Gruppen vid det första bordet ska hämta ett blad som håller på att försvinna där livets saft slutat rinna. Det ska ni hitta. Nästa grupp ska hämta en liten rund plutt, som sett likadan ”utt” sedan länge förut. En liten plutt som sett likadan ut väldigt länge. Jättelänge, ute i naturen. Tim viskar till bordskamrater: ”en sten”. Ute i naturen. Tar vi nästa. Ni ska hitta ett blad som är grönt. Och glänser i solen skönt. Nästa.

Yngve: Det här är som poesi.

Läraren: Ett frö som kan växa sig stor. Där sedan många bor. Vem kan bo i ett frö? Finns det någon som kan tänkas bo i frö?

Östen: Jag vill bo i en svamp. Annars får jag kramp.

Läraren: Något stort frö får ni leta efter som där kan bo något i.

Bob: En apelsin. Vänta. Är det någon som har majs?

Läraren: Och ni. En del av en växt eller så frö kan bildas som går att så.

Hans: Eller äpple.

Sune: Eller en nöt. Det är bara att öppna här så får man ut en nöt.

Läraren: En spillning...från ett djur som inte är en inbillning.

Ivar: Vaddå, en spillning från ett djur? Haha. Ja! Det ville vi ha!

Anton: Vad skulle de hitta? Va?

Ivar: Spillning, haha. Bajs, kiss.

Anton: Ja, jag vet.

Lars: De kan ta jord.

När eleverna genomfört sina uppdrag följs dessa upp inne i naturskolans lokaler.

Läraren: När jag läser upp den del av dikten som ni har så får ni visa upp era grejor. Och så får alla titta dit så klart. Först första bordet, sedan andra bordet, sedan tredje o.s.v. Vad det nu kan vara.

Läraren läser därefter upp dikten igen.

Läraren: Ni skulle samla ett blad som håller på att försvinna och livets saft slutat rinna. En liten rund plutt som sett likadan ”utt” sedan länge ”förutt”. Ett blad som är grönt och solen glänser så skönt. Ett frö som kan växa sig stor där sedan många bor. Kan ni berätta vad ni hade tänkt visa först. Ingvar?

Ingvar: En nöt.

Läraren: Precis. Du frågade om man kunde ta en nöt. Det kan man men vi har inte direkt några hasselbuskar här. Men vad kan bo i en nöt då?

Läraren: Vad för slags djur kan bo i en nöt?

Ingvar: Djur.

Läraren: Vi pratade om nötter och om ett frö som kunde växa sig stort. Vad var det för djur som kunde bo där?

Ingvar: Öh, myror, småkryp. Jag vet inte.

Läraren: Är det någon som vet vilket djur som kan bo i en nöt?

Hans: Maskar. Kvalster, maskar. Möss.

Läraren: Är det någon som har något mer förslag.

Tim: Myror.

Läraren: Ja, säkert.

Hans: Gräshoppor, småmaskar, larver.

Läraren: Larver, jag hörde någon som sa det också.

Otto: Om de bor därinne och maten tar slut?

Läraren: Då får de flytta ut.

Otto: Då får de bita upp öppningen.

Läraren: Vad hade ni mer Sune?

Sune: Ja, vi hade sånt där som de finns i.
 Läraren: Ja, och vad var det för något, vad heter det?
 Sune: Kardborrar. Haha. Fniss. Ollon.
 Läraren: De hette ollon, ja. Och namnet före ollon talar om vad det är för träd. Frökapslarna. Är det någon annan som vet vad det är för något?
 Pia: Bokollon.
 Läraren: Ja, bokollon. Alldeles riktigt. Sen hade vi en del av en växt eller så där frö bildas som går att så. Alldeles riktigt, ni har frö där jag. En hög av spillning från ett djur som inte är en inbillning. Har ni hittat något där? Aha, jord från en mask. Det är ju faktiskt spillning, alltså bajs. Alla de här grejorna som ni har samlat nu kan vi säga...att det till slut... Alla de här grejorna...
 Stig: Ska vi ut och leta fler kardborrar? De kan man sätta i kavajen istället för en blomma.
 Pia: Det blir förna.
 Läraren: Gud, vad sa du? Hörde alla! Hur kunde du gissa att jag ville att du skulle säga det? Jag hann ju inte ställa frågan till dig.
 Pia: Det är förna.
 Läraren: Ja, allt det ni samlat är förna och det är ju naturens soptipp. Och så blir det till jord. Det var naturens soptipp. Människornas soptipp. Blir det några sopor från människorna?
 Elever i kör: Ja!

Läraren berättar i *stimulated recall* att hon blir överraskad i dialogen, när en elev, Pia, nämner ordet *förna* d.v.s. ett vetenskapligt begrepp innan hon ens hunnit ställa frågan. Eleverna hittade en sten för att symbolisera den andra saken som skulle hämtas, ”hämta en liten rund plutt, som sett likadan ”utt” sedan länge ”förutt”. De fortsätter dialogen med att hjälpas åt med huruvida stenen så småningom kan omvandlas och förändras till jord eller inte och vilken betydelse t.ex. vatten i olika aggregationsformer kan ha.

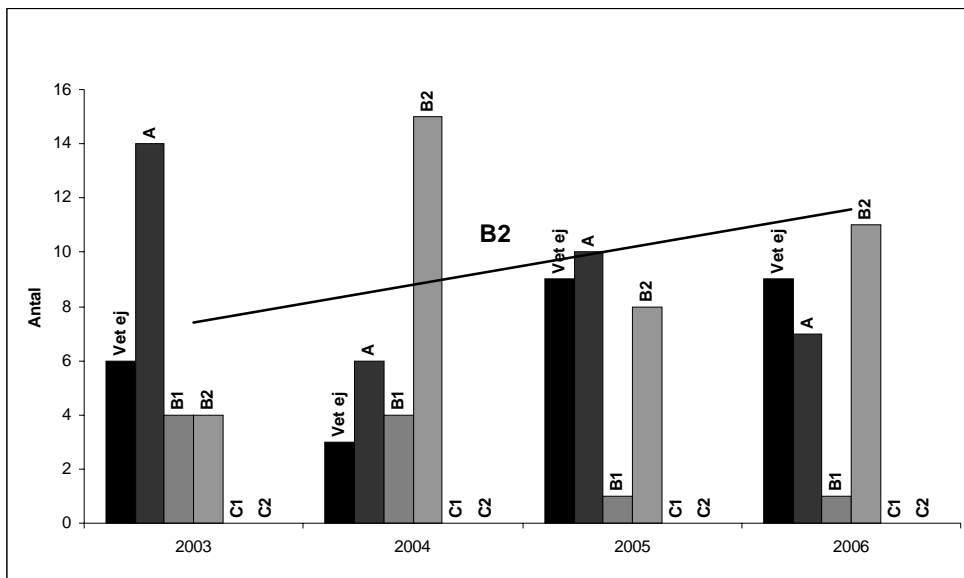
Läraren: Det här blir sopor, men i förnan blir det ju sen jord. Det går runt i ett kretslopp. Hm, stenen, vad tror ni den blir?
 Stefan: Den kommer inte att bli förna.
 Läraren: Vad händer med den då?
 Stefan: Den blir kvar.
 Läraren: Är den alltid kvar i samma form?
 Stefan: Nej.
 Läraren: Kan den bli...större eller mindre? Magnus, vad tror du?
 Magnus: Mindre.
 Läraren: Mindre. Hur kan den bli mindre?
 Magnus: Man slår sönder den.
 Läraren: Om det är ingen som slår sönder den då? Kan stenar gå sönder...
 Sune: Den slipas.
 Läraren: Den slipas, alldeles riktigt. Det gör den ju. Hur blir den större eller mindre då?
 Sune: Mindre.
 Läraren: Okej. Hur kan den slipas? Är det någon som går runt med slipsandpapper och..
 Sune: Nej, nej, nej. När den nu är inne bland en massa jord och sten så slipar ju stenen jorden och alla åh åh.
 Läraren: Ja, alldeles riktigt, det stämmer, Sune. Hur kan den mer bli mindre vad tror Ingvar?
 Ingvar: Nej, men den kan sen slipas om man har den i vatten om man har glas i vatten på stranden så ligger det där och då kan man hitta en glasbit som är så lustig.
 Läraren: Precis. Du menar att glasbitarna är inte vassa när de har legat på stranden. Hur kan den slipas då?
 Ingvar: Av vattnet.
 Läraren: Är det vattnet som slipar dem?
 Ingvar: Eller sanden lite.

- Läraren: Till och med mycket. Vattnet hjälper till men sanden är egentligen den som slipar den. Alldeles rätt, Ingvar. Om den ligger på stranden, men nu gjorde den inte det.
- Otto: Jordbävning.
- Läraren: Jordbävning. Vad händer om där är en liten spricka i den, och så regnar det lite och så blir det jättekallt. Hur förändras vattnet i den här lilla springan? Hur förändras det?
- Otto: Det fryser till is.
- Läraren: Den fryser till is och vad händer med isen, eller vad är det för skillnad på vatten och is?
- Otto: Den tar mer plats.
- Läraren: Isen tar mer plats och vad händer då?
- Otto: Sprängs.
- Läraren: Stenen spricker sönder, går sönder, kanske inte spricker helt och hållet. Men det kanske blir en större spricka och så regnar det mer. Och så blir det kallt igen och vad händer då Stefan?
- Stefan: Spricker igen?
- Läraren: Precis, spricker igen. Och till slut så har den spruckit sönder så som Otto berättade. Så då kan man ju faktiskt säga att den kan bli mindre, Stefan. Eller hur? Hm. Så den kan också brytas ner, förändras.
- Tim: Det kan inte hända plötsligt.
- Läraren: Nej, precis jag kan ju inte bara lägga stenen så här och säga simsalabim och så är den mindre....
- Tim: Man får vänta länge.
- Läraren: Ja, precis Tim, så måste det ju vara att man måste vänta länge. Otto?
- Otto: Det finns en sten som är större än ett hus. Ett sånt där litet hus.
- Läraren: Ja, det finns stenar som är större än hus.
- Stig: Ett berg är ju egentligen en stor sten.
- Läraren: Nu är det ju naturens sopor vi har haft i den här dikten.

Eleverna uttrycker samband mellan *jord* och *liv* t.ex. hur bergarter vittrar och bryts ner till jord. De visar också förmåga att se processer i ett långt tidsperspektiv. Vatten och sand tillmäts funktioner i förändringen av materia, bland annat rent fysikaliska tillstånd som gör att vatten spränger berget och sedan har förmåga att slipa ytorna.

7.1.3.2 Begreppsutveckling av begreppet jord

Kategorisering av enkätsvar beträffande frågan: *Hur bildas kompostjord?* vid fyra tillfällen åren 2003-2006.



Figur 7.12. Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan: *Titta i påsen. Det är jord som jag tagit från en kompost. Hur bildas kompostjord? Rita gärna!* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, kategori B2.

Exempel kategori A av Magnus 2004 och Sune och Ivar år 2005:

Magnus: *Från bananskal och lite andra rester.*

Sune: *Ruttna löv och sånt.*

Ivar: *Från jorden.*

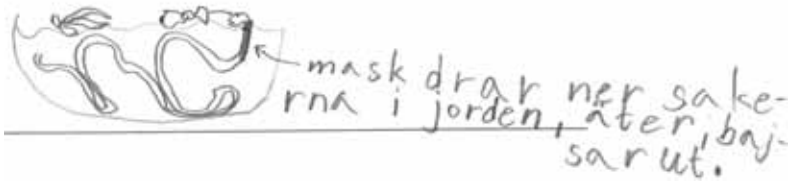
Exempel kategori B1 exemplifieras med enkätutsagor från Anton år 2003 och Pia år 2006:

Anton: *Att maskarna äter upp och bajsar ut det igen.*

År 2005 redovisar Jenny följande enkätutsaga som analyseras till kategori B2.

Jenny: *Maskar äter löv och bajsar ut det. Man ser ju i jorden att det finns rester av blad.*

Ytterligare några exempel från elevernas enkätsvar redovisas nedan.



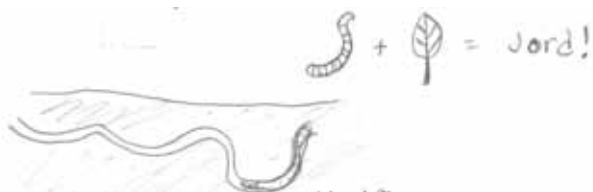
Figur 7.13. Enkätsvar av Yngve år 2003 (B2).



Figur 7.14. Enkätsvar från Stig år 2003 (B2).

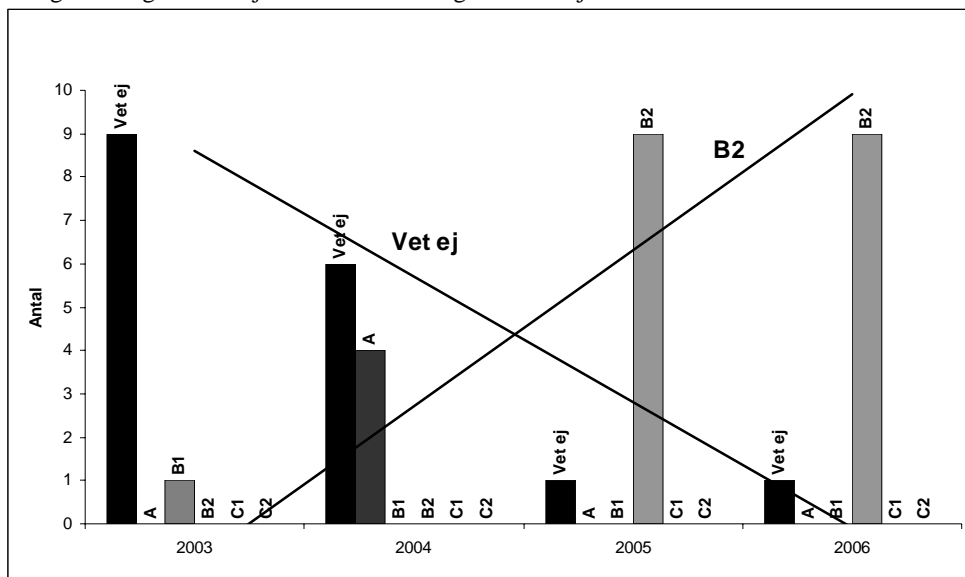


Figur 7.15. Ottos enkätsvar år 2006 (B2) på frågan om hur kompostjord bildas.



Figur 7.16. Enkätsvar (B2) av Yngve år 2006 avseende frågan om hur kompostjord bildas.

Kategorisering av intervjuvar avseende frågan om hur jord bildas åren 2003-2006.



Figur 7.17. Resultatsammanställning av intervjuer i form av samtal om jord och hur det bildas kompostjord. I figuren markeras med trendlinjer också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, B2, samt hur kategorin *Vet ej* förändras över tid.

Nedan följer några exempel från intervjuer.

Hans 2003 intervju (A)

Christel: Är det fler saker man bör sortera?

Hans: Ja, till exempel färgat glas, ofärgat glas, metall, papper och så är det ju sånt där organiskt avfall...

Christel: Vad är det?

Hans: Det är mat men det är inte direkt återvinna... Restavfall finns det också.

Christel: Vad händer med det organiska?

Hans: Ja, det förmultnar.

Christel: Vad blir det sen?

Hans: Jord.

Christel: Vet du hur jord bildas?

Hans: Ja, det är de här djuren i jorden... vad heter det? Jag kommer inte riktigt ihåg vad de heter, men någon var gråsugga. De hjälpte till och kvalster...

Sonja 2005 intervju (B2)

Christel: Hur bildas jord?

Sonja: Mm, det är maskarna som gör det.

Christel: Hur kan maskarna göra jord?

Sonja: De äter det och sen så kommer det ut jord.

Christel: Äter de jord?

Sonja: Nej, de äter växter och löv.

I intervjun uttrycker t.ex. Hans år 2003 samband mellan organiskt avfall kan bli jord och att det finns organismer som maskar, gråsuggor och kvalster, som bidrar till nedbrytningen.

7.1.4 Vatten i vardagen

I kapitel 7.1.1 behandlas begreppet vatten med utgångspunkt från teorin om rent vatten som för det mesta utgör utgångspunkt för lärande i naturvetenskap. I detta avsnitt behandlas vatten som det påträffas i vardagen och de vetenskapliga begrepps nät som används i NO- lärandet (Andersson, 2001; Falkenmark, 1989, 1995). Utgångspunkten är exempelvis avloppsvatten från toaletter, tvättställ, dagvatten från brunnar i gatan med mera och hur dricksvattnet kommer ur kranen.

7.1.4.1 Begreppet vatten i vardagen fångat i videosekvenser över tid

Antalet elever har under årens lopp ökat från 29 till 36 elever. Sekvensen som skildras från 2006 nedan utspelar sig på naturskolan och eleverna har där tillgång till två lärare, de betecknas i dialogen som Lärare II och Lärare III. Eleverna är samtliga samlade under en kort inledning med de båda lärarna, varpå en sekvens som består i att eleverna ska rena nedsmutsat vatten och beräkna vattenflödet i en bäck. Dessa uppgifter utförs i halvklass med respektive lärare.

Del I

- Lärare II: Det vatten du pratar om nu, det går ju också i ledningar och i avlopp. Och då hamnar det på reningsverk. Men det är när det kommer som avloppsvatten.
- Ivar: Avloppsreningsverket.
- Tim: Är det där vattnet sen renas? Är det där vattnet kommer ifrån?
- Lärare II: Nja, inte riktigt. Det vattnet här var kommer det ifrån?
- Yngve: Avloppsreningsverket.
- Lärare II: Nej, det gör det inte. Nej, var kommer det vattnet ifrån? Nej, det gör det inte.
- Elev: Vattenreningsverket.
- Lärare II: Ja, precis, vattenreningsverket.
- Lärare III: All anledning till att göra det på samma ställe. För var rinner det sen? Vi är kanske inte i bäcken så ofta själva. Var rinner det sen om vi går vidare?
- Ingvar: I bäcken.
- Lärare III: Vi kanske inte är i bäcken så ofta själva. Men vart tar vattnet i bäcken vägen?
- Magnus: I havet.
- Lärare III: Precis. Så badar man i detta. Och ibland så är det så att vid badet däruppe så ...ja där är skum i havet, och det är när det har varit lite vatten en tid så att det är massor med skum från biltvättar som har samlats i rören. Och så kommer det ett skyfall och så schhhhh. Kommer allting ut och det blir rena skumbadet däruppe. Så att det är fler än fiskarna i bäcken som tar stryk.

Del II

Följande sekvens utspelar sig i halvklass.

Elevernas uppgift är att rena nedsmutsat vatten till rent vatten med olika metoder. Deras uppgift är att avgöra i vilken ordning de ska använda olika metoder de kommer på för att det nedsmutsade vattnet ska bli så rent som möjligt. Därefter utför de sina ställningstaganden och får själva bedöma resultatet.

- Tim: Det är inte förorenad sand. Det är sten. Här är sand. Vi ska rena vattnet.
- Lärare II: Hur tror ni det kan bli rent? Man kan sila det ja, och mer?

Eleverna arbetar med reningen. Lärare II går runt och ställer några frågor till eleverna angående deras tillvägagångssätt.

- Lärare II: Har ni någon idé?
Otto: Ja, vi ska börja med silningen sen sanden och sist filtreringen.
Hans: Kolla så sakta det går. Det kommer ta hela dan alltså.
Läraren: Precis allt behöver inte rinna igenom.

En avslutande diskussion på slutet av övningen ger följande uttalanden av eleverna.

- Lärare II: Hur bar ni er åt nu för att få det smutsiga vattnet rent?
Karin och Linda: Först sil, sen sand sist kaffefilter.
Maria: Sil, sand och kaffefilter.
Lärare II: Lyckades ni?
Maria: Till skillnad från början så har vi lyckats fantastiskt.
Karl: Först sil som tog bort det största, sen tog vi sand sen var det var klart så blev det lite då ölfärgat så.

Del III

- Lärare II: Alltså, man har räknat ut det här hur mycket man använder i genomsnitt per dag och person. När man gör allt det här. Man borstar tänderna, man går på toa, man dricker, man tvättar händerna man badar man duschar. Sen fattas något tycker jag, i och för sig... Vad kan det vara? När vi dricker så behöver vi... När vi gör, när vi lagar..
- Ivar: Mat.
Lärare II: Mat?
Ivar: Ja, mat.
Lars: Men det gör inte vi.
Lärare II: Men får du soppa i skolbetspisingen så är det nog vatten där. På så sätt använder vi ju vatten.
Lärare II: Hur mycket vatten tror ni man använder i genomsnitt per dag?
Östen: 10 liter.
Stig: 200 liter. Ungefär.
Lärare II: 200 liter. Ett badkar är ungefär 200 liter. Det visste ni om, det har ni hört någon annan gång, tar du ett bad har du använt cirka 200 liter och lägger du på så blir det ännu mer men i snitt har vi använt 200 liter. För alla badar ju inte varje dag. Det här med mat och dricka och så, hur mycket behöver kroppen per dag för att må bra?
- Peter: 10 liter
Lärare II: 10 liter? För båda att dricka och som finns i maten också? 10 liter? Det sa du va? 10 liter? Dricker du så mycket på en dag?
- Peter: Ja.
Ivar: Vet du hur mycket 10 liter är?
Peter: Ja, men jag dricker så mycket.
Lärare II: Det känns kanske så. Vad säger du?
Östen: Jag säger ... du sa allt på hela dagen?
Lärare II: Ja, som du får i dig.
Östen: Får i mig...
Östen: 2 liter?
Lärare II: Ja...
Björn: 4 liter.
Lärare II: Ja, alltså, man räknar ca 2,5 liter. Ungefär 2,5 liter bör man ha i sig per dag. En annan sak jag tänkte på. Vi behöver ha i oss rent vatten. Hemma så får ni ju rent vatten från kranen eller hur? Om det skulle ta slut i kranen, skulle man kunna fixa rent vatten hemma ändå?

- Stefan: Om man kokar det?
- Lärare II: Ja, men om det inte kommer något vatten från kranen. Om man inte har något vatten hemma hur skulle man kunna få mer vatten?
- Mikael: Man skulle kunna ta det från frysen, fruset vatten.
- Lärare II: Ja. Du menar is?
- Mikael: Ja.
- Lärare II: Finns det något annat ställe?
- Bob: Från brunnen.
- Lärare II: Brunn kan det finnas också. Något mer förslag?
- Östen: Från grannen.
- Lärare II: Men grannen har inte. Grannen har nog också slut. Om du har slut i dina kranar så har nog grannen också det. Jag menar att det har sinat i alla kranar där du bor.
- Otto: Om man har avloppsvatten och om man kokar det, kan man dricka det då?
- Lärare II: Nja, det är inte säkert. Det kan vara mycket kvar. Det är inte säkert att alla bakterier dör för att man kokar det. En toastol, om man tänker sig en sådan så finns det ju vatten på två ställen, har ni tänkt på det?
- Eleverna: Ja.
- Lärare II: Då finns det vatten här uppe och här nere. Det här nere kan man inte rekommendera att dricka men det häruppe, är helt rent det vatten. Det har ju aldrig kommit i kontakt med det smutsiga.
- Stig: Då skulle man ju kunna ha avloppsvatten där istället. Man kan spara på rent vatten. Det är ju slöseri med rent vatten. Om man duschar skulle man ju kunna använda det vattnet där istället som är rent vatten.
- Lärare II: Jag menar så rent så man kan dricka det.
- Lärare III: Men det är så, att det du pratar om nu, är något man funderar väldigt mycket på. Att använda alldeles rent fint dricksvatten till att spola på en toalett med är egentligen slöseri. Precis som du säger, Stig. Det finns de som säger att duschvatten det ska vi samla upp och sen använda det att spola på toaletten. För det är ju nästan rent ju. Då kallar man det för *gråvatten* då. Man kan inte dricka det men man skulle kunna använda det för spolningen. Det är en jättebra idé.
- Lärare II: Men inte dricka det.

Begreppsväven kring *vatten* i NO-undervisningen förändras från rent naturvetenskapliga kausala samband till hur vatten används i samhället. Eleverna diskuterar användningen av vatten och gör uppskattningar av mängden vatten de tror sig förbruka varje dag. Även tekniska begrepp om vattenrening används. De initierar problemen med hur avloppsvatten kan bli rent genom kokning och hur man kan tänka sig använda *gråvatten* för toaletten.

Del IV

Dialogen fortsätter ute vid bäcken i naturskolan. Diskussionen behandlar frågan om var vattnet i bäcken kommer från och konsumtionen av vatten per capita i kommunen. Eleverna får i uppgift att beräkna vattenflödet i bäcken.

- Lärare III: Vad är det då för vatten som kommer i bäcken?
- Tim: Dricksvatten.
- Lärare III: Hur då menar du?
- Tim: Sånt som kommit när det regnar.
- Lärare III: Ja, det är regnvatten som förr eller senare kommer ner här. Då är det så att på asfaltsytor och hängrännor och stuprännor och sånt det vattnet så rann det ju ibland ner till reningsverket. Men ibland så rinner det ut i bäckarna här. Så att på asfaltvägar här omkring åker regnvattnet ut i bäcken och då blir det ibland jättemycket vatten. Sen är det ju sånt vatten också som trillar ner på jorden. Hur kommer det ner till bäcken?
- Hans: Genom marken.

- Lärare III: Ja. Då har vi olika sorters vatten. Det finns två olika namn på dem. Jag undrar, kommer ni ihåg de? Vad heter sånt vatten nere i marken som är djupt ner där?
- Magnus: Grundvatten.
- Lärare III: Grundvatten. Bra. Och sånt vatten som rinner ovanpå asfaltsytor och sådant. Det hade också ett speciellt namn när man pratade om det. Liksom det "går i dagen" säger man. Alltså det syns ofta.
- Mikael: Dagsvatten.
- Lärare III: Ja, nästan. Dagsvatten kallar man det. Jag tror vi talade om det på en annan utflykt om sådana här dammar och sådant. Som man samlar och det är ju dagsvatten. För att inte allt ska rinna ner i bäcken på en gång och göra så att skogen nästan försvinner. Det har ni sett när det kommer riktiga stormregn. Då samlar man vattnet i de här dammarna och låter det sen sakta rinna ner i bäcken. Det kallar man för dagsvatten.
- Lärare III: Idag hade jag tänkt att ni skulle ta reda på: *Hur många badkar som rinner genom bäcken idag?*
- Stig: Fyra. Hur många har du med dig?
- Ivar: Fem?
- Lärare III: Jag hade ju inte tänkt mig att det skulle vara färdiga badkar idag.
- Bob: Badkar flyter inte.
- Lärare III: Nej. Men hur var det nu, hur många liter vatten rymdes i ett badkar?
- Otto: 20 liter.
- Bob: Cirka 200 liter.
- Lärare III: 200 liter. Och det var intressant eftersom 200 liter är lika mycket som?
- Maria: Vi använder?
- Lärare III: Ja, som vi använder per dag.

Eleverna får i uppgift att mäta längd och tid. De bestämmer djupet i bäcken. Elevernas uppgift är att så småningom kunna beräkna antalet badkar som rinner i bäcken per sekund, d.v.s. hur lång tid det tar för bäcken att ge ett flöde på 200 liter. Grupperna delas in av klassläraren. Läraren och eleverna enas om att räkna med att bäcken är en decimeter djup. Efter att de mätt upp bäckens bredd och den sträcka pinnen hunnit förflytta sig på tio sekunder. Hans, Bob och Magnus har en pinne som hunnit 26 decimeter på tio sekunder. De har också med ett måttband mätt bäckens bredd till 25 decimeter.

Del V

I klassrummet i anslutning till naturskolan fortsätter beräkningen i halvklass och eleverna redovisar och reflekterar över sina resultat. Svaren varierar från 500 till 1 100 liter per 10 sekund och deras medelvärde uppskattas till 70 liter per sekund.

- Lärare III: Hur mycket blir det på en sekund. 700 liter på 10 sekunder. På en hel sekund blir det då?
- Maria: 70 liter.
- Klas: 70 liter per sekund.
- Lärare III: Hade vi kunnat fylla ett badkar på en sekund?
- Bob: Ja. Nej! Men nästan.
- Lärare III: Hur många sekunder hade vi behövt?
- Bob: Tre.
- Lärare III: Tre sekunder. Ett badkar är lika med tre sekunder. Var det någon som trodde att vi skulle kunna få det så fort? Det blir rätt mycket. Som rinner igenom faktiskt i bäcken. Faktiskt. Det blir en, två, tre och så är det ett badkar och vi fick. Alltså är det bra värden här, så det tycker jag att ni har varit duktiga. För det här visar ju att ni har gjort noggranna mätningar. Ja. Och på en minut. Hur många människor hade kunnat klara sig på en minut?
- Maria: Va?

Lärare III: Hur många människor...hur många badkar hade jag kunnat fylla på en minut? Jag tänkte ju på 200 liter, som vi använder per människa. Ett badkar använder ju jag. Ja, hur många människor hade kunnat fylla sina badkar på en minut? Hur många sekunder går det på en minut?

Eleverna: 60.

Lärare III: 60. Och tre i 60 går....Stig?

Stig: 20.

Lärare III: 20 badkar på en minut. Och på en timme blir det...1 200 va? På en timme. Så det hade ju aldrig räckt till alla människorna i kommunen Och 24 gånger det så får vi kanske 30 000 badkar. Nej, räknade jag rätt nu? 3 000. 3 000 badkar. 3 000 människor hade kunnat få sitt vatten här från bäcken. Hur många bor det i kommunen?

Bob: Cirka 250 000.

Lärare III: Nej, det är Malmö.

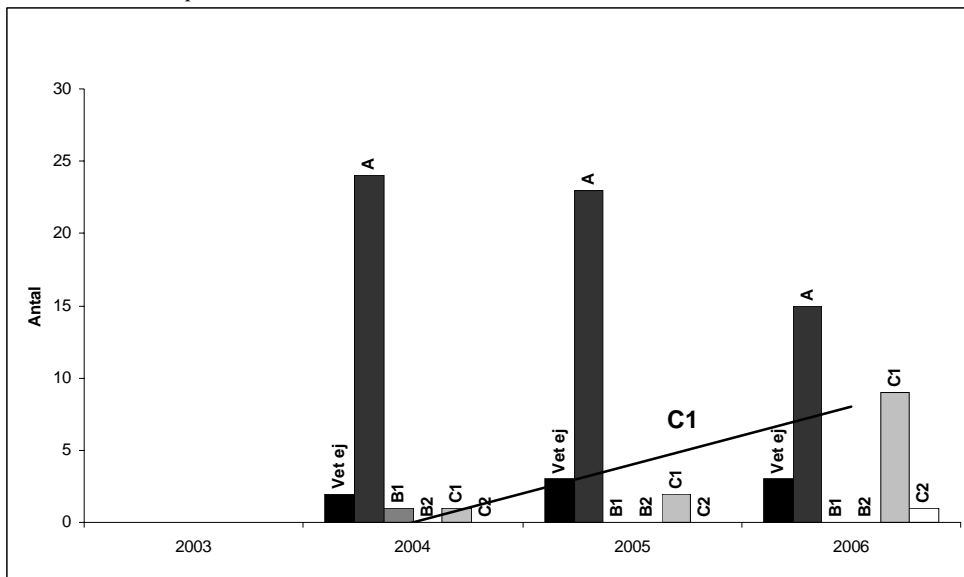
Bob: Ah, 125 000.

Lärare III: Ja, 119 - 120...så det räcker kanske till 3000 människor men inte till alla. Okej....ni har varit duktiga.

7.1.4.2 Begreppsutveckling av begreppet vatten i vardagen

I studien omfattar begreppet *Vatten i vardagen* avloppsvatten och kranvatten.

Nedan följer kategorisering av enkätsvar avseende frågan: *Vad händer med innehållet i toastolen när du spolar?* vid tre tillfällen åren 2004-2006.



Figur 7.18. Resultatsammanställning av enkätsvar åren 2004-2006 beträffande frågan: *Vad händer med innehållet i toastolen när du spolar?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga samband som även är relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C1, med en trendlinje.

Exempel kategori A från enkäter:

Per: Kommer till ett reningsverk.

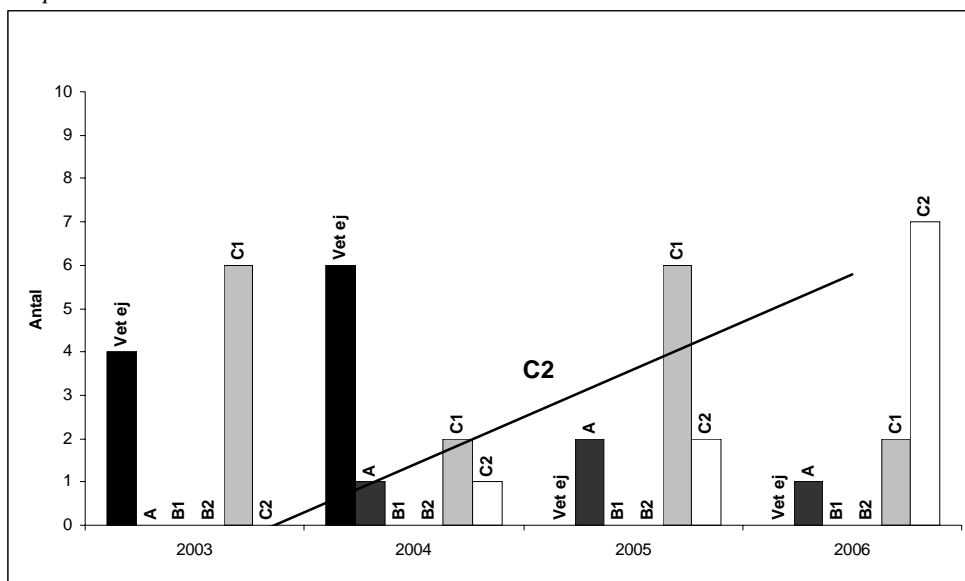
Pelle: *Det försvinner.*
Ingvar: *Det förs ner i en kloak.*

Exempel från enkäter kategori C1 år 2006:

Stefan: *Det åker till reningsverket och renas.*

Maria: *Det kommer till reningsverket, sen blir det bra vatten där igen.*

Kategorisering av intervjuvar avseende frågan: *Vad händer med innehållet i toastolen när du spolar?*



Figur 7.19. Resultatsammanställning från intervjuer åren 2003-2006 i form av samtal om vad som händer med innehållet i toastolen när du spolar. I figuren markeras med en trendlinje också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang även relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C2.

Exempel i intervjuerna från kategori A år 2004:

Jenny: Till reningsverket.

Exempel från kategori C1 från Sonja och Ivar år 2003:

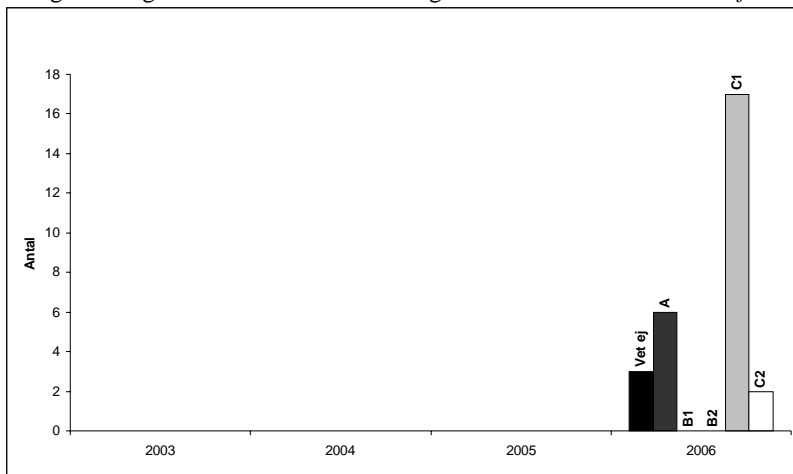
Sonja: Till en fabrik som rengör det.

Ivar: Rinner i rör sen går det ner till dem som jobbar med det. Sen gör de något så blir det rent, sen gör de något.

Exempel från kategori C2 illustreras i intervjuerna av Karl år 2006:

Karl: Det kommer till ett reningsverk. Där renas vattnet. Det går i olika steg i olika bassänger. Det är kryp som äter bakterier som var i vattnet. Först åker det smutsiga vattnet genom en stor sil.

Kategorisering av enkätsvar avseende frågan: *Var kommer kranvattnet från?* år 2006.



Figur 7.20. Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 beträffande frågan: *Var kommer kranvattnet från?*

Exempel från enkäter:

Kategori A illustreras av Östen och Maria år 2006:

Östen: *Avloppet.*

Maria: *Alla brunnar i stan.*

Utsagor från Stig och Bob år 2006 har analyserats som kategori C1:

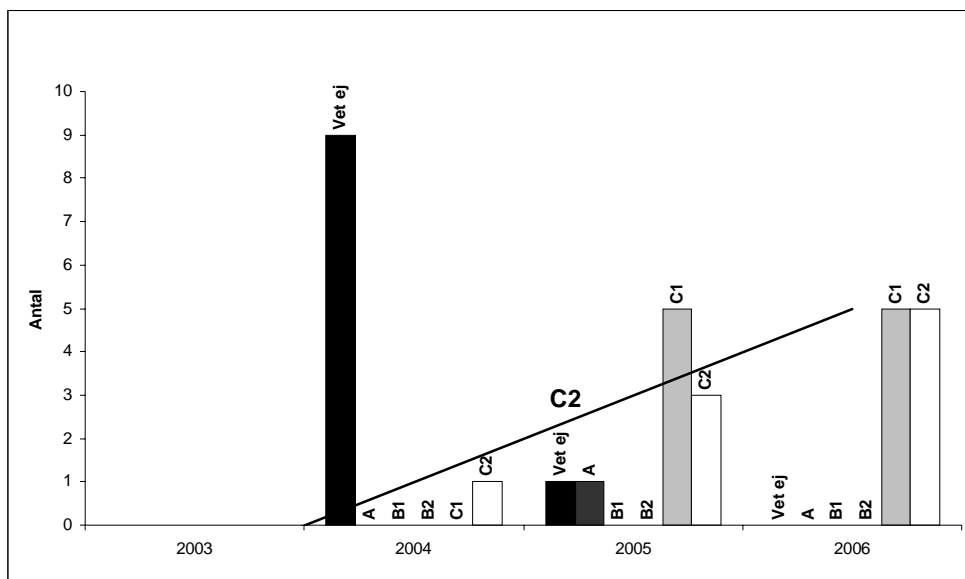
Stig: *Från ett reningsverk tror jag.*

Bob: *Det kommer från Bolmen eller reningsverket.*

C2 exemplifieras med Karl år 2006:

Karl: *Först kommer det från havet sen kommer det genom stora rör under marken till ett reningsverk sen kommer det genom rör till våra kranar.*

Kategorisering av intervju svar beträffande frågan: *Var kommer kranvattnet från?* åren 2004-2006.



Figur 7.21. Resultatsammanställning från intervjuer i form av samtal avseende frågan: *Var kommer kranvattnet från?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang även relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C2, med en trendlinje.

Exempel från intervjuer om *Var kommer kranvattnet från?*

Kategori A representeras av Ivar år 2005:

Ivar: Från havet.

Kategori C1 exemplifieras i följande intervju med Mary också år 2005:

Christel: Var kommer kranvattnet från?

Mary: Det kommer från sjöar och sen till vattentornet.

Även Otto tilldelas kategorin C1 i intervju år 2005:

Christel: Vad händer med innehållet i toastolen när du spolar? Vart tar det vägen?

Otto: Det åker i avloppet så att det vad heter det hamnar på reningsverket.

Christel: Vad gör man på reningsverket?

Otto: Man renar vattnet.

Christel: Och vart tar det vägen sen?

Otto: Det åker väl till en ledning igen och sen kommer det upp i kranen.

Christel: Och det man renat bort, det som inte var bra, vad händer med det?

Otto: Det blir nytt vatten. Man renar det jättemycket och sen ja...så kan man dricka det igen.

Varifrån vattnet i kranen kommer exemplifieras genom följande intervjuutdrag.

Kategori C1 exemplifieras av Sune år 2006:

Sune: Från reningsverket. Nej, först från en sjö i Småland, Bolmen.

Kategori C2 illustreras genom Otto år 2006:

Otto: Reningsverket och innan dess Bolmen... eller himlen. Det har regnat ner eller så har det runnit i någon bäck som har runnit ut i Bolmen. Det är sötvatten. Så man kan dricka det. För man kan inte dricka saltvatten för. Ja. Nej. Det är sånt, man måste ha något speciellt där.

Hans tillhör år 2006 C2-kategorin genom:

Christel: Var kommer kranvattnet från? Om det har regnat ner på marken vart tar då det vattnet vägen?

Hans: Antingen åker det ner i en flod eller så åker det upp i luften eller ner i havet eller ner i marken.

Christel: Vart tar det vägen sen?

Hans: Ja, sen åker det under marken och så är där såna källor sen åker det ut i havet. Sen rengör man det. I såna kraftverk. Sen in i våra kranar i duschen.

Eleverna utvecklar betydande begreppsnät om vatten i vardagen. De använder och utvecklar flera tekniska begrepp som är relaterade till hur de själva använder vatten. Det är en tydlig indikation på hur nya begrepp kommer in i lärandet i åk 5 jämfört med åk 3 och 4. I studien har jag fångat upp begreppen först när eleverna börjar använda dem. De uttrycker också uppfattningar om hur vattnet tas om hand när det blir förorenat och kan återgå till dricksvatten. Hur mycket vatten som förbrukas i vardagen är också en fråga som kan uppskattas och beräknas. Matematiska begrepp och operationer är också en del av NO-lärandet. Sekvenserna visar på naturvetenskapliga, samhällsvetenskapliga, miljövetenskapliga och tekniska begrepp som utvecklas för lärandet i NO inklusive de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling.

7.1.5 Gifter

Gifter är ett begrepp som kan användas som vardagsbegrepp, men det är också ett allmänt vetenskapligt begrepp inom *toxikologin*. Toxiska ämnens eller gifters påverkan på naturliga system eller samhällets antropogena system är av betydelse i NO-lärandet och lärandet i miljö för hållbar utveckling (Falkenmark, 1995).

7.1.5.1 Begreppet gifter fångat i videosekvenser över tid

Gifter, eller med en vetenskaplig term toxiska ämnen, används här som ett samlat begrepp för ämnen som utgör belastningar i mark, vatten, luft och levande organismer. Här behandlas hur gifter sprids i vatten och luft och anrikas i näringskedjor i kretsloppen. Begreppsnäten om gifter omfattar också den atomära och molekylära nivån och olika effekter som giftiga ämnen kan medföra.

Följande sekvens utspelar sig under NTA-temat *Förändringar* i klassrummet, NO-salen vårterminen 2004. Vatten som ett transportmedel och lösningsmedel är föremål för den av läraren planerade lektionen som äger rum i samband med genomgången om blandningar som t.ex. salt blandat med vatten.

Giftiga ämnen är ofta lösliga i vatten, vilket innebär att följande sekvenser ansluter till vattnets kretslopp.

Del I

- Läraren: Åker giftet med vattnet när vattnet avdunstar eller stannar det kvar? Vad tror Sune?
Sune: Alltså giftet det kanske inte ...alltså gift, jag tror inte det kan avdunsta. Jag tror att det kommer stanna kvar.
- Läraren: Jättebra! Men vad händer om alla länder släpper ut gift i havet?
Sune: Då blir det katastrof.
Läraren: Hur då menar du?
Sune: Ja, man kan ju inte få något vatten till exempel.
Läraren: Hur då?
Sune: Ja, fiskarna kan inte leva.
Läraren: Fiskarna kan inte leva. Varför kan inte de leva?
Sune: För att de blir förgiftade såklart.
Läraren: De blir förgiftade ja. Men vad sa du, man kan inte få något vatten?
Sune: Ja, det är förgiftat ganska mycket så då är det ju...
Läraren: Men vad händer med vattnet? Giftet blev kvar på botten och vad händer med vattnet om det kommer sol på vattnet?
Sune: Oj, då blir det nog ännu värre.
Läraren: Det blir ännu värre menar du?
Sune: Ja, jag tror att giftet sprids på något sätt. På ett ställe liksom. Det är nog lite...
Läraren: Jaha, okej. Mm.
Sune: Om vi nu säger att bensin var gjort av *molekuler*, molekyler så skulle det bli fler molekyler liksom.

Begreppsutvecklingen om gifter förutsätter också ett mikroperspektiv med atomer och molekyler som utgångspunkt. I anslutning till de videoupptagna sekvenserna avseende vattnets kretslopp (se kapitel 7.1.1.1) inleder eleverna tillsammans med läraren en dialog med vatten beskrivet som bestående av molekyler. Fortsättningsvis handlar dialogen om hur gifter som t.ex. olja kan sprida sig från atmosfären till geosfären och hydrosfären.

- Sune: Det var så mycket så jag kommer inte ihåg vad jag sa.
Läraren: Ja, det var mycket som du sa. Det stämmer. Det här med giftet när det kom ner...i vattnet så stannade det ju kvar där ner ju. Det var vi överens om va? Mmm. Sen om solen lyser så har vi kommit fram till att då avdunstar ju vattnet. Då åker det upp i luften och genom molnen regnar det ner, vattnet igen. Det har vi ju sagt innan ju. Men du sa att vattnet blev skitigt. Och det blir det ju när det är i havet där ju.
- Sune: Ja.
Läraren: Men är det skitigt när det avdunstar och liksom blir gas?
Sune: Det var en bra fråga.
Läraren: Ja, vad tror du Sune? Tror du att det är skitigt precis när det avdunstar?
Sune: Ja, lite tror jag att det är. Jag tror att det finns lite kvar.
Läraren: Du tror att det finns lite gift kvar när det avdunstar?
Sune: Ja.
Läraren: Mm. Det är faktiskt så här att precis då när det avdunstar så är det som allra renast. I vattnets kretslopp. Det kommer ni ihåg hur det gick runt va?
- Tim: Ja!
Läraren: Precis när det avdunstar så är det som allra renast. Men molnen kan bli skitiga. Hur kan de bli skitiga? Sune?
Sune: För giftet åker ju upp bland molnen. Eller åker upp i molnen och blir ju till moln.
Läraren: Hur menar du då?
Sune: Ja, vattenånga blir ju till moln.
Läraren: Ja, är vattenånga giftigt då?
Sune: Nej, men om det är gift i det så blir det giftigt.

Läraren: Ja, men giftet följde ju inte med upp i molnen.
Sune: Nae.
Läraren: Hur kommer giftet till molnet då?
Sune: Hm.
Läraren: Var kan giftet komma ifrån om det är gift i molnet?
Ingvar: Från skorstenar, från fabriker.
Läraren: Alldeles riktigt. Är det då fast gift eller vätska eller vilken form är det då giftet kommer i? Vad föreslår Lars att det är för form?
Lars: Gasform.

Samtidigt föreslår en annan elev, nämligen Ingvar;

Ingvar: Rund form.

Läraren uppmärksammar detta på följande sätt.

Läraren: Alltså, du tänker att röken har en speciell form, som t.ex. den här. (Hon visar upp en elevs rektangulära pennskrin). Är det så du tänker när du säger att den har rund form?
Ingvar: Ja.
Läraren: Röken har ju olika slags former hela tiden när den kommer ut (hon gestikulerar och viftar med sina händer för att symbolisera den geometriska formen för röken). Men det är ju gasform i det här fallet. Vi hade ju tre former, fast, vätska och gas. Alldeles riktigt Lars, gasform.

I sin reflektion säger läraren följande beträffande Ingvars svar på frågan vilken form gas har.

Läraren: Han tar ett geometriskt uttryck som cirkel.

Hon uppmärksammar hur det ibland dyker upp begrepp och ord som lärare kanske tar som självklart, men är alla verkligen med?

Dialogen fortsätter:

Läraren: Det är riktigt Lars det är gasform. Och vad händer sen med de små giftprickarna som finns i gasen?
Stig: De åker upp i molnen.
Läraren: De åker upp i molnen.... Och fastnar på...På molnen. Vad är nu moln för någonting? Vad är nu moln för något? Karl?
Karl: Vatten.
Läraren: Då kan ju giftet fastna där. Då kan det bli jättefrätande. Är det någon som har sett en staty som har varit urgröpt eller förstörd. Har du sett det någon gång? Stig?
Stig: Nej.
Sune: Giftet kan komma ner i grundvattnet.
Läraren: Giftet kan komma ner i grundvattnet...Hur kan det komma ner i grundvattnet?
Sune: Sjunker genom marken.
Läraren: Ja, dropparna kan ju sjunka genom marken. Du menar att gasen fastnar då på molnet och sen kommer det med i droppen och så kommer den ner på marken och sen följer det mer ner i grundvattnet?
Sune: Kanske.
Läraren: Det kan faktiskt bli så, alldeles riktigt. Men det var något annat. Bob?
Bob: Jag har sett sådana statyer.
Läraren: Du har sett sådana statyer?
Bob: Ja, de var gjorda av is, de höll på att smälta.
Läraren: De är gjorda?

Bob: De var gjorda av is. Och de höll på att smälta.
Läraren: Okej. Berodde det på att det var gift?
Bob: Nej.
Läraren: Vad berodde det på?
Bob: Att det var varmt.
Läraren: Precis.

Eleverna använder inledningsvis vardagliga begrepp men övergår till att använda naturvetenskapliga begrepp, samband och sammanhang som t.ex. avser vattnets rena kretslopp. Efter hand kan noteras hur de fogar in frågor om vad som händer om vattnet är förorenat av exempelvis ämnen som kan vara giftiga. Eleverna ser också att föroreningar och gifter kan skiljas ut från det förorenade vattnet samtidigt som deras begrepp ger uttryck för gifternas effekter. En elev uttrycker också att giftet kommer ner i grundvattnet och sjunker genom marken.

I *stimulated recall* beskriver NO-läraren pendlingen mellan mikronivå och makronivå, efter att hon tagit del av ovanstående sekvens.

Christel: Hur tycker du att växlandet mellan makro- och mikronivå fungerar?
Läraren: Jag tänker inte så mycket på det faktiskt. Jag skulle kunna betona det lite mer i vissa lägen. Nej, det har jag inte tänkt så mycket på. Hur det återknyts och vad man bestämmer sig för att ta upp tror jag mycket är upp till varje enskild lärare. Jag växlar, det ser jag här på bandet, en del ...och det gör jag automatiskt.

Lärarens ytterligare reflektioner kring avsnittet med giftet:

Läraren: Tanken jag hade var ju också att de skulle få förståelse kring att giftet färdas med hjälp av vatten. Vattnet tar med sig småpartiklar. Sånär efteråt ser jag hur jag kunde ha kopplat mikronivå och makronivå här med hur färgpartiklarna vandrade när vi gjorde kromatografi.

Del II

Under en utomhuslektion på stranden höstterminen 2004 genomförs följande lekmoment, *Giftleken*, som NO-läraren ser som en utveckling av leken med hoppstjärnorna och spindlarna. Leken introduceras med fiskar och fåglar med hjälp av stora bilder av djuren som eleverna sätter fast på kläderna för att illustrera olika djur. Begreppen och sambanden i orden näringskedja och näringspyramid repeteras.

Läraren: Såja, nu ska vi skriva en näringskedja.
Östen: Nu igen?
Läraren: Är det någon som kan berätta en näringskedja hur den kan se ut?
Sune: Man hade lövet, och man kan ha spindlar och fåglar...och så äter maskarna.
Bob: Och lövet kan bli jord när masken äter.
Läraren: Alldeles riktigt Bob och Sune. Nu ska vi låtsas att det här är små, små djur. Ute i havet eller i en sjö. Och vem kan då tänkas kaka dem?
Yngve: Vi eller små fiskar.
Läraren: Små fiskar, riktigt. Vem kan kaka de små fiskarna?
Yngve: Större fiskar.
Läraren: Alldeles riktigt, större fiskar! Och vem kan äta den stora fisken?
Pelle: Jag kan det. Björnen.
Läraren: Ja, det hade vi kunnat tänka oss, men...alldeles riktigt. Nu hade jag ingen björn här men jag har ett annat djur.
Bob: Människan. En fågel.

Läraren: Ja, jag har en fågel med mig alldeles riktigt en fiskgjuse.
Yngve: Men hajar kan också äta.
Läraren: Mm. Nu vill jag att ni skriver ner den här näringskedjan eller ritar den här näringskedjan och då vänder ni på sidan. Så kan ni rita där.
Läraren: Det går bra att skriva eller rita. Som överskrift blir det då näringskedja. Näringskedja, som överskrift.
Per: Var ska jag skriva?
Läraren: Det får du själva avgöra var du tycker det blir bäst. Är det någon som har en penna för lite? Jag har en här Per.
Per: Får man lov att skriva det?
Läraren: Ja.
Elever i kör: Fröken, kan vi inte bada?
Läraren: Inte ännu vi får se, i så fall i slutet.
Läraren: Har alla ritat näringskedjan nu?

Läraren bokstaverar näringskedja för någon elev som har problem med stavningen.

Anton: Vad hette den?
Läraren: Fiskgjuse.
Ivar: Ska man rita dem?
Läraren: Man kan rita en stor fågel.

Läraren väntar till de är klara.

Läraren: Jaha, då var det nästa. Om vi ska göra en näringspyramid, hur skulle jag då göra den här?
Tim: En pyramid.
Läraren: Mycket smådjur behövs och sen då?
Otto: Fröken, gäddor äter småfisk...
Läraren: Okej, då behöver jag all koncentration hit. Tim har gjort en näringspyramid, han har massor med smådjur härnere, sen har han fyra stycken små fiskar men bara tre gäddor.

Paus

Läraren: En gädda äter mer än en småfisk och så har han bara två fiskgjuse, hur hänger det ihop då? Och sen på toppen en människa. Alltså färre djur desto högre upp i näringspyramiden. Var får smådjur sin mat ifrån?
Otto: Växterna.
Läraren: Men växterna var får de sin mat ifrån?
Anton: Ljuset solen.
Läraren: Ljuset. Solen, alldeles riktigt och så lite vatten.

Några elever: Fröken, vad håller du på med, alltså hon är inte klok, man får inte skräpa ner i naturen....

Läraren strör ut pasta med olika färger inom en utmätt ruta på 75-100 kvadratmeter på stranden.

Läraren: Jag behöver er koncentration, allas! Här är en massa smådjur här och småfisk (hon placerar ut bilder som illustrerar olika arter av fiskar och fåglar). Då ska vi se.

Läraren samlar in deras papper och pennor och går därefter igenom instruktionen för leken.

- Läraren: Så, ja. Vad blev du Sune? Allas koncentration. Som ni ser finns där massor med småfiskar där borta. Ni tre killar får också vara småfiskar. Jaha, jag väntar fortfarande undrar om det är klockan tre eller fyra ni kommer hem idag, Vi har några stora fiskar också, en två, tre, fyra, fem sex....Ni ställer er där. Ni småfiskar får stå i ett rakt led, de vill såklart äta av de små djuren. Det ska de lägga i sin magsäck. (Läraren ombesörjer att påsar delas ut). Alla koncentration, igen.....Då väntar jag på tjejkarna. Då är det de små fiskarna som äter av de små fiskarna, vem tror ni vill äta de små fiskarna?
- Yngve: Gäddorna.
- Läraren: Ja, de stora fiskarna och vem äter de stora fiskarna. Ja, de stora fåglarna som där är två stycken. Alla småfiskar har 30 sekunder på sig att samla så många smådjur d.v.s. mat i sin magsäck, påse. När det gått 30 sekunder, när jag busvisslar, får gäddorna komma in och de har 15 sekunder på sig att ta så många småfiskar som möjligt och de får deras magsäck. Småfiskarna sätter sig när de är tagna utanför banan. Jag är fortfarande inte färdig. Jag räknar till 30 först och småfiskarna får ta så mycket smådjur de kan. Sen när jag busvisslar går gäddorna in och tar så många småfiskar de kan, gäddorna har spanat in var de är och bara nafsar dem åt sig. Gäddorna får er magsäck och småfiskarna sätter sig utanför. Efter det, gäddorna har 15 sekunder på sig att äta så mycket småfisk som möjligt, och efter det visslar jag en gång till och då kommer fiskgjusen och de vill bara äta gäddor och de har tio sekunder på sig att äta dem. Småfiskar kan inte rädda sig genom att stå stilla eller så, inte gäddorna heller.
- Läraren: Hur ska leken börja?
- Elever: Klara färdiga gå!
- Hans: Först i 30 sekunder äter fiskarna mat och sen kommer gäddorna ut!
- Läraren: Och sen då?
- Hans: I 15 sekunder kommer gäddorna in och tar småfisk och deras påsar.
- Läraren: Och vad händer efter de 15 sekunderna?
- Hans: Då kommer fåglarna in!
- Läraren: Ok, vad måste ni gäddor göra i alla fall?
- Tim: Fortsätta äta.
- Läraren: Precis, alldeles riktigt.
- Läraren: Är gäddorna redo?
- Elever i kör: Ja!
- Läraren: Är små småfiskarna redo?
- Elever i kör: Ja!
- Läraren: När jag börjar räkna på *ett* så får småfiskarna komma in.
- Läraren: Ett-två-tre- fyra..... tolv-tretton....trettio
- Elever: Ah, oh.....
- Läraren: Ett två-tre-fyra –fem o.s.v.
- Läraren: Tolv-tretton-fjorton-femton.
- Läraren: Yngve, du är tagen. Hur många småfiskar klarade sig? En- två. Tre småfiskar klarade sig. Bra! Då kan ni stanna där i mitten. Hur många gäddor klarade sig? Fyra stycken. Hur var det med fiskgjusen. Fick ni någon mat?
- Eleverna: Ja!
- Läraren: Bra! Då vill jag att ni tittar i era påsar. Alla småfiskar, ni räknar hur många makaroner ni har hittat!
- Mary: Alltså fröken, ska vi räkna tillsammans?
- Läraren: Nej ni räknar det ni själva fått.
- Tim: Han fuskar!
- Ivar: 37, 29, 39.
- Läraren: Killar och tjejer. Då är det lystring igen. Sune hade 50 och Ivar 47. Och Hans hade 29. Jättebra. Ni hade klarat er, men, nu är det så här att en av fiskebåtarna, en sån som ni ser där ute läckte ut en massa olja. Så alla som har fler än sju röda i era påsar så tyvärr dog ni av detta oljeläckage.
- Björn: Dog jag då?
- Läraren: Hur många småfiskar klarade sig?

Björn: Jag klarade mig fast jag dog.
 Läraren: Dog av oljan? De stora fiskarna, har ni räknat era?
 Jakob: Jag har mer än sju...
 Läraren: Ni har jättemånga? Bra! Nu är det så här. Ni klarade ju av att äta många småfiskar så ni klarade av att få i er fler röda. Ni får lov att få i er 21 röda. Så kolla om ni har mer än 21 röda. Då klarar ni er inte.
 Jakob: Om man har lika många...21?
 Läraren: Jag vill att alla sätter sig i en cirkel här så jag kan ta det sista.
 Jakob: Jag är död....
 Läraren: Tjejer och killar! Kom igen nu!
 Jakob: Prisa Gud!
 Läraren: Tyvärr så dog då alla småfiskarna för vi människor släppte ut olja. Kan det verkligen hända i verkligheten?
 Elever: Jaa!
 Läraren: På radion i morse så hörde jag att alla barns lungor hade blivit mycket, mycket sämre. Det kanske ni också hörde på radion?
 Bob: Jag läste det på text-tv.
 Läraren: Varför var det så, Bob?
 Bob: Det var något i havet, vattnet?
 Läraren: I luften. Det var luftföroreningar.
 Bob: Javisst ja.
 Läraren: Avgaser.
 Bob: Från bilar.
 Läraren: Ja, till exempel. Det har gjort att barns lungor i dag är sämre idag än vad de var för 10-15 år sen.
 Anton: Det är ju vi!!
 Läraren: Ja, det gäller er. Ja.
 Bob: Och oss?
 Läraren: Ja, och det har varit för att det har varit så mycket avgaser, att vi kör för mycket bil. Nu är det så att vi också drabbas av de här utsläppen. Inte bara djuren som drabbades utav oljan. De dog ju faktiskt ut alla dem. Alla de här fiskarna dog ut, det var ju ingen kvar av dem. Hur var det med gäddan? Klarade någon sig?
 Peter: Ja.
 Läraren: Någon. Har de någon mat nästa år?
 Peter: Nej.
 Läraren: Hur går det för dem nästa år?
 Peter: De dör ju.
 Läraren: Då dör de ju. Hoppas det inte blir så i verkligheten.
 Läraren: Hur var det med fiskgjusen? Tror ni att de klarar mer än 21 stycken röda?
 Tim: Ja.
 Läraren: Alldeles riktigt Tim. Varför det?
 Tim: De har stor mage.
 Läraren: Ja, och så är det så här att om vi tänker på näringspyramiden. Var står de i den?
 Tim: Överst.
 Läraren: Nu är det så att i varje steg så får man mer och mer gift i sig. De får lov att ha 40 röda. Nu får ni se om ni har mer än 40 röda. Om ni har mer än 40 röda. Det är inte så att de dör men det är så här att när de ska lägga ägg så blir äggen så tunna och när de ska lägga sig och ruva så kläcks äggen. Kan det då bli nya fåglar?
 Eleverna i kör: Nej!
 Läraren: Vad beror det på att den fiskgjusen inte kunde få fler barn? Vad berodde det på från början?
 Mary: Den hade ätit gift. Fått olja i sig.
 Läraren: Och vem drabbade det då?
 Pia: Det drabbade djuren!

- Läraren: Vilka?
 Pia: Småfisken och gäddorna.
 Läraren: Både den lille och den store. Vem drabbades mest i just vår lek?
 Jenny: Småfisken.
 Läraren: Er läxa till nästa gång blir att kolla om det finns ngt som står i tidningen som handlar om vatten och gift i vattnet. Vanliga tidningen (läraren namnger den), om man har den går det bra. Har man inte den kan man nog fråga en kompis. Någon granne kanske har den. Och be att få hjälp av mamma och pappa. Titta även själv i tidningen för att se om det finns några giftutsläpp i vattnet kommande vecka. Det är inte säkert. Ni får se om det finns något.
 Otto: Om det inte finns?
 Läraren: Nej, då kan ni ju inte klippa ut något. Det blir riktigt bra...dubbelglädje där! Förstod ni leken?
 Elever: Mm.
 Läraren: Näringskedja och sen hur giftet gick från ett djur till ett annat. Samla ihop nu grejorna och ställ upp er på led.

Läraren knyter i denna sokratiska dialog samman lekens problematik med oljeutsläpp med dess konsekvenser i näringskedjan till en aktuell nyhetsuppgift om barns lungvolym relaterad till luftens kvalitet över tid. Ett logiskt tänkande som uttrycks med hjälp av olika begrepp, samband och sammanhang exemplifieras. Lektionen avslutas med att läraren ger en läxa som består i att läsa i den lokala tidningen och bli observant på lokala giftutsläpp.

En del läxor eleverna fått under de videoupptagningar som studien omfattar är att fråga en kompis, fråga en vuxen eller titta i en bok o.s.v. Även läxor som består i att läsa på sina anteckningar förekommer och att förklara för mamma eller pappa hur olika saker fungerar m.m. Dokumentation är en viktig bit enligt NO-läraren och att det är viktigt för eleverna i deras lärande att skriva, rita och uttrycka sig i alla ämnen. Eleverna får möjlighet att nå den närmast kommande utvecklingszonen med hjälp av samarbete och kommunikation med kamrater och vuxna i sin omgivning (Bliss, 1996).

Del III

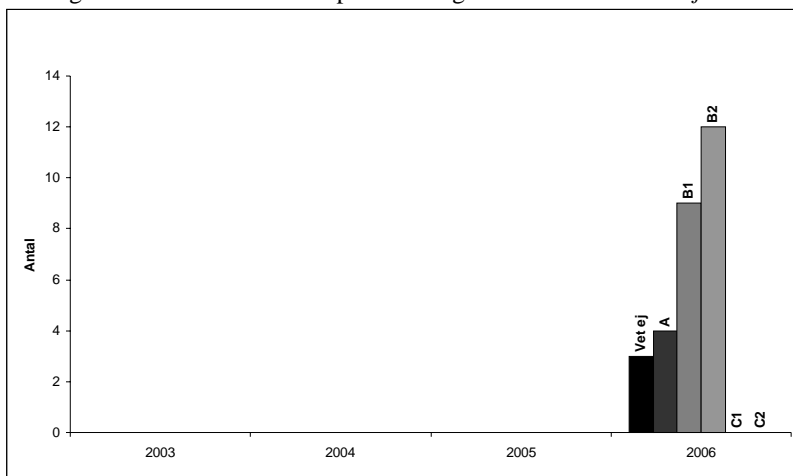
Gifter i batterier

Följande sekvens är filmad i samband med elevernas arbete med NTA-temat *Kretsar kring el*, höstterminen 2004.

- Läraren: Vad händer med naturen om vi slänger batterier i den? Om ni slänger dem på soptippen istället för i speciella batteriholkar? Ivar? Yngve?
 Yngve: Explodera.
 Läraren: Explodera, ja, vissa batterier kan explodera. Absolut, men det är inte det som är det farliga med de farligaste? Ivar?
 Ivar: Atomen...kan gå ut.
 Läraren: Atomen, metallatomerna kan läcka ut, alldeles riktigt. Vissa metaller är riktigt farliga som bly till exempel.
 Sune: Kvicksilver.
 Läraren: Ja, kvicksilver alldeles riktigt. Och i vissa batterier finns det lite bly och lite kvicksilver i. Och de kommer ut i naturen om vi slänger det rakt i naturen, det är ju inte bra för den. Naturen ska vi ju ha hur många generationer framåt som helst. Det är viktigt att slänga batterierna på rätt plats.

7.1.5.2 Begreppsutveckling av begreppet gifter

Samtliga elever har 2006 svarat på enkätfrågan: *Vad händer när olja kommer ut i havet?*



Figur 7.22. Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 avseende frågan: *Vad händer när olja kommer ut i havet?*

Enkätsvar kategori A år 2006:

Karl: *Det går ut till reningsverket.*

Sune: *Det förorenar.*

Pias enkätsvar 2006 hör till kategori B1 genom:

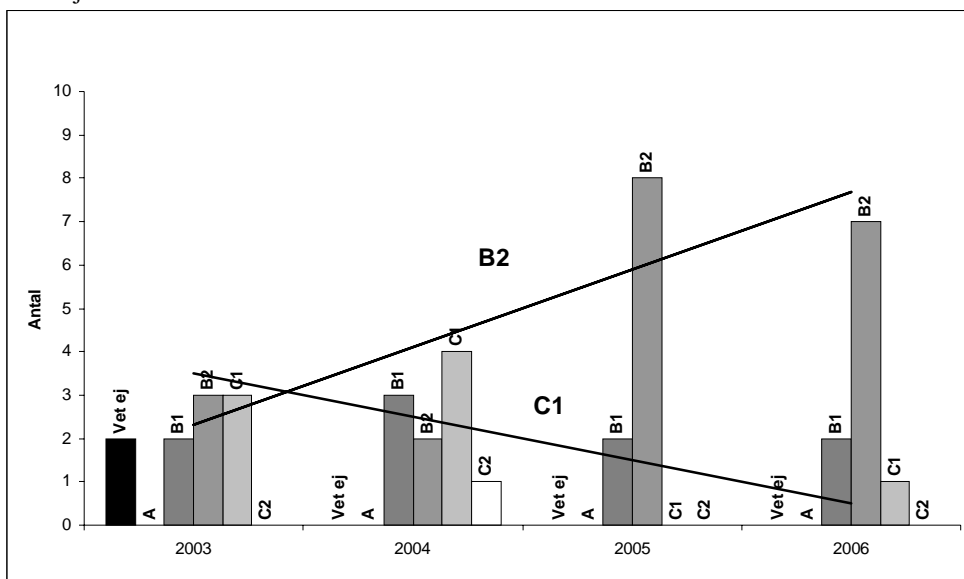
Pia: *Allt som lever i havet dör.*

Hans bild illustrerar från enkätsvar 2006 kategori B2:



Figur 7.23. Enkätsvar från Hans år 2006, avseende frågan om vad som händer när olja kommer ut i havet (B2).

Kategorisering av begreppet gifter i frågeställningen: *Vad händer när olja kommer ut i havet?* i intervjuvar åren 2003-2006.



Figur 7.24. Resultatsammanställning från intervjuer åren 2003-2006 i form av samtal om vad som händer när olja kommer ut i havet. I figuren markeras med trendlinjer hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang, B2, samtidigt som kategori C1 avtar.

Exempel kategori B1 år 2004:

Mary: Det är inte bra för fiskarna och så inte för fåglarna. Om de får det i fjädrarna så dör de.

Exempel kategori B2 i intervju år 2005:

Sonja: Fiskarna, de kan dö av det. Det kan vara farligt för oss också om vi badar.

Otto: Alla djur och sånt, t.ex. ankorna deras näbbar och fjädrar klibbas ihop så de kan inte göra något och så dör de

Intervju kategori B2 år 2006:

Sonja: Det är inte bra. Den sjunker till botten efter ett tag och då dör växter och djur som är där. Det kommer ut i själva vattnet också. Vi människor vi kan klara det men när vattnet avdunstar sen... Antingen avdunstar väl den också och går till molnen och sen regnar det ner igen.

Ivar ger år 2004 uttryck för att olja som läcker ut i första hand drabbar människans teknik och representerar C1:

Ivar: Inte bra om det läcker ut för då sjunker båten och den kan inte köra.

Begrepps nät som utvecklas inom området *gifter* ansluter till de naturliga kretsloppen. I första hand är många gifter lösliga i vatten, vilket innebär att eleverna kan utgå från begrepps nät om vatten för att identifiera vad som händer. Gifter är också lösliga i exempelvis fetter, vilket leder till att de tar sig in i näringskedjor. Eleverna kan återknyta till de begrepps nät de känner igen från lek och övningar med opåverkade näringskedjor.

Begreppsutvecklingen handlar nu om samband och sammanhang som har naturliga orsaker men där också människan och tekniken påverkar förhållandena. Leken kan ge möjligheter att utveckla elevernas abstrakta tänkande, fantasi och kreativitet. Genom leken skapas nya betydelser och innehåll i begreppen (Lindqvist, 1996). Rubin anknyter lek till Piagets stadieteori, vilket utbytet av leken är beroende av barns ålder och mognad (Rubin et al., 1983).

7.1.6 Sopsortering och insamling av batterier

I begreppsväven om *jord* behandlas naturens sopor, men i detta avsnittet vidgas begreppsväven till att omfatta samhällets sopor. Med *sopor* i NO-lärandet är utgångspunkten densamma som när vi talar om sopor i allmänhet. De begrepp som utvecklas har emellertid olika ämnestillhörigheter.

7.1.6.1 Begreppen sopsortering och batterier fångat i videosekvenser över tid

Under NO-lärandet fångas följande videosekvens på naturskolan, vårterminen 2004. Första delen avser en lek som illustrerar hur sopsortering går till. Den andra delen visar elevernas omsättning av ordspråk till dramainsatser. I den tredje och fjärde delen behandlas uppbyggnad och funktion av batterier samt batteriinsamling och återvinning.

Del I

Samhällets sopor

Här redovisas en lek med regelstyrt inslag. Eleverna ges möjligheter att leva sig in i den döda materiens kretslopp. Eleverna får möjligheter att försöka fånga verkligheten genom inlevelse (Sutton-Smith, 1997).

Samhället sopor: Eleverna illustrerar samhällets sopsortering genom att själva föreställa sopor av olika slag. I klassen utses också en sopsorterare och en sopbandit. Läraren visar på papperssopor, glassopor, metallsopor och plastsopor. På mjölkförpackningen sitter en blå tvättklämma, på plastflaskan sitter en röd klämma, på metallburken sitter en grön klämma och på glasflaskan sitter en gul klämma. Läraren placerar ut de fyra olika kategorierna av sopor som stationer i en kvadrat på gräset. Eleverna får sedan klämmas av olika färg, röd, grön, blå eller gul, och en av eleverna utses till sopsorterare medan en av eleverna utses till sopbandit. Eleverna fäster sin tvättklämma på sig och sedan får sopsorteraren se till att soporna, d.v.s. eleverna, placerat sig vid överensstämmande sopstation. Samtidigt arbetar sopbanditen med att ställa soporna vid fel station. Denna aktivitet pågår under 5-6 minuter och till slut får sopsorteraren själv i 30 sekunder försöka ställa soporna tillräta så gott han/hon kan. Efter den här aktiviteten diskuterar läraren med eleverna om vikten att sortera sopor rätt. Leken föregås av en av naturskolans aktiviteter med benämningen "Naturens sopor".

Som tidigare nämnts definieras i hela studien begreppet *lek och lärande* som en helhet av ett antal moment, nämligen instruktion av leken, aktiviteten leken och metakognitiv reflektion och dialog efter lekens genomförande.

Läraren: Nu är det ju naturens sopor vi har haft i den här dikten. Då var det människornas sopor. Här har vi en sopa, en papperssopa. Här har vi en glassopa. En metallsopa. Här har vi en plastsopa.

- Yngve: Varför sitter det klämmor på dem?
 Läraren: Det är så här. Jag ska placera ut de här fyra ute på gräset. Och varje station ska vara som sopstationer, så ska ni få klämmor med olika färger på, var och en utav er, så ska en få vara sopsorterare. Ni sopor ska få stå i en lång rad. Och sopsorteraren tar er i handen och går iväg med er till rätt plats. Men. Det finns en sopbandit också. Vad tror ni sopbanditen gör? Sune?
 Sune: Stjäl soporna.
 Läraren: Han lägger soporna fel. Han stjäl inte dem men han lägger dem fel. Till exempel kanske han tar en metallsopa som är den röda och lägger den bland pappers-soporna. Sen kanske han tar en glassopa som är blå och lägger den ställer den, tar den i handen och ställer den bland plasten. Då har det ju blivit fel ju. Han förstör för sopsorteraren. Otto?
 Otto: Får jag vara bandit?
 Läraren: Vi får se. Och det är så här att när soporna är slut, då har sopsorteraren 30 sekunder på sig att springa runt och se så att alla har blivit rätt placerade. Om det är någon som har kommit fel så får den ta sopan i handen och leda iväg den till rätt ställe. Hänger ni med i hur jag menar? Vi börjar med att ta på oss jackorna och ställer oss i en lång rad här ute. Alla har fått sina klämmor. Ni får inte hålla över dem utan visa dem. Sen har vi sopsorteraren här. Och Pia, du tar till exempel Tim och om han är röd då tar du honom till den röda lådan.
 Hans: Ta mig, Otto.
 Läraren: Soporna kan inte röra sig. Nu behöver jag koncentration tjejer och killar! Allihopa! Soporna kan inte röra sig och de kan inte prata. Men sopsorteraren får röra sig i den riktning som sopsorteraren visar. Den får följa med sopsorteraren. Hänger ni med sopor?
 Mary: Mm.
 Läraren: Medan sopsorteraren sorterar så kommer sopbanditen att ställa vissa av er på fel plats. Får bara ta härifrån. (Hon pekar på de ställen med lådor som sopsorteraren ställer kamraterna vid). Sopsorteraren har 30 sekunder sen på sig att se om hon har sorterat rätt.
 Läraren: Vad skulle vi göra med våra klämmor, Karl? Ni skulle inte klämma någon annan, bara låta dem vara på kläderna. Jag har aldrig sett en mjölkförpackning som sprungit ifrån mig. Redo? Om banditen har ställt honom fel och sopsorteraren ser att sopan står fel får hon springa dit och ställa den rätt. Ni står still till sopsorteraren tar er i handen. Är någon osäker nu som inte vet hur det funkar?

Leken genomförs och följande samtal utspelar sig i direkt i anslutning till aktiviteten.

- Läraren: Sopor skriker inte själva att de är felsorterade! Varför måste vi sortera våra sopor? Varför måste vi vara duktiga sopsorterare?
 Linda: Bra för naturen.
 Läraren: Varför är det bra för naturen?
 Linda: Återvinner man fler grejor så behöver man inte ta så mycket från naturen.
 Läraren: Det är alldeles riktigt.

Del II

I samband med en aktivitet som genomfördes i naturskolans lokaler, vårterminen 2004, får eleverna i uppgift att gestalta följande ordspråk genom att gruppvis dramatisera de olika ordspråken. Dessförinnan förs följande dialog.

Avfallscharader, Sopcharader

- Inget försvinner allt sprider sig
- Liten tuva stjalper ofta stort lass
- Återvinning är en bra uppfinning
- Det som göms i snö kommer upp i tö
- Var sak på sin plats

Läraren: Inget försvinner allt sprider sig. Om man tänker på avgaser från bilarna, vad tror ni då? Vad kan man då mena?

Sune: Att det kommer ut. Det försvinner inte men det sprider sig. Det kommer aldrig att försvinna. Och sen så kommer det bara mer och mer och mer.

Läraren: Alldeles riktigt.

Peter: Det finns kvar även om det inte syns.

Läraren: Jättebra.

Läraren: Nästa då. *Återvinning är en bra uppfinning vad menar man med det då?*

Magnus: Att det är när man använder det till återvinning.

Läraren: Varför är det bra?

Bob: Så slipper man göra nytt hela tiden.

Läraren: Precis. Alldeles riktigt!

Otto: Det var precis det vi gjorde med de här mjölkkartongerna. Först har man ju mjölk i dem sen gjorde vi ju fågelholkar.

Läraren: Ja, ni gjorde nya grejor av dem. Bra. *Allt som göms i snö kommer upp i tö. Vad menar man med det?*

Maria: Tappar man något under snön kan man hitta det när det smälter på våren.

Läraren: Eller man slänger ett stort däck, godispapper, så finns det kvar när det smält bort. *Var sak på sin plats. Vad kan man tänka på?*

Tim: Man ska sortera rätt.

Läraren: Precis, inte som sopbanditerna där ute.

Läraren: *Liten tuva...stjalper ofta stort lass. Vad tror Yngve?*

Läraren går tillsammans med eleverna igenom innebörden av vad charadernas innebörd är.

Läraren: Liten tuva...Om vi tänker att.. Ja, Yngve?

Yngve: De små slänger också sopor.

Läraren: Om vi tänker...om alla har sorterat och en lägger en liten glasbit bland pappret. Är det bra?

Stig: Nej.

Läraren: Varför inte bra? Stig? Varför inte bra slänga glas bland papperssopor. Varför inte bra, vad tror du Stig? Vad tror du händer?

Stig: Inte bra när, man, ja.

Läraren: Varför är det inte bra? Vad tror du händer?

Stig: Det blir inte bra.

Läraren: Det blir inte bra, varför inte det?

Stig: Då får man stå och leta efter glasbiten.

Läraren: Vad händer om vi gör om pappret här mjölkpaket till stora cornflakespaket. Vad händer om vi lägger en glasburk i samma behållare?

Stig: Då hamnar den i cornflakespaketet.

Läraren: Ja, eller utanför. Man hade rivit sig om man stött på glasbiten. Det hade inte varit så bra. Glassplitter i handen.

Karl: Då blir det glas i pappret.

Läraren: Det räcker med att en person slänger fel eller tänk er en stor kompost. Kommer ni ihåg vad det var?

Ingvar: Man slänger såna saker där?

Läraren: Saxsopor?
Ingvar: Nej, löv, kvistar, kastanjer...

NO-lärarens reflektion i *stimulated recall* var att det var svårt att få eleverna att förstå ordspråkets betydelse. Språkmässigt ansågs att nivån var lite för avancerad för eleverna. Överlag säger NO-läraren att hennes intention är att relatera de kända begreppen till de vetenskapliga.

Del III

Nedan redovisas en sekvens beträffande batterier, deras byggnad och funktion fångad under höstterminen när eleverna i NO-salen arbetar med temat *Kretsar kring el*. Lektionen kommer att handla om att tillverka ett batteri av olika frukter t.ex. äpplen, potatis, citroner. NO-läraren inleder med att hissa ner en skiss över det periodiska systemet.

Läraren: Okej då ska vi kolla här, jag drog ner planschen över de här grundämnena. Är det någon som kommer ihåg vad vi tittade på när vi hade nere grundämnena, det periodiska systemet? Någon som kommer ihåg vad vi pratade om när vi drog ner det förra gången?
Karin?
Karin: Molekyler.
Läraren: Var det bara molekyler vi pratade om?
Karin: Atomer.
Läraren: Atomer.

Läraren skriver på tavlan: *molekyler och atomer*.

Läraren: Mikael?
Mikael: Elektroner.
Läraren: Elektroner.

Hon skriver det eleverna föreslår på tavlan.

Tim: Neutroner och protoner.
Läraren: Neutroner och protoner. Var finns de här tre grejorna? Var finns de här någonstans?
Ingvar: I elektricitet.
Läraren: Finns alla i elektricitet? Vilken är den här strömmen?
Bob: Elektronen.
Läraren: Alldeles riktigt! Var finns alla någonstans, Bob?
Bob: I atomen.
Läraren: Alldeles riktigt. I atomerna. De finns i atomerna. Om vi kollar på. Vi tar kolatomen. Kolatomen i det här periodiska systemet, det är ett C. Här uppe har vi den. Är det någon som kan se hur den ser ut? Hur den ser ut? Stefan?
Stefan: Sex elektroner och sex protoner och sex neutroner.
Läraren: Okej, kol var det. Hur ser den här atomen ut då? Hur ser det ut?
Stefan: I mitten sex neutroner.
Läraren: Ja, du kan nog förklara, i mitten sa du sex neutroner och?
Stefan: Sen är det protoner i mitten sex stycken.
Läraren: Hm. Varför skriver jag ett plus här i protonerna? Tim?
Tim: De är positiva.
Läraren: Ja, det är riktigt de är positivt laddade.
Läraren: Är vi färdiga nu?
Tim: Det fattas ett skal med två elektroner och sen fyra elektroner i det andra.
Läraren: Jättebra! Varför skriver jag ett minus i de här elektronerna?
Tim: De är negativa.

Läraren: Precis, de är negativa. Så, atomen, bra. Då vill jag att...vi tar litium det är Li. Hur ska den se ut? Tim?
 Tim: Jamen alltså, finns det inte elektricitet i en atom?
 Läraren: Vad var det som gjorde elektricitet?
 Tim: Elektronerna.
 Läraren: Och vad var de tvungna till att göra för att det skulle bli elektricitet?
 Tim: Röra sig.
 Läraren: Alldeles riktigt.

I samband med NTA-temat *Kretsar kring el*, ges eleverna möjlighet att illustrera atomen och jonen genom att själva inta roller som protoner, neutroner och elektroner. Det kan anses vara en form av *mimesis*.

Läraren: Jo, det finns ju här.
 Tim: Men där finns ju bara elektroner.
 Läraren: Här är protoner och neutroner också! Som Stefan sa. I den här sladden finns det atomer men det är bara elektronerna som rör sig. Magnus?
 Magnus: Men neutroner.
 Läraren: Ja, vänta då får vi bygga. Då tar vi Linda, och så tar vi Pia och Sonja. Såja, Stig, då är ni tre neutroner. Har ni någon speciell laddning? Är ni positiva eller negativa?
 Linda: Inget.
 Läraren: Nähä, vad är ni då för något?
 Tim: Neutrala.
 Läraren: Alldeles riktigt Tim. Neutrala neutroner. Vad behövde vi mer Magnus?
 Magnus: Tre protoner.
 Läraren: Tre protoner. Då tar vi Hans, Yngve och Ingvar. Var ska de vara då? Visar du Tim var de ska stå?
 Tim: Så ungefär på samma plats. Ni ska stå närmare... Här! Där blir bra.
 Läraren: Såja, tror ni det blir plats till några elektroner också? Det ser jättebra ut. Vad behövde vi mer Magnus?
 Magnus: Två elektroner i första skalet.
 Läraren: Första skalet, jättebra Magnus. Då kan vi ta Karin och Annika. Då är ni elektroner runt omkring i skalet. Ja, de är för stora så ni får inte plats runt omkring men det är meningen att ni ska hålla ihop. Kan ni ta ett steg längre bak. Karin och Annika. Ta ett snäpp bak så man ser att det är skillnad på elektroner och protoner och neutroner. Såja, då är ni ett skal där. Såja, vad sa du sen Magnus var vi färdiga nu eller?
 Magnus: Nej, sen var det en elektron utanför.
 Läraren: Jättebra, det är en elektron kvar och den är i nästa skal. Varsågod och var nästa skal och nästa elektron. Då har vi en atom, och nu är ju hon själv där i det yttersta skalet, eller hur. Och hur ska protonerna vara Tim?
 Tim: De ska vara glada.
 Läraren: Varför ska de vara glada. Vad har du för orsak? För att protoner är...?
 Tim: Protonerna är killar och tjejerna är...
 Läraren: Jaha nej, hur var nu protonerna? Vad var de Magnus?
 Magnus: Negativa.
 Läraren: Var protonerna negativa? Det behöver vara lite tystnad härinne för jag hör inte. Vad var nu protonerna?
 Tim: Positiva.
 Läraren: Ja, de var positiva så därför trodde jag att de skulle vara glada.... Det var det du tänkte på? Ja, och så hade vi elektroner hur var nu de Karin?
 Karin: Negativa.
 Läraren: Negativa ja. Kanske ser sura ut då? Och eftersom vi hade två skal och hon var helt ensam i yttersta skalet, och eftersom hon är alldeles själv i det yttersta skalet så lämnar

hon gärna atomen. För hon känner att "Aj jag vill inte vara ensam här ute..." så hon lämnar gärna den här är det någon som vet vad vi då har?

Ivar:

Jon!

Läraren:

Den här elektronen, den stack ju iväg ju. Så det blev en jon. Den här elektronen har kommit till en deg som kan röra sig lite. Vad tror ni det blir av den här elektronen om den sticker iväg till ett annat ämne där den kan fastna där de bara är fem stycken i nästa skal, de vill ha en elektron. Vad tror ni då hon gör? Vad måste hon göra? För att komma till den andra jonen? Står hon stilla eller vad måste hon göra?

Paus

Läraren:

Vad behöver den göra, Tim?

Tim:

Röra på sig.

Läraren:

Ja, den behöver röra på sig, Tim, alldeles riktigt. Och vad har vi då fått när elektronen rör på sig?

Tim:

Elektroner.

Läraren:

Rörande elektroner, och vad blir det då utav elektronerna?

Tim:

Ström.

Läraren:

Det blir ström, alldeles riktigt. Jättebra. Då får ni sätta er nu, tack så mycket.. Jaha, då tittar vi framåt igen. Ögonen och öronen hit, knäpp igen munnen. En jon. Om vi har en kolatom som blir en jon, hur ser den ut då? Även om det är väldigt sällan den blir det. Vilken ska jag ta bort. Har det någon betydelse om jag tar bort en proton eller neutron, blir det en jon då också tror du? Det blir den faktiskt inte. Det blir ju bara elektronerna som går bort när det blir en jon. Och det här behöver vi veta för vi ska göra ett batteri. Och ett batteri, nu måste ni ha öron och ögon öppna för att ni ska förstå hur ett batteri fungerar. Karl?

Karl:

Något med koppar.

Läraren:

Vi ska göra så här, ett batteri ser ut så här, i jätteförstoring (läraren ritar en skiss av ett batteri på tavlan). Kan se ut så här, de har ju massa olika...det kan se olika ut. I den här så har vi kol, en liten kolstav. Här inne så har vi en deg och vad den är av har inte så stor betydelse, det är en sän som en atom med bara en elektron i yterskalet, så vad vill den göra den? Den här elektronen i yterskalet? Vad vill den göra? Vad vill elektronen om där bara är en, vad vill den göra då? Var det bara Tim och Bob som tittade på leken precis? Bob?

Bob:

Men den stack där ifrån.

Läraren:

Den stack därifrån. Alldeles riktigt. Den här degen den delar på sig, ungefär som när vi har en pepparkaksdeg och så helt plötsligt så bara försvinner bitar från den hela tiden. Hur kan det göra det? Vad tror Ingvar? Hur kan det försvinna bitar från en degklump? I en pepparkaksdeg?

Ingvar:

Någon äter det.

Läraren:

Den kanske blir uppäten, alldeles riktigt. Det försvinner ju efter hand. Den här lilla degen, den här extra elektronen, som vi hade då som ville smita iväg, den sticker iväg till det här batterihöljet. Och den här biten, inte hela höljet, är gjort utav zink. Nu sticker den hit här den lilla elektronen som kom från degen och om där är en sladd, vart tror ni då elektronen tar vägen? Om där är en liten sladd? Vad tror Linda?

Linda:

Den går ifrån batteriet till sladden.

Läraren:

Ja, det kan man säga, den puttar på alla andra elektroner här i sladden. Och så har vi en liten...glödlampa här. Vad händer då? Vad händer då med elektronerna? Vart tar de vägen när de kommit hit upp? Vad tror Tim?

Tim:

Ja, men då går de upp där och så och så går de runt sen går de tillbaka och sen går de upp där.

Läraren:

Här? Vad händer då här?

Tim:

Det börjar lysa.

- Läraren: Alldeles riktigt det börjar lysa. Och så puttar elektronerna på varandra. Och så kommer de hit här. När den här degen är slut. När pepparkaksdegen är slut, tror ni det kan fortsätta gå elektroner runt här i sladden då? Vad säger du Karin?
- Karin: Nej.
- Läraren: Nej, riktigt. Nej det går ju inte om degen är slut, då kan man inte göra fler pepparkakor när det är slut på all deg. Så är det i batterier som inte går att ladda upp. Då tar den här degen slut. Sune åt upp den. Elektronerna tar liksom slut. I degen.
- Bob: Men de andra batterierna då?
- Läraren: Ja, hur kan det funka? Att liksom degen den aldrig tar slut? Vad tror ni? Då måste man tänka att degen helt plötsligt här blir ny pepparkaksdeg, efter att den har blivit uppäten. Bob, hur tror du?
- Bob: När man stoppar in batteriet i ett sådant vägguttag så kommer där elektroner till batteriet.
- Läraren: Så då kan man säga att det kommer tillbaka från andra hållet och fyller på elektroner i degen. Nu låter det här äckligt men det är inte riktigt sant men vi säger att Sune har stoppat i sig all degen sen stoppar vi in honom i en kontakt, fast det gör vi ju inte, och så kommer degen ut igen.
- Elever i kör: Åh!!!
- Läraren: Men det går ju inte i verkligheten, men man vänder och tar de elektronerna som finns i kolstaven de tar man tillbaka till den här degen. Så det är att man gör ungefär så. Yngve?
- Yngve: Jag laddade batterier igår.
- Läraren: Du laddade batterier igår? Då flyttade du elektroner från ett ställe till ett annat. Nu är det så här. Nu har jag ingen deg, men vi ska kolla om det finns någon slags deg eller någon... Deg kan också vara vätska.
- Tim: Det finns vätska i vissa batterier.
- Läraren: Ja, ibland finns det vätska och ibland finns det deg i batterier. Ja, det är riktigt Tim i många batterier finns det sådan här vätska.
- Karl: Jag har en batteriladdare hemma.
- Läraren: Du har en batteriladdare. Då för du över elektroner från ett ställe till ett annat så de kan börja fungera igen.

Läraren visar koppar- och zinkblecken. Vidare presenterar hon den dagens uppgift som syftade till att bygga batterier av citroner, apelsiner, äpplen och potatisar. Till hands finns även en lysdiod som eleverna ska få att lysa. Eleverna kopplar 12 citroner men lyckas inte få lysdioden att lysa.

- Sune: Jag och Tim, vi kopplade så med håret vi gnuggade. Visar...
- Läraren: Vad händer då, vad blir det då? Vad händer då Tim?
- Tim: Elektroner kommer av håret.
- Läraren: Precis, det kommer elektroner. Kommer du ihåg när vi började med statisk elektricitet?

Del IV

Under slutet av lektionen förs en diskussion om batterier och miljön.

- Läraren: Är det någon som kan säga att jag nu förstår hur ett batteri fungerar?
- Läraren: I den gruppen fem, i den fyra och fyra stycken i den gruppen. Och fem i den gruppen! Och sista gruppen fyra. Det är några som känner att de inte riktigt har förstått. Är det någon av er som har förstått som tror att ni kan berätta för de andra. Bob?
- Bob: Det går genom sladden och sen över till lampan och genom lampan där.
- Läraren: Är det hela degen?
- Bob: Nej.
- Läraren: Vad är det då i degen?
- Bob: Elektroner. Det går genom lampan och sen ut och sen genom batteriet.

- Läraren: Men vad händer här om vi inte har batteriet utan ett fruktbatteri istället? Det är ju ström härigenom också hur funkar det? Karin tror du att du kan förklara för de som inte har förstått?
- Karin: Ja, det är vätska som det rör sig i.
- Läraren: Vad kan röra sig i vätskan?
- Karin: Molekyler, nej elektronerna.
- Läraren: Elektronerna kan röra sig i vätskan alldeles riktigt i den här sura vätskan och hur kan jag få ordning på deras rörelse? Hur kan jag få ordning på den? Jag är inte säker. Hur menar du? Hur kan man få ordning på den så de går till ett ställe till ett annat? Det är zinken och kopparn så går elektronerna där emellan. De dras som magneter så går de från ett ställe till det andra. Det kan man säga. Här från zinken till kopparn, alldeles riktigt. Hur kan jag visa att de går däremellan? Hur vet jag att elektronen går från zinken till kopparn?
- Karin: Du kan ju ta den där mätapparaten och mäta där mellan zinken och kopparn och blir det något vet man att där går elektroner.
- Läraren: Jättebra. Om vi hade haft tillräckligt många citroner tror ni då att ni hade kunnat lyckas att få ihop och få en ström till en sån miniglödlampa som ni har? Vad tror ni? Om vi kopplat det till dubbelt så många citroner, vad tror Karl?

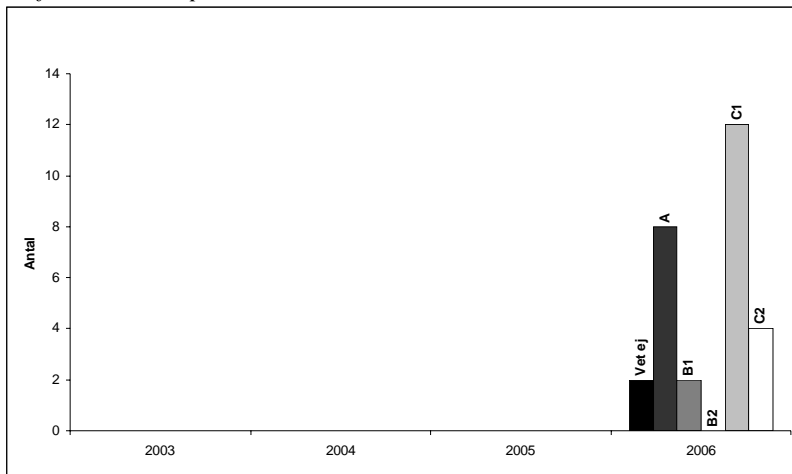
Karl nickar.

- Läraren: Du tror att det hade fungerat?
- Karl: Ja.
- Läraren: Ja, jag tror också att det skulle kunna fungera, det är nu 1,5 volt. Hade det varit 2,5 hade det nog funkade.
- Läraren: Er läxa är att kunna förklara för mamma eller för pappa där hemma hur ett batteri fungerar, att det fanns elektroner i den här degen och att de gärna flyttade sig för det blev joner och de här jonerna, när de blev till var det en elektron som blev fri.

I begreppsbyggnaden om gifter behandlas batterier, där läraren och eleverna diskuterar konsekvenser av att slänga batterier på soptippen i stället för batteriholkar. Risken finns att de kan läcka ut metallatomer. De betonar att en del kemiska ämnen såsom bly och kvicksilver är farliga när de kommer ut i naturen inte bara på kort sikt utan i många generationer. En dominerande uppfattning om behovet av att skilja batterier från vanliga sopor är att de kan explodera, exempelvis vid förbränning.

7.1.6.2 Begreppsutveckling av begreppen sopor och batterier

Här följer en resultatsammanställning år 2006 av enkätsvar beträffande frågan:
Varför sorteras sopor?



Figur 7.25. Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 avseende frågan:
Varför sorteras sopor?

Exempel på kategori A, B1, C1, C2, enkätsvar år 2006:

Kategori A:

Mary: *Batterier, glas, pappersförpackningar, farligt avfall, typ batterier, typ restavfall. Man sorterar glaset efter färgat och ofärgat.*

Kategori B1:

Sune: *Glas, det är vasst om det går sönder. Papper det skräpar ner. Metaller det är inte bra för naturen och djuren.*

Linda: *Glas; djur & människor kan skära sig och om solen skiner på glaset ute i naturen så kan det börja brinna. Papper: Brandfarligt. Metaller: Om man skär sig och det är mycket bakterier på så kan man få blodförgiftning.*

Kategori C1 år 2006:

Lars: *Papper, det finns inte lika mycket träd som för 50 år sen så man behöver så mycket papper som möjligt. Metaller, så man kan göra nya grejor av metall.*

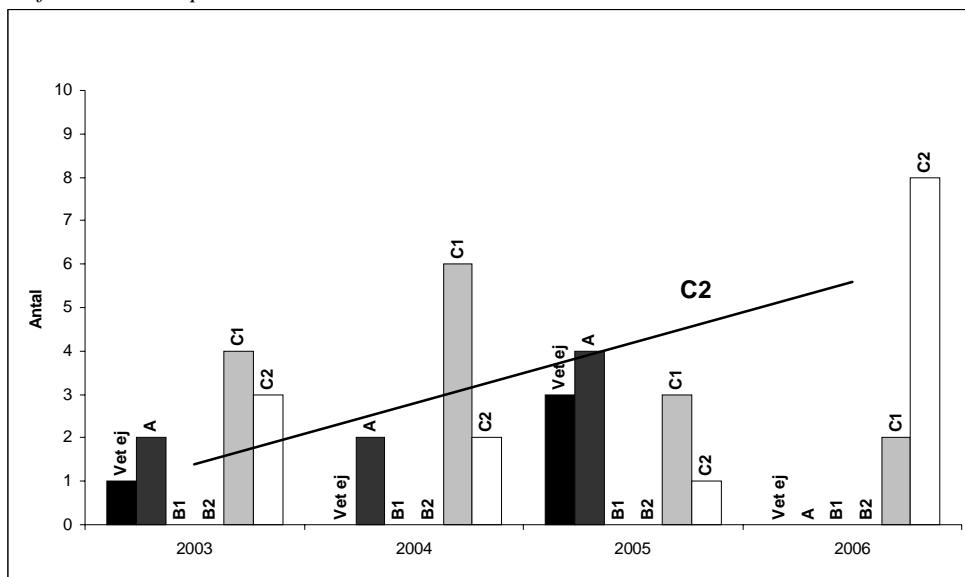
Maria: *Man samlar in glas för då kan det bli nya flaskor. Papper, ja då kan det bli nytt papper. Metaller, då kan det bli nya burkar.*

Kategori C2 år 2006:

Tim: *Man återvinner alla sopor. Glas för att man ska kunna återvinna det. Det är liksom inte så bra om man slänger papper i metall för då blandar man ju papper och metaller och så tar det lång tid att återvinna.*

Anton: *Papper, för att man inte ska ta slut på träden. Metaller, för det inte finns hur mycket metaller som helst.*

Kategorisering av intervjusvar vid fyra olika tillfällen, åren 2003-2006, beträffande frågan: *Varför sorteras sopor?*



Figur 7.26. Resultatsammanställning från intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Varför sorteras sopor?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga sammanhang även relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C2.

Kategori A år 2003:

Otto: *För att göra det enklare för soppubbarna. Det blir jobbigt för de som ska göra det annars.*

Kategori C1 år 2003:

Bob: *Det ska bli nytt.*

Kategori C1 år 2004:

Karl: *Återvinna.*

Jenny: *Man återvinner det för att göra nya grejor.*

Kategori C2 år 2003:

Pia: *Man kan göra nytt glas då. All sand kan ta slut en dag. Det gör man glas av.*

Kategori C2 år 2004:

Sune: Ja, är det då ordning blir det fel på den nya förpackningen och kan skära sig. Om glas finns i det man gör plast av. Sen kan ju inte sopbilarna stå och sortera. Det hinner de inte och när de kommer till nästa hus så blir det fel där med.

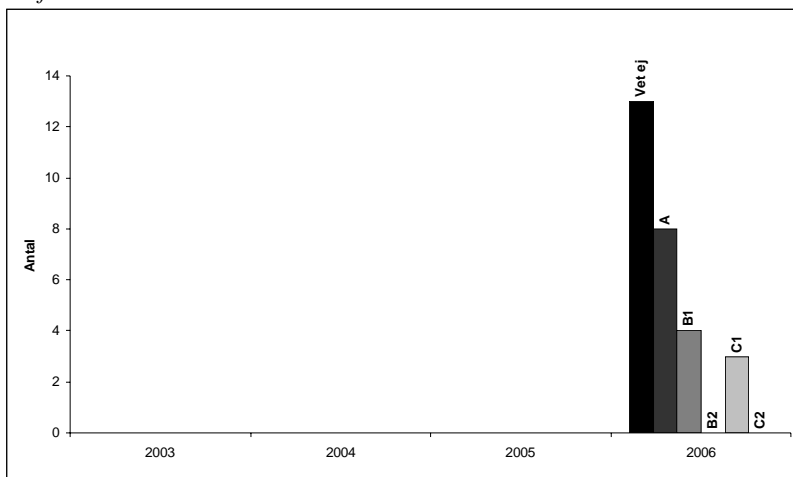
Kategori C2 år 2006:

Jenny: Ja, man samlar in glas, så kan man använda det igen eller göra nytt, som vaser. Papper samlar man in för det är väl lättare att återanvända än att hugga ner alla träd. Det bor ju en massa djur och sådant i träden.

Otto: Man återvinner metaller och smälter ner och formar om det igen. Då slipper man att hugga nytt och då blir det inte så många gruvor. Då kan dom ha en gruva, jättestor gruva, eller två, så slipper man fem stycken. Det är bra att återvinna.

Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 beträffande frågan:

Varför samlas batterier in?



Figur 7.27. Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 avseende frågan: *Varför samlas batterier in?*

Exempel från enkäter kategori A år 2006:

Jenny: *Kan vara farligt annars.*

Emma: *Det är farligt.*

Exempel från enkätsvar kategori B1 år 2006:

Magnus: *För att det är farligt för naturen.*

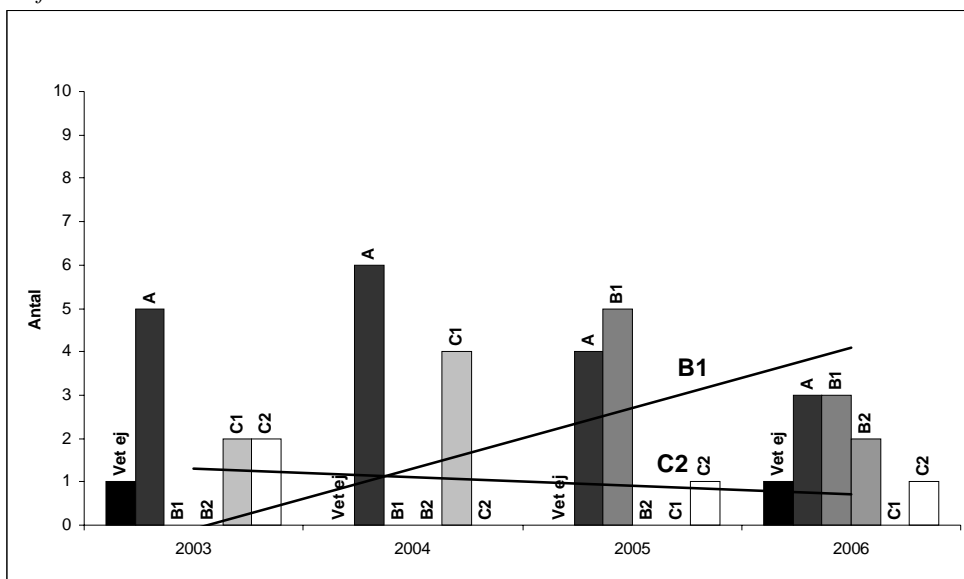
Sune: *Det är heller inte bra för naturen och djuren.*

Stefan: *För det finns kvicksilver i.*

Exempel från enkätsvar kategori C1 år 2006:

Maria: *Batterier, det är typ skadligt om man lägger det bland mat till exempel.*

Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan:
Varför samlas batterier in?



Figur 7.28. Resultatsammanställning från intervjusvar åren 2003-2006 avseende frågan: *Varför samlas batterier in?* I figuren markeras också med trendlinjer hur eleverna utvecklar enklare naturliga samband, kategori B1, men även sammanhang relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C2.

Exempel kategori A år 2003:

Bob: Allt elektriskt ska till ett ställe.

Exempel kategori B1 år 2005:

Hans: Det är farligt för det kan vara elektricitet kvar så det kan bli ganska illa om det blandas med något annat elektriskt. Det finns metallbit, järngrejsimojs inuti och det kan vara av bly med.

Karl: Det har olja i sig och elektroner. Där är stål och zink och ...nej, jag vet inte. Det är inte bra om det kommer ut i naturen.

Sune: Den kan oxidera. Det är något ämne som kommer ut ur det och jag vet inte vad det är men det blir i alla fall brunt.

Bob: Det kan ju explodera. Inne i finns den där degen, och kolstaven och i degen är där elektroner.

Jenny: För de är nog lite farligare än andra ämnen, det som är inuti är farligt. Det är elektricitet, de e:na som vi ritade, elektricitetsgrej.

Sonja: Det farliga är elektronerna i, och i den degen finns det kanske något också, sen är där lite av degen som har runnit ut.

Exempel kategori B1 år 2006:

Sonja: För det är giftiga saker i batterier som inte får komma ut någon annanstans. Jag tror det är någon slags deg i mitten som är giftig.

Exempel av kategori B2 år 2006:

Hans: Det kan ju börja brinna. Elen, det kan ju vara lite el kvar som stötar, som kanske exploderar. Sen är det något farligt där inne, vad det nu var...det kanske är håll i det så det kan läcka ut. Ja, så blir det förgiftat.

Otto: Ja, de har sån, vad heter det nu, bly i sig. Farligt om det kommer ut i naturen, förstör jättemycket. Ja, träd och växter, och sånt. Det är giftigt om det kommer så på marken. Det kan komma in i rötterna. Och så dör hela plantan, eller vad det heter, blomman.

Exempel kategori C1 år 2004:

Hans: Man lägger det i en batteriholk, det är ju farligt för naturen.

Exempel kategori C2 av Otto år 2005 och av Sune år 2006:

Otto: Inte slänga det bland vanliga sopor för om man ska göra ny plats och där är batteri också så blir det fel.

Sune: Om det kommer syra ut i marken så dör växter och det runt omkring. Vet inte vad som händer om det kommer i havet. Det är något giftigt i det. Fåglar kanske dör.

Begreppsväven om sopor i samhället och behovet att sopsortera anknyter till sopor i naturen, d.v.s. omsättningen av materia och energi i naturen respektive i samhället. I samhället är risken stor att sopor av olika slag blandas och att giftiga ämnen därigenom cirkulerar i kretsloppen. Eleverna använder naturvetenskapliga och tekniska begrepp för att se hur allt hänger samman. Som exempel nämner eleverna att återvinningen av papper innebär att man inte behöver hugga ner skog för där finns syre vi ska kunna andas. Sheehy et al. (2000) redovisar en undersökning där elever 8 till 11 år gamla får arbeta med en datorsimulering med uppgiften att hushålla med vatten och råvaror som trä för papperstillverkning. Samtidigt ska mängden avfall begränsas och återvinningsstrategier tillämpas i systemet. Metaller kan man göra av berg, men det är bättre att ta gammalt att återvinna och smälta ner. En elev säger att om man tar metallen ur berget försvinner berget. En rationell aspekt som också förekommer är att antalet gruvor kan begränsas genom en större effektivitet. Vidare ger eleverna i den här studien ytterligare exempel på ekonomiska aspekter som anknyter till sortering av sopor. Både Hans och Pia illustrerar detta med avseende sortering av glas- och metallsopor. Både exemplen är fångade i intervju år 2006.

Hans: Då skulle glas vara lite dyrare. Det hade ju tagit slut efter några år.

Pia: Vi skulle få bryta nytt hela tiden och det är onödigt för då slösar man på naturen.

Mary uttalar sig i intervjun år 2003 på följande sätt:

Mary: Min pappa säger att om man slutar köpa sådant godis med farligt papper om så kommer de inte att finnas sen. För det lönar sig inte att göra dem.

7.1.7 Rost

Rost kan användas som ett naturvetenskapligt och tekniskt begrepp, men också vara ett miljöbegrepp. Andersson (Projekt Nordlab-se, 2003b) beskriver rost som ett begrepp vars innebörd inte är självklar hos elever som avslutat grundskolan. Författaren har järn och den röda beläggningen som bildas när järnet läggs i utomhusmiljö under lång tid som utgångspunkt. Kemiska reaktioner och ett före – eftertänkande där nya ämnen uppstår på grund av kemiska och fysikaliska förändringar är obekant för många av eleverna. Rost förekommer också som ett särskilt uppdrag inom NTA-temat *Förändringar*. I denna studie vidgas begreppet genom att eleverna görs uppmärksamma på, var det blir rost, vilken färg rost har och varför rost bildas. Det innebär att rost innebär en nedbrytning eller vittring som uppträder på olika material i olika miljöer. Uttrycket rost utvecklas därmed till ett miljöbegrepp av betydelse för hållbar utveckling, som omfattar omsättning av energi och materia i natur och samhälle.

7.1.7.1 Begreppet rost fångat på video

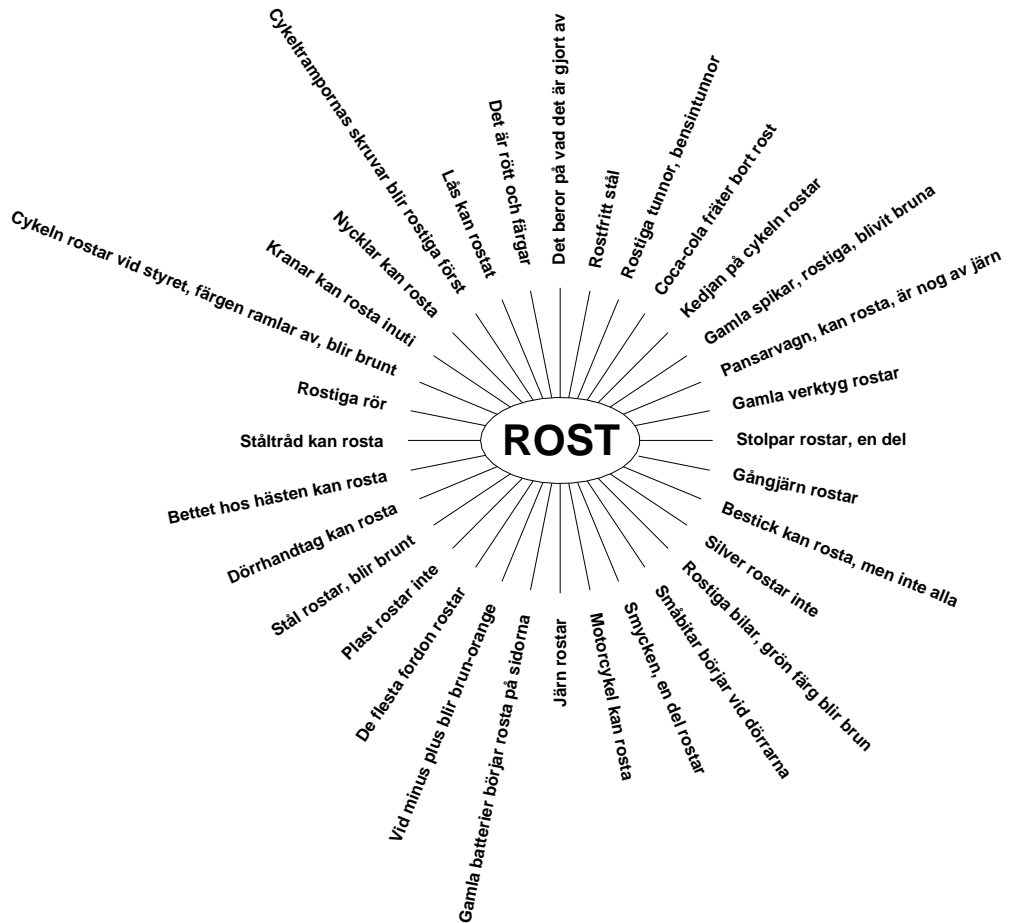
I anslutning till att de i klassen talat om luftföroreningar och vattnets kretslopp under en lektion med NTA- temat *Förändringar*, vårterminen 2004 utspelas följand dialog. Därefter äger en brainstorm rum om begreppet *rost*.

Del I

- Läraren: Finns det något ställe där man kan se att statyer..., att det har försvunnit på en staty?
- Ivar: Ja!
- Läraren: Vet du?
- Ivar: I parken.
- Läraren: Jag ska se om jag kan hitta någon bild där man kan se att delar av statyer har försvunnit för att det är så giftigt i luften. Finns på stora byggnader, ni har kanske hört talas om staden Rom...Har ni hört talas om staden Rom?
- Klassen: Ja!
- Läraren: Är det i Italien?
- Klassen: Ja!
- Läraren: Eller i Grekland.
- Klassen: Ja.
- Läraren: Där har de massor av statyer och det är så förorenat i luften så att de har gröpt bort saker, örön har trillat av och armar fräts sönder.

Del II

I klassen genomförs under vårterminen 2004 en brainstorm avseende begreppet rost i samband med NTA-temat *Förändringar*.



Figur 7.29. Redovisning av brainstorm avseende begreppet rost i samband med NTA-temat *Förändringar*.

- Läraren: Vad vet ni om rost?
Pelle: Rostat bröd. Toast.
Läraren: Rostat bröd. Mm. Hur ser bröd ut när det är rostat? Är det någon skillnad från vanligt bröd?
Pelle: Brunt.
Läraren: Bra, vad har ni mer hört om rost?

Efter ovanstående inledning av klassrumsdialogen växer de ord, uttryck och spel som figur 7.29 innehåller fram.

Del III

I följande sekvens, som också utspelas under vårterminen 2004, får eleverna uppgift att undersöka vad som händer när en bit stålull stoppas ner i ättiksyra i en plastpåse som sedan försluts. Enligt temat *Förändringar* arbetar eleverna med dokumentation av några ämnes ursprungliga egenskaper och fysikaliska tillstånd. I ett parallellförsök läggs stålull i en påse med vatten för att studeras efter en längre tid.

Läraren samlar klassen kring egenskaper hos stålull.

- Läraren: Så ja, alla på plats. Knipa igen munnen. Är det någon som kan känna på påsen med ättika och stålull. Känn på påsen med ättika och stålull. Vad är det som har skett?
Jenny: Vår är alldeles platt för Ivar har plattat den.
Eleverna: En kemisk reaktion!
Linda: En reaktion.
Läraren: Alldeles riktigt. Och ett nytt ämne håller på att bildas, vad heter detta nya ämne? Bob?
Bob: Rost.
Läraren: Er läxa blir att ni hemma ska skriva ner fem saker ni sett har rostat! Det behöver inte vara från nu till nästa torsdag.

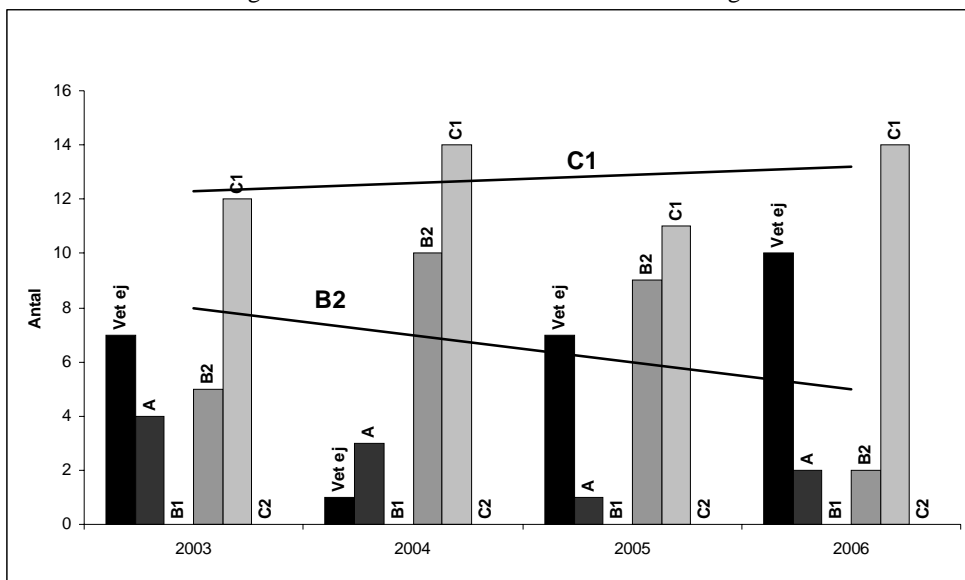
Nedan följer ett exempel på hur läxan behandlades av Pia.

- Pappas gamla cykel.
- Järn-gryta
- Grannens bil
- Grillen utomhus
- Skruv
- Synål

Figur 7.30. Elevanteckning av Pia från läxan eleverna fick angående fem saker som rostar.

7.1.7.2 Begreppsutveckling av begreppet rost

Resultatsammanställning av enkätsvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Hur bildas rost?*



Figur 7.31. Resultatsammanställning av enkätsvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Hur bildas rost?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga samband som är relaterade såväl till enbart de naturliga sfärerna, kategori B2, som till teknosfären/antroposfären, kategori C1, med trendlinjer.

Exempel kategori A, Hans år 2003, och Annika år 2004:

Hans: *För gamla saker blir rostiga.*

Annika: *För om det står länge blir det rost.*

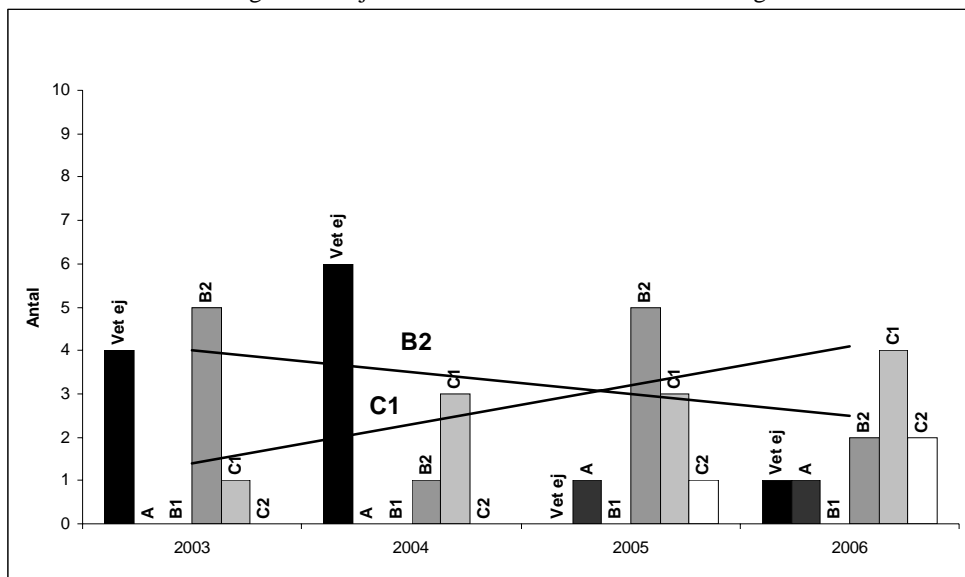
Exempel från kategori B2 år 2004:

Per: *När det har regnat mycket på något av järn.*

Kategori C1 exempel från enkät år 2005:

Bob: *Stål som har varit vått rostar.*

Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Hur bildas rost?*



Figur 7.32. Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2003-2006 över frågan: *Hur bildas rost?*
I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga samband som är relaterade till de naturliga sfärerna, B2, såväl som till teknosfären/antroposfären, C1.

Exempel på kategori A genom Ivar år 2004:

Ivar: När det är för gammalt.

B2 illustreras av Hans år 2003 och Otto år 2005:

Hans: De blir gamla och råkat ut för många saker. Om en grej har kommit på den.

Otto: Det är järn eller någon annan metall och så kommer det vatten på så rostar det.

Exempel kategori C1 exemplifieras genom Sune år 2004:

Sune: För plåtet har legat i vatten.

Jennys intervjusvar år 2005 och Sonjas intervjusvar år 2006 exemplifierar kategori C2.

Jenny: På gamla cyklar och järnstångar och lyktstolpar. Om det kommer vatten på den går färgen av och så blir det rost. Det rostar på metaller men inte på plast.

Sonja: Det rostar på cyklar och om det regnar och så blir det fuktigt och så kanske det kommer in mellan färgen och cykeln. Metaller rostar.

Begreppsväven om rost blir omfattande när eleverna får tillfälle att fritt utveckla olika begrepp som kan relateras till ett grundbegrepp. I likhet med Andersson (Projekt Nordlab-se, 2003b) använder eleverna naturvetenskapliga begrepp som oxidation, medan de inte kopplar detta till kemisk reaktion. De kan däremot relatera rost till flera tekniska begrepp och till och med beskriva vittring av statyer. Till detta kan resultaten om hur jord bildas genom stenars nedbrytning och bildning av förna kopplas.

7.1.8 Vanliga och miljövänliga fordon

Bilar, bussar och andra vardagliga begrepp för kategorisering av olika fordon ligger nära till för eleverna. För att beskriva fordon av olika slag används en bred begreppsövning med ord, uttryck och sammanhang som hör hemma i olika ämnesområden. Eleverna närmar sig problematiken från vitt skilda perspektiv. De värderingar som läggs i orden vanliga och miljövänliga är de ord som eleverna och läraren använder.

7.1.8.1 Begreppen vanliga och miljövänliga fordon fångade i videosekvenser över tid

Här arbetar eleverna med en uppföljning av en läxa. De har fått i uppgift att ta reda på vad en miljövänlig buss är. Lektionen äger rum i klassrummet vårterminen, 2004. Eftersom NO-läraren vid detta tillfälle tappat rösten deltar också klassläraren i samtalen.

Klassläraren: Vad är en miljövänlig buss? Var det någon som inte frågade någon vuxen? Vilket svar fick ni av era föräldrar? Det är inte alls säkert att alla vet vad det är.

Pia: Rapsolja eller biogas.

Klassläraren: De har alltså rapsolja eller biogas som drivmedel, alltså det som driver den fram, det som ersätter bensinen som vi har i vanliga bilar. Raps, vad är det?

Yngve: En sorts växt.

Klassläraren: Hur får vi ut olja ur fröna? Tänk er reklamen för Skåne, sommarkort som man brukar se med illgula fält. Vad vackert. Vad är det illgula du tittar på? Ja, rapsblommor, så vackert knallgult.

Karl: Min pappa sa att en miljövänlig buss kunde gå på biogas.

NO-läraren skriver på tavlan att hans pappa har rätt.

Emma: Min mamma sa att den kunde ha solceller.

Klassläraren: Det var en väldigt modern idé. Solceller.

NO-läraren skriver att en del försök har gjorts i Göteborg med solceller. Vidare går det att läsa på tavlan: *Hoppas att vi får det i framtiden.*

Klassläraren: Det är en superbra idé. Då nyttjar man bara solen som den är och det blir inga avgaser. Inget som förpestar luften eller gör luften ohälsosam som förstör för djuren och oss. Så din mamma har också rätt, Emma. Hur får man ut olja från de vackra rapsväxterna?

Stefan: Får jag bara säga en sak? Jag har en sånt litet vindkraftverk som är soldrivet.

NO-läraren fortsätter att skriva på tavlan: *Det är kul med solceller – konstigt att det funkar?*

Klassläraren: Är det konstigt att det funkar? Ja, det kan man tycka om man bor i Sverige. Speciellt på vintern kan man undra hur i hela fridens namn något kan starta på en cylinder. Jag kan i alla fall inte dra igång på en solcell på vintern. Varför är det besvärligt i Sverige med solceller. Hur funkar detta?

Samtalet om rapsväxter och rapsolja fortsätter.

Klassläraren: Hur får vi ut olja ur rapsen? Vi ger oss ju inte på rapsen när den är så gul och grann, får vi säga det? Vi väntar ju till den gula rapsen försvunnit. Om vi jämför med nyponros som blommar på sommaren på, stranden. På hösten är den borta, men vad ser man då? Den förvandlar sig så att den kan föröka sig. Vi börjar nära oss svaret. Vad finns där då – där blomman fanns innan?

Sune: Där blomman satt där finns en sådan grej.

Klassläraren: Vaddå för en grej?

Sune: En grej brukar sitta där.

Klassläraren: Men vad är det för en grej? Det vi har målat.

Sune: Nektar.

Klassläraren: Nektar finns i blomman!

NO-läraren skriver på tavlan och klassläraren läser texten på tavlan.

Klassläraren: Det är rätt Sune men vad är det för en grej?

Bob: Det är rapset.

Klassläraren: Vaddå rapset?

Tim: Det ligger väl i en sak där?

Klassläraren: Vad är rapset? Det är som 10 000 kronors frågan. Den ligger i en sak där. Vad är grejen? Det blir olja av den där grejen, men vad är grejen?

Yngve: Nu börjas det igen.

Tim: Ett frö

Klassläraren: Ett frö säger Tim. Kan ni alla säga det allihopa? Ett frö!

Eleverna i kör:Ett frö!

Innan eleverna ger sig på frågan hur oljan kan erhållas från fröet redovisas i en lång dialog vilken del av rapsen som är föremål för utvinning av olja. I sekvensen ovan föreslår eleverna både sak, grej och nektar innan de kommer fram till frö. Klassläraren försöker ta till vara elevernas erfarenheter t.ex. vad de gjort i ämnet bild och vad de målat och tecknat under andra lektioner eftersom hon ju har en total överblick över klassens arbete. NO-läraren beskriver i *stimulated recall* att hon och klassläraren har olika uppfattningar om alternativa energikällor, men diskussionen följer den naturvetenskapliga inriktningen.

Eleverna pratar först om en ”grej” och efter många frågor ges svaret fröet. Dialogen fortsätter med den ursprungliga frågan ”Hur får man ut oljan från rapset?”

Klassläraren: Nästa kluriga fråga. Hur får jag ut olja från fröet?

Stefan: Man öppnar fröet.

Linda: Steker.

Klassläraren: Det kan man inte göra, men det var en idé.

Tim: Kanske pressa dem.

Klassläraren: Bra, då kommer det ut olja som fanns i fröet. Alla de dropparna kan man sen slå samman och få rapsolja. Man kan använda det till bussen.

Olika förslag dyker även upp här, t.ex. att man ska öppna fröet, steka det eller pressa det för att få ut oljan. Pias andra förslag, biogas, följs upp:

Klassläraren följer NO-lärarens skrift på tavlan.

Klassläraren: När man gräver ner en gren i marken förmultnar den. Sopor som förmultnar. Vad händer när soporna förmultnar.

Magnus: Det blir jord.

Klassläraren: Ja, det stämmer det är ett led i det. Men vad händer när det håller på att förmultna? När de håller på att förmultna.... Det heter ju Gas vet ni vad det är och ...

Ledtråd som skrivs av NO-läraren på tavlan: *Vad gjorde vi förra gången? Vad fick vi när vi hade bikarbonat och ättiksyra? Då bildades det en gas.*

Otto: Vad var det nu?

Klassläraren: Det bildas gas när soporna förmultnar... Så det bildas en gas när sopor förmultnar.

Magnus: Biogas.

NO-läraren skriver biogas på tavlan: *Nu repeterar vi. Rapsolja. Frön. Biogas från sopor som förmultnar*

Klassläraren gör i detta fall reflektioner tillsammans med eleverna genom att de tillsammans i kör repeterar nya termer och begrepp som tas upp. I detta fall blir det hela ramsor som de rappar tillsammans. De använder rytm i lärandet. Tillsammans rappar eleverna: *Rapsolja får vi ur rapssets frö. Biogas får vi när sopor förmultnar.* Eleverna slår takten i bänkarna.

Det tredje svaret eleverna tagit med sig på läxan var solceller. Att förstå hur en solcell fungerar kräver kunskaper och förståelse av begrepp som grundämne, atom, molekyl, elektron m.fl. Som tidigare nämnts ges det utrymme för yngre elever att möta begrepp med naturvetenskapligt innehåll tidigt för att enligt spiralprincipen bygga vidare på dem efterhand (Bruner, 1960).

Klassläraren: Det är kul med solceller och konstigt att det fungerar! Hur i hela världen fungerar det? Hur funkar det? En bil som går på solceller. Har jag en sån och går ut på trappan på morgonen så upptäcker jag att den inte fungerar – hur gör jag då? Går jag bara in och lägger mig igen och kan inte komma till jobbet! Det låter lite nervöst. En bil med solceller – det blir många dagar hemma om man bor i Sverige.

NO-läraren visar en solcell.

Klassläraren: Först har vi en solcell, den där platta brickan, sen är där en motor. Solcell och motor. Kan ni säga det allihopa?

Elever i kör: Solcell och motor!

Klassläraren: På den där motorn så sitter där en liten pigg. Hur sätter man ihop de här och får den att röra sig med hjälp av solcellen? Hur ska jag sätta samman dessa?

Björn: Man sätter den mot den plattan där och kopplar sladdarna.

Klassläraren: Kom fram Björn och visar hur man ska sätta sladdarna. Det ser tjuvigt ut. Men! Den fungerar ju inte. Vad måste du göra nu? Det var rätt kopplat Björn.

Tim: Solcellen ska man ta mot solen. Det är bäst om du går ut?

Klassläraren: Prova med att sätta solfångaren mot solen.

Björn går fram till fönstret med solcellen.

Tim: Är det inte bäst om du går ut?

Klassläraren ger Björn *feed back* men den fungerar inte, solcellen. Tim föreslår att de nog ska gå ut. I *stimulated recall* berättar läraren hur hon gärna velat följa upp den här sekvensen med

varierad mängd solljus eftersom den använda solcellen kan fungera vid olika ljusmängd. När de går ut visar det sig att solcellen fungerar.

Klassläraren läser upp det NO-läraren skriver på tavlan.

Klassläraren: Solcellen ser ut så här inuti. Två bitar med kisel, ett grundämne.

NO-läraren går igenom och ritar upp på tavlan hur den fungerar med två bitar kisel och elektroner som hoppar mellan dem.

Klassläraren: Vad är kisel? Ett grundämne precis som magnesium är. Magnesium det var det ni tittade förra gången. Det var då det brann... Då var det Magnesium – ett grundämne. Kommer ni ihåg när ni delade tändstickan i små bitar?

Elever i kör: Ja!

Klassläraren: Vad hette den minsta biten? Som vi inte kunde se... Vi kunde inte ens se dem.

Mary: Molekyler.

Klassläraren: Nästan. Ännu mindre... Ännu mindre än molekyler.

Mary: Atomer.

Klassläraren: Oj, bra Mary. Atomer. För att få en molekyl behöver vi flera atomer. Bakar vi ihop flera atomer blir det molekyl. Atomer finns i allt, precis allting, samma slag atomer. Alla grundämnena har olika atomer. Om man skulle kunna se i en atom. I en atom ser du något som heter elektroner och protoner. Kan ni säga det?

Eleverna i kör: Elektroner och protoner.

I anslutning till elevernas diskussion om solceller som alternativt drivmedel för fordon tar läraren upp följande.

Klassläraren: Elektroner kan vi känna när de rör sig från en sak till en annan. Elektroner, vi kan inte se dem. De har gömt sig men vi kan ändå hålla koll på dem hur de rör sig. Då får vi en stöt. Har ni fått någon stöt från något någon gång?

Många elever berättar om sina erfarenheter. Jag har fått en stöt från min mamma. En elevs mamma blev träffad av blixten. Någon har tagit i ett elstängsel. Flera elever vill säga sitt.

Tre stötar av min mamma när hon tar i mig.

Lutat sig mot stängsel.

Jag fick en stöt en gång från min mammas ring.

Jag höll i ett sånt där elstängsel en gång och fick en bamsestöt.

Min mamma har fått en riktig stöt en gång. Hon blev träffad av blixten.

Jag har fått.

På en dag kan jag ha fått tre stötar av min mamma. När hon tar i mig.

När jag var på dagis en gång så var jag så trött så jag lutade mig mot ett stängsel.

Klassläraren: Det finns alltså elektroner i din mammas ring som vill hoppa över till dig. Nu går vi vidare med solcellen. I kisel finns elektroner, elektroner finns ju i alla atomer. När solen lyser på kiselplattan. Så hoppar "elektronerna" från ena kiselplattan till den andra. När elektroner rör sig kan vi fånga upp detta och göra det till en rörelse i motorns "Pigg".

Paus

Klassläraren: Rännandet mellan elektronerna skapar en rörelse. Sen kan man koppla något på den piggen. Förstod ni?

Eleverna: Ja!

Eleverna möter återkommande begreppen atom och molekyl och påminns om situationer som t.ex. när de delade en tändsticka i så många bitar de bara kunde gemensamt. Deras begreppsutveckling omfattar såväl detaljer som hela samband och sammanhang. Det finns också tydliga anknytningar till jord och liv t.ex. naturens sopor. Från det tekniska och miljövetenskapliga begreppet solcell utvecklas naturvetenskapliga begrepp tillämpade inom elläran i NO-lärandet.

Följande sekvens handlar om hur avgaser påverkar liv i olika former. Eleverna befinner sig på naturskolan, höstterminen 2004, och talar om hur träden kan förorenas av t.ex. bilavgaser.

Läraren: Hur kan det komma föroreningar i luften, Yngve?

Yngve: Bilar.

Läraren: Hur kan det komma upp till trädet? Avgaserna är ju här nere och avgaserna är här.

Yngve: Åker upp själv.

Läraren: Det kan man säga åker upp och kan förorena, t.ex. om det regnar kan det bli skit i en droppe och sen kanske trädet suger upp det.... Som Karin sa innan...så får den i sig det och mår inte bra. Det hade ju inte varit så bra om vi satte ett glas vatten till avgasröret och sen var bilen igång och det kom avgaser i vattnet och sen att vi skulle dricka det. Kan ju inte vara så bra för oss och ej för träden. Vi tar Karl också.

Karl: Det kan komma från fabriker också avgaser.

Läraren: Alldeles riktigt!

Yngve: Kärnkraftverk.

Läraren: Ja, om det blir katastrof så visst så kan kärnkraftverk också orsaka föroreningar. Visst.

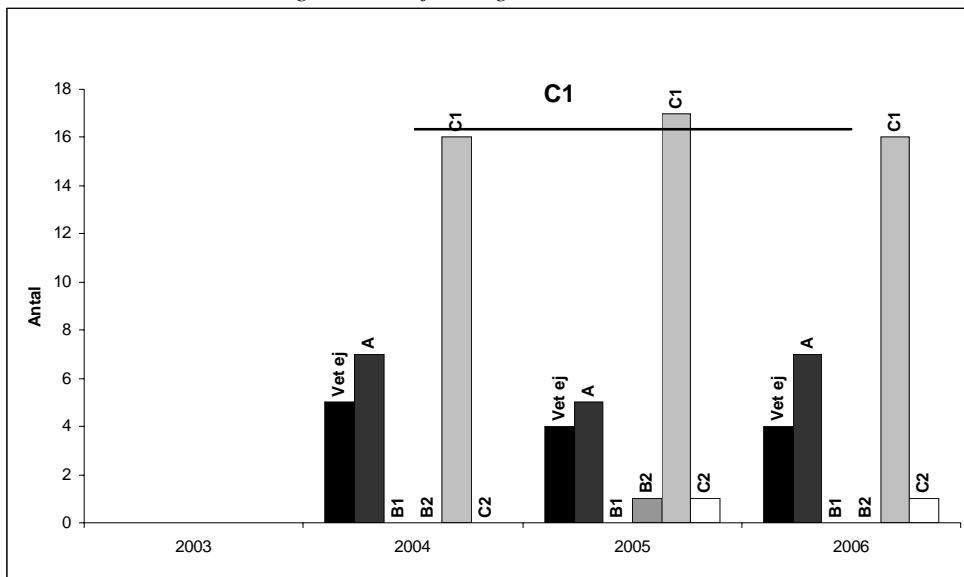
Bob: De där avgaserna är varma och varm luft stiger.

Läraren: Du menar att eftersom avgaserna är varma och varm luft stiger och det finns föroreningar i avgaserna så stiger det upp. Jättebra!

Det kan noteras att eleverna i första hand talar om hur växter påverkas av avgaser. Läraren betonar också ett annat perspektiv, nämligen människan.

7.1.8.2 Begreppsutveckling av begreppen vanliga och miljövänliga fordon

Resultatsammanställning av enkätsvar åren 2004-2006 beträffande frågan: *Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?*



Figur 7.33. Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan: *Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?* I figuren markeras också hur eleverna utvecklar mer komplicerade naturliga samband som även är relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C1, med en trendlinje.

Exempel på kategori A år 2004:

Stig: *De är drivna på el eller biogas.*

Per: *De går på rapsolja eller el.*

Jennys enkätsvar år 2005 tillhör kategori B2:

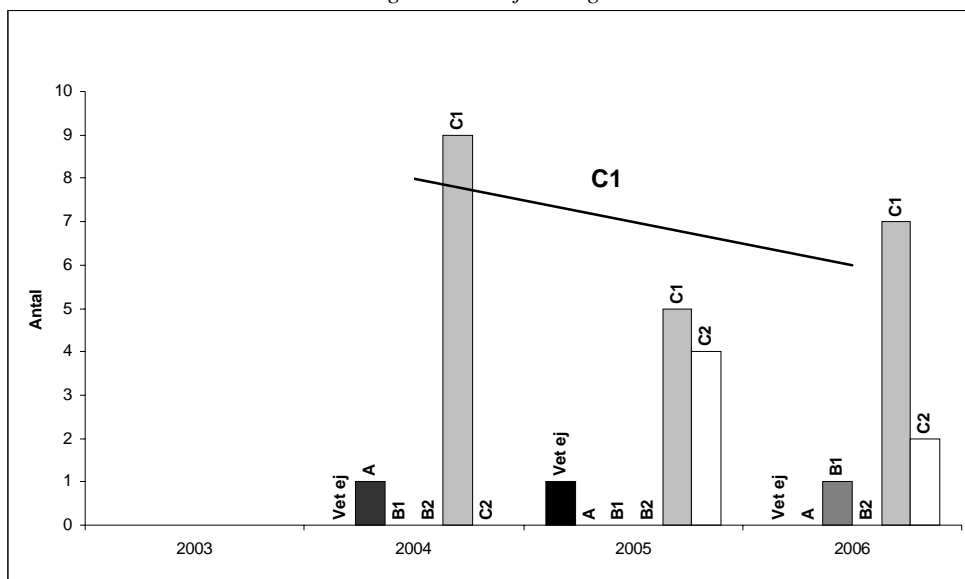
Jenny: *Det är bra för naturen och djuren.*

Exemplifiering av enkätsvar, kategori C1, år 2004 av Karl och år 2005 av Sonja:

Karl: *En miljövänlig buss går på batteri och en vanlig buss släpper ut avgaser.*

Sonja: *De släpper ut naturvänliga gaser. Till exempel biogas.*

Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2004–2006 beträffande frågan:
Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?



Figur 7.34. Resultatsammanställning av intervjusvar över samtliga kring frågan: *Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?* Antalet elever i kategori C1 och C2 är detsamma åren 2004, 2005 och 2006. Trendlinjen över kategori C1 är markerad i figuren.

Exempel på kategori A, Ivar år 2004:

Ivar: Det är bra att de finns när man ska åka.

År 2006 representerar Ivars intervjusvar kategori B1:

Ivar: Inte bra för kroppen. Inte bra för något.

Ottos och Sunes intervjuutsagor tillhör kategori C1 år 2004:

Otto: Den går inte på farliga ämnen. Så att om... Det är inte så farligt De vanliga släpper ut avgaser i luften.

Sune: Inte giftigt, släpper inte ut giftiga ämnen. Förstör inte naturen.

Exemplifiering av kategori C2 från Bobs intervjusvar år 2006:

Bob: De vanliga går på bensin oftast, ibland diesel. Sen finns det biogas och etanol. Biogas är mycket mer miljövänligt. Och så slipper man skatten i Stockholm. Och på många ställen får man parkera gratis. Får man betala så åker inte lika många eller så åker de buss. Så blir det inte lika många avgaser.

Dialogen när begreppsnetet om vanliga och miljövänliga fordon vävs präglas av stor öppenhet. Nätet vävs av begrepp knutna till olika ämnen som formuleras till naturvetenskapliga begrepp och miljöbegrepp men också begrepp för lärande i hållbar utveckling. Atom- och molekylnivån använder eleverna naturligt, när de utvecklar begrepp om tekniska lösningar som t.ex. solcellens konstruktion och produktion. I longitudinella studier exempelvis om barns användande av molekylbegreppet i tidig ålder menar Holgersson och Löfgren (2004) att växlingen mellan ett mikro- och makroperspektiv blir tydligt, men det är inte vanligt att atom- och molekylbegreppet gör inträde tidigt. För en del elever är atom- och molekylbegreppen mer tillgängliga för att lära sig begrepp och samband än andra. När det

gäller unga elevers begreppsbyggnad i fråga om energi och energislöseri fick, enligt Kruger och Summers (2000), eleverna svara på frågor beträffande energi. Att inte slösa med energi och att använda endast den energi som behövs kunde eleverna relatera till vad människan bestämmer över. Däremot är begrepp som energieffektivisering ett vetenskapligt begrepp som har såväl naturvetenskapliga som tekniska aspekter liksom antropogena, exempelvis människans val av energilösningar (Kruger & Summers, 2000).

7.1.9 Växthus och den ökade växthuseffekten

Begrepp som behandlar växthuseffekt och ökad växthuseffekt ingår i en komplicerad begreppswebb som i många fall leder till missuppfattningar. Det är t.ex. vanligt att den ökade växthuseffekten sammanblandas med ozonlagrets uttunnning. Studier som genomförts på äldre elever och studenter visar att dessa också drabbas av liknande förvecklingar eftersom problematiken ofta behandlas samtidigt och att det även för experterna är svårt att skilja mellan värmestrålning och UV-strålning (Andersson et al., 1999; Ekborg, 2002; Jeffries et al., 2001). Att det uppstår missuppfattningar har också påpekats av Kirkeby-Hansen (2006) och Österlind (2005). Utgångspunkterna i denna studie är med hänsyn till ovanstående att studera hur eleverna kan utveckla begrepp inom området växthus och ökad växthuseffekt med NTA-temat förändringar som stöd.

7.1.9.1 Begreppen växthus och den ökade växthuseffekten fångade i videosekvenser över tid

Under NTA-temat *Förändringar* i NO-sal under vårterminen, 2004 utspelar sig följande dialog. Först behandlas begreppet kemisk reaktion och sättet att arbeta med NTA-teman för att bli bekanta med olika ämnes specifika egenskaper. Sekvenser fortsätter med samtal om vad som händer när olika ämnen reagerar med varandra och nybildade ämnens egenskaper. Till sist samtalar lärare och elever om koldioxid och dess påverkan på naturen.

Del I

Läraren: Vad är en kemisk reaktion?

Hans: När något händer. Reagerar.

Läraren: Vad är det som händer? Har du gjort något försök där något händer? Något reagerar så du, när något händer. En kemisk reaktion är när vi stoppar mat in i munnen och sen kommer den ner till magen. Vad händer i magen?

Yngve: Det krossas.

Läraren: Är det något som kör och krossar den, någon sådan sten som krossar, eller?

Yngve: Nej.

Läraren: Nähä. Hur gör den då? Ja, hur är det? Vad är det som händer? Den krossas. Hur menar du då att den krossas? Man smälter ner det. Man smälter ner det. Är det så att det är så varmt inne i magen att det smälter då? Är det det? Vad tror Björn? Är det så varmt inne i magen att maten smälter?

Björn: Man tuggar det kanske så blir det mindre bitar. Sen smälter det där.

Läraren: Man tuggar det och så blir det mindre bitar. Ja. Vad sa du sen händer när det kommer ner i magen? Vad sa du sen händer när det kommer ner i magen?

Björn: Ja, sen så när det är mindre bitar så är det lättare att smälta.

Läraren: Precis. Så när det är mindre bitar blir det lättare att smälta. Okej.

Läraren: Är det fler som tror så? Att magen är så varm så att maten smälter? Stig, vad tror du?

Stig: Magsyran.

- Läraren: Vad är magsyra för något? Vad gör magsyran?
 Stig: Smälter.
 Läraren: Ja, den smälter maten. Hur gör den med det?
 Stig: Magsyran löser upp det man ätit.
 Läraren: Ja. Hörde alla vad Stig sa?
 Eleverna: Nej.
 Läraren: Ta det en gång till, Stig.
 Stig: Magsyran löser upp maten.
 Läraren: Magsyran löser upp maten. Maten löses upp. Hm. Är det ungefär som när vi hällde saltet i vattnet? Vad händer med saltet då?
 Tim: Det löses upp.
 Läraren: Det löses upp. Då är det någon syra som Stig sa innan, magsyran, som är rinnande, som finns i magen som löser upp det.
 Karl: Man kan säga att man smälter maten.
 Läraren: Ja, det säger man. Man säger att man ska smälta maten. Men det som Stig säger är faktiskt alldeles riktigt. Maten löses upp i mindre bitar. Maten löses, den delas i mindre bitar och hur ser det ut sen då? När det kommer ut på andra sidan? Är det stora potatisbitar som kommer ut på andra sidan?
 Läraren: Sätts de ihop igen, när de kommit ut bakvägen. Stig, vad säger du?
 Stig: Nej.
 Läraren: Inte? Vad har då hänt då? Hur ser den ut så, potatisen, som du stoppade i munnen?
 Östen: Helt brun.
 Stig: Brun.
 Läraren: Brun. Ofta i alla fall. Den har bytt färg. Hm.
 Läraren: Kan du liksom säga *Där är min potatis* när du pressar ut en korb. Kan du säga att det här är min potatis? Det stämmer ju inte med allt. När man sväljer till exempel bönor kan de komma ut hela på andra sidan. Bönor är hårdsmälta. Hm. Egentligen säger man fel, Karl, när man säger att man smälter maten. Egentligen säger vi fel och ofta är det vi vuxna som säger fel att vi ska smälta maten. Det är kanske därifrån du har hört det? Egentligen så spjälkar vi, delar maten i mindre bitar, så som Stig sa, och sen så kommer den ut i småbitar. Men om vi har en bajskorb så kan vi ju inte göra om den till en potatis, eller hur?
 Eleverna: Nej!
 Läraren: Det har hänt en kemisk reaktion i vår mage. Stoppar vi in en hel potatis så kommer det ut något helt annat på andra sidan. Det har skett en kemisk reaktion. Hm. Konstigt va? Och idag ska vi kolla några kemiska reaktioner. Vi ska börja med att titta på två ämnen och då ska vi skriva om egenskaper. Hur gör man då om man skriver om egenskaperna?
 Östen: När man skriver om saker man kan göra.
 Läraren: Om jag har en penna. Vad säger du då att den kan göra?
 Östen: Skriva.
 Läraren: Skriva. Är det mer med den här pennan, fler egenskaper med denna penna?
 Östen: Man kan ta av korken.
 Läraren: Man kan ta av korken. Fler grejor?
 Östen: Rita.
 Läraren: Rita med den. Fler saker? Björn?
 Björn: Man kan sätta på korken.

I elevernas arbete med NTA- teman och dess uppdrag är ett grundläggande arbetssätt att beskriva och dokumentera olika skeenden t.ex. ämnes egenskaper. Eleverna jobbar med egenskaper hos bikarbonat och ättiksyra. Enligt NTA-temat *Förändringar*, ser de vad som sker när de håller bikarbonat i vatten och bikarbonat i ättiksyra. Även vad som händer med ett magnesiumband över en öppen låga illustrerar en kemisk reaktion.

Läraren: Vilka var egenskaperna?

Eleverna svarar:

*Smått vitt pulver
Ser ut som bakpulver
Luktar konstigt
Det dammar
Mjukt
Ser ut som snöflingor
Fast
Ser ut som en atmosfär (det blev vitt överallt och det såg ut som stjärnor)
Klumpar
Kan bli olika former
Man kan måla med det
Man kan måla en tårta, bläckfisk och olika former.*

Nedan följer ett exempel av en elevanteckning avseende arbetet att beskriva några egenskaper.

Uppdrag ① 20 Nov
Vilka egenskaper
har vatten?
Färg: Det är genomskinlig.
Form: Det tar form efter det är i.
Lukt: Det luktar inget speciellt.
hörsel: Det susar lite.
Kännsel: Det känns vått.
Det är vatten.



uppdrag 23 27 Nov
Vilka egenskaper har en tablet?
yta - Den är skrovlig.
form. - rund och platt.
färg - Den är vit.
lukt - Den luktar beskt.
Det är en tablet.

Figur 7.35. Elevanteckning av Jenny vid arbetet med NTA-temat *Förändringar* beträffande egenskaper för vatten och en tablet.

Den första uppgiften eleverna får är att blanda bikarbonat med vatten.

Läraren: Hur förändras bikarbonatet när man håller det i vatten, och hur förändras vattnet? Håll i hälften av bikarbonatet och rör sen med en sked.

Aktivitet följer. Läraren samlar ihop klassen.

Jenny: Det blir vitt.
Läraren: Sen då?
Emma: Det löstes upp som en tablett.
Linda: Bikarbonatet åkte snabbt ner till botten.
Läraren: Bikarbonatet åkte snabbt ner till botten av glaset. Är det fortfarande vitt? I botten. Är hela vit? Vit i botten?
Kenny: Det löstes upp.
Läraren: Man skriver det man själv tycker sig se.
Läraren: Har vi något mer?
Östen: Det luktade godis.
Läraren: Det luktade godis. I vart fall tyckte Östen det. Då provar vi nästa. Nästa fråga: Ättika.
Läraren: Ättika.
Karl: Det luktar illa.
Magnus: Ättiksgurka finns i affären.
Läraren: Har ni hört talas om det innan?
Maria: Min mormor brukar göra egen inlagd gurka. Ättiksgurka.
Läraren: Hur gör hon då?
Linda: Hon tar gurka, ättika, socker...
Läraren: Vad gör hon med det? Hur ser gurkorna ut efter ett tag?
Linda: De blir mjuka.
Läraren: Är det fler egenskaper som förändras. Blir de svarta?
Linda: Nej, smaken ändras.

Läraren: Jättebra. Vilka egenskaper har ättika?

Ordet egenskaper repeteras. Läraren visar hur man gör när man luktar på främmande ämnen. De håller bikarbonat i ättiksyra.

Läraren: Vad händer? Vad hände Emma? Vad händer?

Emma: Det bubblar.

Läraren: Var tog allt vägen? Bob?

Bob: Det började bubbla.

Läraren: Vad blev det då? Vi hade ju vätska, ättika, och bikarbonat som Pia och Sonja sa var fast. Vad hände. Vad hände när de träffade varandra?

Yngve: Det löstes upp.

Läraren: Det löstes upp och det blev....

Bob: Bubbla.

Yngve: Löstes upp.

Läraren: Det bubblar. Det löstes upp. Vad var det ni såg? Vi pratade ju om tre olika tillstånd. Det var fast. Det var vätska och så det tredje. Östen?

Östen: Gas.

Läraren: Precis. Och när det bubblade. Vad fanns inuti de här bubblorna? Bob?

Bob: Luft.

Läraren: Är det bara vanlig luft?

Bob: Nej, gas.

Läraren: Det är en gas inuti bubblorna. Alldeles riktigt.

Östen: Ska man skriva det?

Läraren: Ja, det ska man. Det bildas en gas. De här bubblorna blir gas och gasen ska jag berätta vad den heter. Gasen heter koldioxid.

Elev: Är den farlig?

Läraren: Inte i små mängder. Du andas ju ut koldioxid, eller hur? Var finns det mer koldioxid? Var bubblar det och pyser så här? Var har ni varit med om att det pyser och bubblar? Björn?

Björn: När man lägger tabletter i vatten och när man skakar och öppnat en läsk.

Läraren: Alldeles riktigt. Vad är det som kommer då?

Björn: Koldioxid.

Läraren: Alldeles riktigt. Koldioxid. Alldeles riktigt. Gas.

Emma: Det ser ut som sockerdricka.

Läraren: Det ser ut som sockerdricka det här. Jättebra.

Ingvar: I champagne.

Läraren: Hur vet du det? Brukar ni dricka champagne hemma?

Ingvar: Nej.

Läraren: Eller hur vet du det?

Ingvar: Jag har sett det.

Läraren: Hm.

Ingvar: En gång när pappa öppnade en flaska åkte korken upp i taket och det sprutade jättemycket.

Läraren: Ja, det måste ha varit mycket koldioxid i champagnen.

Bob: Jag hade en påskmust och flaskan sprängdes. Jag fick en ny gratis.

Läraren: Vilken tur att du fick en ny gratis då. Det var mycket koldioxid som sprutade ut. Var det klistrigt då?

Bob: Ja.

Läraren: Vad var det? Vad finns det mer i läsk än koldioxid?

Bob: Socker.

Läraren: Socker ja.

Läraren: Nu hände en kemisk reaktion. Vad hände vid en kemisk reaktion?

Stefan: Ett nytt ämne.

Läraren: Det blev ett alldeles nytt ämne. Vad hette det ämnet, Kenny? Vad hette det nya ämne som bildades i den kemiska reaktionen med ättika och bikarbonat? Vad blev det? Den kemiska reaktionen mellan ättika och bikarbonat. Det blev något nytt. Nytt ämne. Vadå för nytt ämne? Pia?

Pia: Gas.

Läraren: En gas. Och vad hette gasen?

Pia: Koldioxid.

Läraren: Koldioxid. Alldeles riktigt. Det blev ett nytt ämne.

Mary: Koldioxid.

Läraren: Jag använder det när jag bakar. Vad hände med en mjuk kaka då?

Bob: Den blir större och hårdare.

Läraren: Ja, hårdare också för det du håller i är ju rinnigt. Vad finns i hålen? Vad blir det mer?

Läraren: Vad blir det om jag har bakpulver och bikarbonat? Vad blir det som gör att den blir större?

Stig: Det blir bubblor i det.

Läraren: Ja, och koldioxid i. Bikarbonat är ett slags bakpulver.

Bob: Det har man när man bakar.

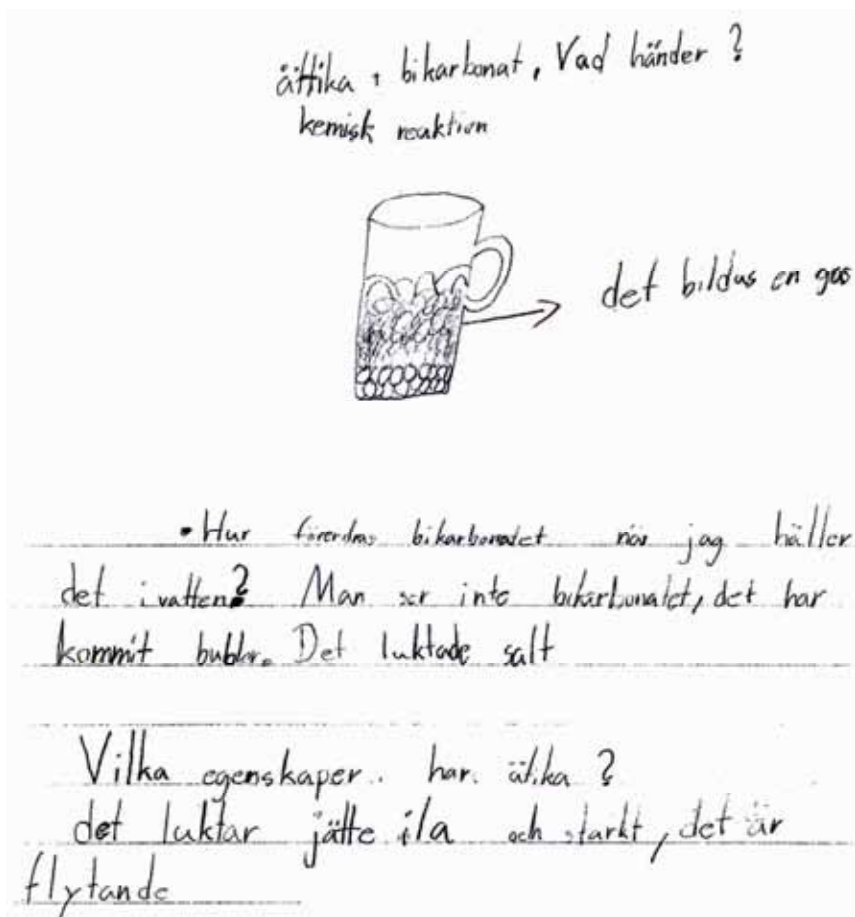
Läraren: De har samma egenskaper. Vad händer med kakan när jag sätter in den i ugnen? Bob? Vi sätter inte in någon ättika ju?

Bob: Nej, då skulle den sprängas.

Läraren: Vad sätter vi då till när vi sätter den i ugnen? Kakan är ju inte färdig om jag inte sätter in den i ugnen. Vad behövs?

Stig: Värme.

Läraren: Precis. Så det kan bli koldioxid av värme också. Kakan höjer sig och blir hålig. Alltså bikarbonat eller bakpulver, när den får värme så blir det koldioxid.



Figur 7.36. Elevanteckning av Karl i samband med NTA-temat *Förändringar* och experimentet om vad som händer när ättika blandas med bikarbonat.

Del II

Avslutande samtal om koldioxid följer nedan.

Läraren: Koldioxid. Vi andas ut koldioxid.

Ingvar: Ska vi ha någon läxa?

Läraren: Ja, det ska ni så det är bäst att lyssna nu. Koldioxid kommer ut när vi andas ut och träden, träden använder det, de tar in det. Och så kan de växa. När vi eldar bensen eller använder bensen, när vi kör bilar. Från avgasrör i bilar kommer det ut koldioxid. När växterna förmultnar, när de blir jord, så försvinner det en del koldioxid också. Koldioxid finns det i luften och det är helt ok. Men om det blir för mycket koldioxid i luften. Då är det så här att, man kan säga, den täpper till så att strålarna från solen inte kommer ut från jordklotet utan det stannar härinne. Och hur blir temperaturen här då? Bob?

Bob: Jättevarmt. Så har det ju varit där i Paris.

Läraren: Alldeles riktigt. Det blir varmt. Kanske inte alltid jättevarmt.

Bob: Nej, men varmare. Efter en stund blir det i alla fall jättevarmt.

Läraren: Ja, och vad händer på jordklotet om det blir väldigt varmt? Vad händer med till exempel...ja vad händer? Vad tror Björn?

Björn: En annan sak. Vi skickade ut jättemycket koldioxid i somras. Vi hällde bensin på ett gammalt halmtak på landet vi hade tagit ner. Sicken brasa det blev. Jag blev tvungen att sitta inne i huset.

Läraren: Jaså? Ojdå!

Stig: Polerna smälter om det blir för varmt.

Läraren: Hörde alla vad Stig sa?

Stig: Polerna smälter om det blir för varmt.

Läraren: Vad händer om isen smälter på polerna? Vad händer då?

Hans: Havet blir högre.

Läraren: Precis, havet blir högre. Vad händer med de som bor vid stranden då?

Jenny: Översvämning. De får bo någon annanstans.

Läraren: Precis. De får bo någon annanstans. De kan inte bo vid havet för där blir så mycket vatten.

Bob: Dit inte vattnet kommer, det torkar ut.

Läraren: Där vattnet inte kommer där torkar det ofta ut. För där torkar det ut och där är det de som inte får något vatten. Alldeles riktigt. Mm. För att det blir för varmt menar du?

Bob: Mm.

Karl: I Frankrike där är det sånt tidsvatten så på vintern med så är det iväg vattnet och sen kommer det in igen.

Läraren: Precis. Och det har inte att göra med att det blir så mycket varmare utan det har ju att göra med månens dragningskraft. Den ser till att det blir ebb och flod. Från timme till timme så är där mycket vatten eller lite vatten. Just vid den kusten. Men om det blir så som Stig säger, om vi släpper ut mycket koldioxid och det är ju inte bara koldioxid, det är ju bara en liten del men om vi fortsätter släppa ut olika gifter. Koldioxid är en utav de gaserna som kan se till att det blir varmare här. Och då är det precis som Stig säger att isen på polerna kan smälta. Och då är det också så att havets vattennivå höjer sig.

Bob: Det blir växthuseffekt.

Läraren: Precis, Bob. Det blir en växthuseffekt. Hur är det i ett växthus?

Stig: Varmt.

Bob: Fuktigt.

Läraren: Fuktigt också. Alldeles riktigt. Så om vi släpper ut för mycket koldioxid så om vi kör mycket bil till exempel eller åker mycket flygplan så kan det hända det som Stig säger. Vad kan vi göra istället då? Istället för att åka så mycket bil? Om ni blir skjutsade till och från fotbollsträningen. Vad kan ni göra istället?

Ingvar: Cykla eller gå.

Läraren: Jättebra. Cykla eller gå.

Bob: Åka tåg.

Läraren: Åka tåg. Alldeles riktigt.

Läraren: Fler förslag?

Per: Jag cyklar till skolan.

Läraren: Jättebra. Du ber inte mamma eller pappa skjutsa dig?

Per: Nej.

Jenny: Jag går.

Läraren: Det är bättre för naturens skull och för vår också.

Pelle: Åka buss till skolan.

Läraren: Det skulle man också kunna göra. Varför är buss bättre än bil? Pelle? Vad tror du? Är det någon som kan hjälpa Pelle? Varför är det bättre med buss än bil? Björn?

Björn: De är miljöanpassade. Jag åker buss varje dag. Jag vet inte varför men de är miljövänliga. Om det är en buss så är den miljövänlig.

Läraren: Läxa till nästa vecka blir att ni frågar mamma eller pappa eller någon kompis eller granne om vad en miljövänlig buss är. Men vi skulle komma fram till svaret. Vet du, Bob?

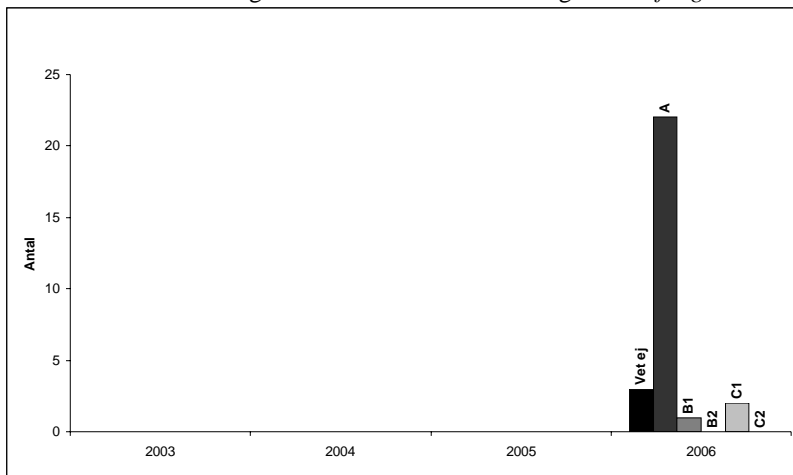
Bob: Det kanske är något att bussar går på diesel.

Läraren: Ja, i och för sig.

- Stefan: En buss behöver bara köra en gång. Bilen måste köra flera gånger. Buss är mycket smartare. Luktar lite ibland bara.
- Läraren: Bilen måste man köra fram och tillbaka med flera gånger men med bussen kan man sitta många. Alldeles riktigt.
- Stig: Smog är en blandning av dimma och avgaser.
- Läraren: En blandning av dimma och avgaser. Bland annat koldioxid. Det är smog.

7.1.9.2 Begreppsutveckling av begreppen växthus och den ökade växthuseffekten

Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan: *Hur fungerar ett växthus?*



Figur 7.37. Resultatsammanställning av enkätsvar år 2006 avseende frågan: *Hur fungerar ett växthus?*

Exempel på svar från enkäter år 2006:

Kategori A

Pia: *Det är varmt och fuktigt i det.*

Kategori C2

Maria: *Mysigt. Man har typ växthus för att om man odlar vindruvor så behöver de värme som i ett växthus.*

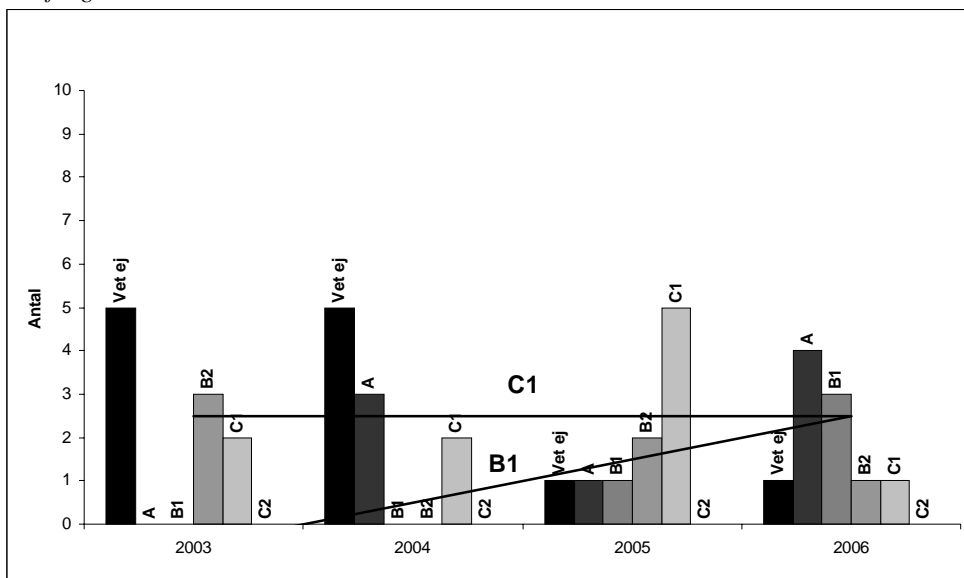
Kategori B1

Östen: *Det blir lite svårare att andas där eftersom det är ljummen luft.*

Kategori C1

Stefan: *Varmt och fuktigt är det i ett växthus för att solen speglar sig i rutorna. Värmen stannar kvar där.*

Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan:
Hur fungerar ett växthus?



Figur 7.38. Resultatsammanställning från intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Hur fungerar ett växthus?*

I diagrammet markeras också hur eleverna utvecklar naturvetenskapliga samband, kategori B1, men också naturliga samband som även är relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C1.

Exempel från intervjuer år 2006:

Kategori A

Hans: Det är mycket varmt i det och så sticker det lite tror jag.

Christel: Hur då sticker?

Hans: Det nyps lite i huden. Sen vet jag inte.

Bob: Det är varmt. Vi fick ett för två veckor sen.

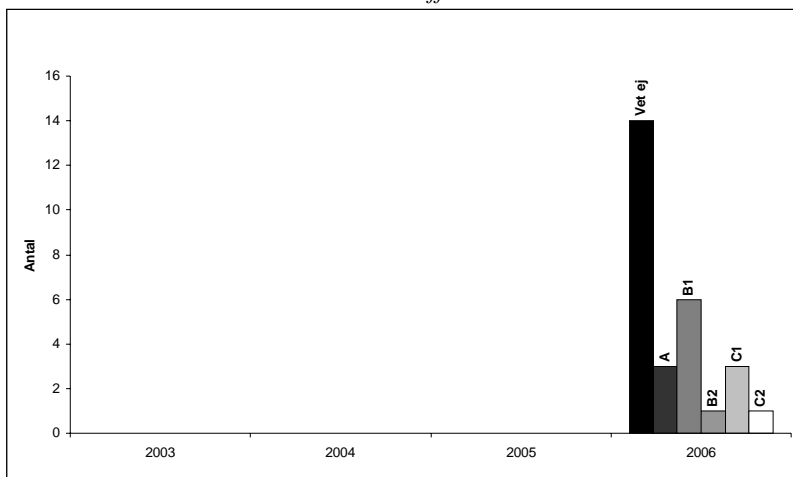
Kategori B1

Mary: Det är varmt i ett växthus och oftast finns där växter som inte klarar när det är kallt.

Kategori C1

Karl: Man har växthus för att odla blommor som kommer från andra länder som behöver mycket värme.

Resultatsammanställning av enkätsvar beträffande frågan:
Har du hört talas om den ökade växthuseffekten? Förklara vad det är.



Figur 7.39. Resultatsammanställning av enkätsvar från år 2006 avseende frågan:
Har du hört talas om den ökade växthuseffekten? Förklara vad det är.

Exempel från enkät år 2006:

Kategori A

Hans: *Förgiftningsgrejs.*

Kategori B2

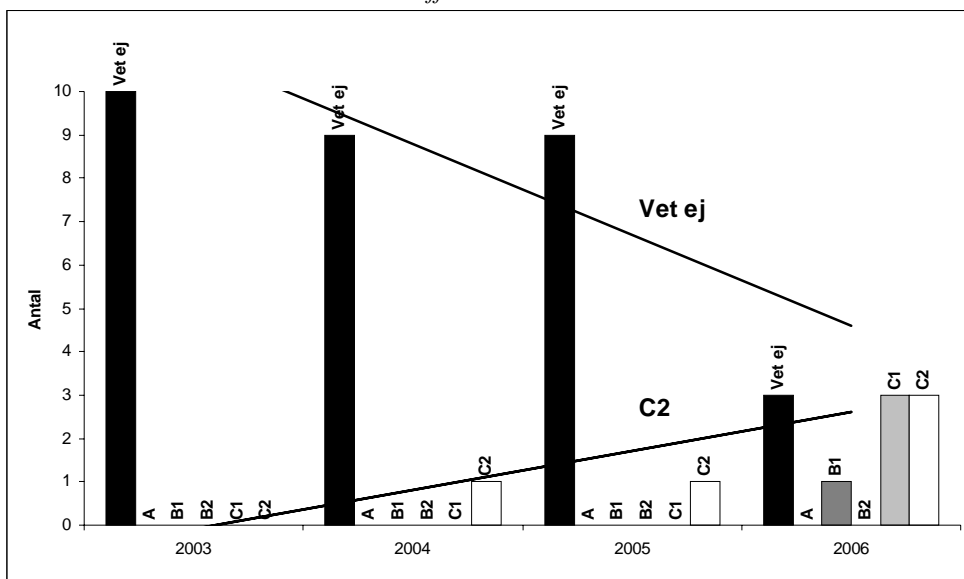
Tim: *Ingen aning. Att jorden blir uppvärmd och polerna smälter.*

Kategori C1

Otto: *Vet inte riktigt det har jag glömt. Jag tror det är utsläpp från bilar.*

Bob: *När avgaser stiger till atmosfären.*

Resultatsammanställning av intervjusvar åren 2003-2006 beträffande frågan: *Har du hört talas om den ökade växthuseffekten? Förklara vad det är.*



Figur 7.40. Resultatsammanställning av intervjuer åren 2003-2006 avseende frågan: *Har du hört talas om den ökade växthuseffekten? Förklara vad det är.* I diagrammet illustreras också hur eleverna utvecklar naturliga samband och sammanhang som även är relaterade till teknosfären/antroposfären, kategori C2, samtidigt som antalet *Vet ej* minskar.

Kategori B1 år 2006

Hans: Det är något...det är någonting som inte är bra för miljön i alla fall.

Kategori C1 år 2006

Otto: Har glömt vad det är men det har med bilar att göra och att det inte är bra.

Kategori C2 exemplifieras genom Bob år 2005 och Sune år 2006.

Bob (2005): Ja, det är när det kommer ut sådana avgaser och sådant. Till exempel olja. Det blir luftföroreningar av det och det är inte bra. Det bli avgaser och det kan bli så varmt som i Paris häromåret. Det kan bli klimatförändringar säger vissa.

Sune (2006): När det kommer för mycket avgaser upp i luften från bilar med bensin så blir det som ett lock och då blir det varmare. Om 20 år kommer det att vara öken där det är öken fast ännu mer och då kan ingen leva där och om 100 år är det likadant här.

Utsagorna om växthus och växthuseffekt visar att begreppsväven utvecklas genom att eleverna arbetar med t.ex. den kemiska föreningen koldioxid och var den uppträder. De resultat som återfinns inom begreppet *liv* om att växterna förbrukar koldioxid och producerar syre i fotosyntesen kan relateras till samtalen om *växthus* och *ökad växthuseffekt*. Även i begreppsväven om *sopor* och återvinning samt fordon av olika slag leder resonemangen fram till att det bildas flera gaser av olika slag med olika effekter på miljön.

7.2 Fallstudier

De hittills redovisade resultaten ger möjlighet att se klassens progression, d.v.s. de 28 elevernas utveckling av begrepp och begreppsvävar efterhand som de utvecklas i NO-lärandet. Av resultaten som redovisas finns det också möjlighet att se klassens utveckling av naturvetenskapliga begrepp, miljövetenskapliga begrepp samt begrepp användbara för lärande för hållbar utveckling (CD- bilaga; Sammanställning över resultat, enkäter, 2003-2006, Sammanställning över resultat, intervjuer, 2003-2006). I studien redovisas miljöbegrepp såsom, *vatten, liv, jord, vatten i vardagen (avloppsvatten och kranvatten), gifter, vanliga och miljövänliga fordon, sopsortering och insamling av batterier, rost, växthus samt den ökade växthuseffekten*. Kategoriseringen har skett utifrån elevernas utsagor avseende de frågeställningar som redovisas i kapitel 6.3.2 och 6.3.3 samt kapitel 7.1 och som anpassats efter elevernas ålder och mognad (CD-bilaga; Enkätfrågor år 2003, Enkätfrågor år 2004, Enkätfrågor år 2005, Enkätfrågor år 2006, Mall intervjufrågor åren 2003-2006).

I följande avsnitt redovisar jag en sammanfattning av den longitudinella utvecklingen beträffande de analyserade svaren från de tio intervjuade eleverna i klassen. Dessa tio elever kan anses i det närmaste fullt ut representera utvecklingen i klassen som helhet. Elevernas begreppsutveckling i fallstudierna följs bland annat upp longitudinellt i termer av *conceptual change, conceptual capture* och *conceptual growth*.

En mer detaljerad redovisning återfinns i bilaga (CD-bilaga; Fallstudier-resultat, Pia diagram, Mary diagram, Otto diagram, Ivar diagram, Bob diagram, Jenny diagram, Hans diagram, Karl diagram, Sune diagram, Sonja diagram). Begreppsutvecklingen som redovisas i CD-bilagan följer samma ordning i fallstudierna som i sammanställningen på gruppnivå i första delen av detta kapitel, d.v.s. i den ordning som begreppen aktualiserats i lärandet.

7.2.1 Pia

Vid en jämförelse med gruppens utveckling i sin helhet uppvisar Pia en ganska god överensstämmelse i sina enkät- och intervjuutsagor. Begreppet *jord* med frågeställningen *Hur bildas kompostjord?* utvecklas i överensstämmelse med ett flertal elever i klassen från *Vet ej* till kategori B2. När det gäller begrepp som *vanliga och miljövänliga fordon* befinner sig de kategoriserade svaren på en stabil C-nivå åren igenom. Hon använder återkommande vardagsbegrepp t.ex. att vatten *pressas* i molnen i utsagor om vattnets kretslopp. Kategoriseringen av enkätutsagorna skiljer sig något från utsagorna i intervjuerna beträffande frågor om vad växter och djur behöver för att leva, toalettstolens innehåll, olja i havet, batterier och hur ett växthus fungerar. Intressant att uppmärksamma är att kategoriseringen av hennes intervjuutsagor angående hur rost bildas utvecklas från *Vet ej* via B2 till C1 och C2, d.v.s. en form av *conceptual growth*.

Pia visar också på en konfliktsituation avseende begreppet *gifter* och förändrar utsagor från kategori C1 till kategori B2 i intervjuer medan hon når B1-nivå vid det senaste enkätillfället. Pias utsagor visar samtidigt på hennes syn hur gifter kan spridas i en näringskedja och vilken effekt termodynamikens lagar, *att allting sprider sig*, kan ha på växter och djur. Nedan redovisas ett intervjuutdrag från år 2005.

Intervju 2005 (B2)

Christel: Vad händer när olja kommer ut i havet?

Pia: För att det är...Olja. Det kan det kladdigt och så dör fiskarna och fåglarna och växterna.

Samtalet leder till en reflektion kring den lek som eleverna tidigare lekt på stranden under benämningen *Gifflen*. Under samtalet utvecklas begreppsväven vidare till mer omfattande ekologiska samband beträffande en näringskedja.

Christel: Kommer du ihåg att ni lekte en lek på stranden och så var ni olika fiskar, och några var fåglar och er lärare hade strött ut sån pasta på marken, gula och röda...

Pia: Ja.

Christel: Och så räknade ni och så. Vad handlade den leken om?

Pia: Om att det var många som dog. Det var så mycket farligt i vattnet så vissa dog, eller ja, de flesta dog. Och så överlevde vissa.

Christel: Det var det leken gick ut på?

Pia: Ja. Och så fick, eller så det var mest av de små kvar och minst av de stora djuren kvar. Eller som blev, och så blev de mindre och mindre av de största och mer av de små för eller fiskarna från att ha ätit lite så fick de mittemellan det i sig och sen de stora.

Christel: Så dör de stora menar du?

Pia: Ja.

Utvecklingen beträffande insamling av batterier visar också på ett konfliktartat mönster. Plötsliga förändringar, *conceptual change*, uppstår för Pias del i utvecklingen av främst var kanvattnet kommer från och hur ett växthus fungerar.

7.2.2 Mary

Mary uppvisar i den avslutande intervjun beträffande begrepp som *den ökade växthuseffekten* en plötslig förändring när hennes utsagor först kategoriseras som *Vet ej* och sedan som kategori C2. I likhet med flera andra elever har Marys utsagor kategoriserats till C1 avseende frågan om varför sopor sorteras, medan utsagorna om varför batterier samlas endast når kategori A. Ett genomgående tema i utsagorna är att hon redovisar var saker och ting tar vägen och att de sprider sig. När det handlar om *gifter* utvecklas hennes utsagor i intervjuerna från kategori C1 till att via kategori B1 stabiliseras till kategori B2 år 2005 och 2006. En konfliktsituation kan alltså noteras mellan B- respektive C-nivån. Exempel på *conceptual growth* påvisas i Marys kategoriserade utsagor främst beträffande begreppet *jord* och frågeställningen: *Hur bildas kompostjord?* Hon ser samband mellan olika begrepp som hon ställs inför t.ex. sambandet mellan utsläpp från fordon och den ökade växthuseffekten. Hon berör också återkommande frågor om miljö och hälsa. Liksom t.ex. Pia och andra elever ger Marys utsagor en bild av hur hon utvecklar parallella begrepp över tid, *conceptual capture*, möjligen beroende av metod.

7.2.3 Otto

Utsagorna visar att Otto ser tydliga samband och sammanhang avseende frågan om vad växter och djur behöver för att leva. I den bemärkelsen avviker hans utsagor från gruppens. Ottos utsagor visar också på en sammankoppling mellan olika begrepp som förutsättningar för att växter och djur ska kunna leva och konsekvenser för djur när olja kommer ut i havet. Utsagor

om varför man ska sortera sopor och samla in batterier visar på en plötslig förändring från kategori A till kategori C2, men kategoriseras avslutningsvis i intervjusituation avseende insamling av batterier till kategori B2. Även begreppet *gifter* visar på liknande konflikter mellan kategori B och C i Ottos begreppsutveckling. Sammankopplingar av begrepp kan ytterligare spåras i Ottos utsagor i den bemärkelsen att giftiga ämnen i batterier kan spridas till växter via marken och rötterna. Ottos utsagor följer i stort sett gruppens. När det gäller begrepp som *den ökade växthuseffekten* visar Ottos utveckling på en plötslig förändring 2006. I intervjuerna ger Otto också förslag på lösningar för frakt som enligt honom inte löper risken att förorena havet med olja. Ottos utsagor skiftar vid en jämförelse mellan enkät- och intervjuvar, men svaren kan också till stor del synas överensstämma. Beträffande frågeställningen om hur kompostjord bildas uppvisar Ottos svar i kategoriseringen i form av *conceptual growth*, vilket visas genom att hans utsagor i intervjusituationen startar med uttalandet *Vet ej* och passerar kategori A till att stabiliseras till kategori B2 år 2005 och år 2006.

7.2.4 Ivar

Ivars utsagor avviker till stora delar från gruppens. Ett exempel är t.ex. begreppet *jord* och frågeställningen: *Hur bildas kompostjord?* Flera utsagor ligger från början på nivå *Vet ej* och A, men efter hand sker en utveckling till kategori B1, B2 och C1. Det finns också exempel när utvecklingen går i motsatt riktning t.ex. frågan om hur kompostjord bildas, vad som händer med oljan i havet och hur rost bildas. När det gäller begreppet *gifter* så utvecklas Ivars utsagor från en C1-nivå till en B1-nivå. Ett gemensamt tema för Ivar är att han utgår från ett egocentriskt perspektiv. Bland ett antal *misconceptions* kan nämnas hans utsagor om hur regn bildas och om hur avloppsvatten tas om hand. Ivars uppfattning om fördelar med miljövänliga bussar illustreras i följande exempel från år 2005.

Christel: Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?

Ivar: Det är bra att de tar så mycket plats.

Christel: Hur då menar du?

Ivar: Att människor kan komma in och sitta och sen åka om man inte har körkort.

7.2.5 Bob

Bob ger både lokala och globala exempel när han svarar på frågor av olika slag. Den kinesiska båten i samband med begreppet *oljan i havet* är ett exempel. Vidare talar han om elbussar i Landskrona och Lund i samband med begreppet *miljövänliga bussar* och återknyter till en sommar när det var så hett i Paris att människor till och med dog. Flera andra kopplingar kan ses i hans resonemang till exempel då han talar om att varm luft stiger och hur avgaserna åker upp i luften och då liknande resonemang som han talade om vid regnbildningen kommer in. Även hur den ökade växthuseffekten tar sig uttryck kopplas i Bobs uttalanden till begrepp som vanliga och miljövänliga fordon. Däremot ligger det nära till hands att anta att Bob inte avgränsar frågan om den ökade växthuseffekten från ozonlagrets uttunning. Bobs utsagor omfattar även mikronivå såsom koldioxid och koloxid, som sätts in i ett sammanhang med giftiga avgaser. Han föreslår också tekniska lösningar exempelvis att tåg skulle ersätta andra transport, dock ej dieseltåg eller ånglok. Utmärkande för Bobs utsagor är genomgående ett omvärldsorienterat tema och vikten av att hushålla med resurser t.ex. återvinning och återanvändning. Bobs utsagor visar liksom flera andra elevers tendenser som tyder på en

konflikt mellan nivå B och C beträffande begreppet gifter i den meningen att hans utsagor i undersökningens början kategoriseras till C-nivå men då studien avslutas kategoriseras som nivå B.

7.2.6 Jenny

Jenny redovisar parallella utsagor beträffande frågor avseende hur kompostjord bildas och frågan om vart toalettstolens innehåll tar vägen. Jennys utsagor tyder också på en konfliktsituation avseende frågan om *insamling av batterier*. Sker det på grund av att "e-na" i batterierna är farliga eller beror på att det inte går att göra nya batterier igen? En missuppfattning gäller Jennys utsagor i likhet med andra elevers beträffande ozonlagrets uttunning och den ökade växthuseffekten. Ett annat tema som är från år kan utläsas av Jennys utsagor över tid är att spridningen av toalettstolens avfall skulle leda till att det blir fullt av avfall på gatan och beträffande avgaser från fordon att de först syns och sedan försvinner, en form av *misconception*. Avseende *gifter* kategoriseras Jennys utsagor till B1.

Jenny talar återkommande om att fiskarna dör (enkät 2006, B1) eller att fiskarna kan dö (intervju 2003, B1). Vid intervjutillfället 2005 i exemplet nedan passade jag på att fråga ett par elever, bland andra Jenny, om de kom ihåg leken som utspelades på stranden och då eleverna intog roller som gädda och havsgjuse.

- Christel: Kommer du ihåg vad den leken handlade om? När ni var på stranden?
Jenny: Det var väl. Man hade påsar, så var det några som var fiskar och några som var gäddor och sånt. Och så var det en örn eller två. Så skulle man först plocka, korn. Jag vet inte vad det var.
- Christel: Läraren hade lagt ut pastaskruvar.
Jenny: Ja, pasta. Så skulle man plocka det i påsarna då. Sen så släppte man in de andra, så skulle de ta deras påsar tror jag eller något sånt. Och så då om de tog alla påsarna dog de då och så kom då örnarna in och ja, något sånt.
- Christel: Varför är det inte bra om det kommer olja i havet?
Jenny: Fiskarna tål ju inte det, de dör ju om de får in det i sig.

Värt att notera är att Jenny *inte* associerar leken i vårt samtal till vad som händer i en näringspyramid när havet förgiftas. Däremot ger hon ett bestämt svar på frågan om vad som händer när olja kommer ut i havet.

Beträffande frågan om hur det blir regn kategoriseras hennes utsagor till C1 och skiljer sig även i detta avseende från gruppen. Jenny kopplar samman begrepp som t.ex. sopsortering och liv genom att uttrycka att det är lättare att samla in papper än att hugga ner alla träd där det bor djur som man bör ta hänsyn till.

Jenny uppvisar en plötslig förändring i enkätsvar avseende *den ökade växthuseffekten* från *Vet ej* till B1. Hennes enkätsvar avseende *vanliga och miljövänliga fordon* följer progressionslinjen *Vet ej*-B2 -C1, medan kategoriseringen av intervjuutsagorna över tid stabilt håller sig till kategori C1. Även idéer om miljö och hälsa tar sig uttryck i Jennys utsagor.

7.2.7 Hans

I Hans utsagor kan ett genomgående tekniskt tema utläsas, vilket innebär att han uttalar sig om spridning och anrikning av ämnen i näringskedjan. Han uttalar sig också om framtida lösningar och anpassningar till det som naturen "är van vid". Utmärkande för Hans är också att han kompletterar de skriftliga och verbala svaren med teckningar. Hans skiljer i sina enkätutsagor tydligt mellan ett reningsverk och ett avloppsreningsverk.

Teckningarna nedan är från enkäten 2006 (C2) avseende frågan om var kranvattnet kommer från och vad som händer med toalettstolens innehåll sen man spolat.

3. Var kommer vattnet i kranen ifrån?



Kranen till reningsverk, pump till vatten torn och tillbaka i kranen

4. Vad händer med det som finns i toaletten när du spolat?



Toa till Avlopps Reningsverk och pump tillbaka i toan

Figur 7.41. Hans enkätsvar 2006 (C2) beträffande vatten i vardagen.

I intervjun 2006 löper samtalet kring vattnet i det "rena" kretsloppets bana naturligt in på hur rengöringen går till och hur det senare när våra kranar, t.ex. duschen. Sen rengör man det i ett sånt kraftverk, vilket kategoriseras till C2.

Han kopplar samman olika begrepp som t.ex. svaren på frågan om hur kompostjord bildas med frågan om sopsortering. Ytterligare ett tema i Hans utsagor är återvinning, återanvändning och hushållning, d.v.s. ekonomiska aspekter. I frågor avseende insamling av sopor och hur rost bildas visar Hans utsagor på plötsliga nivåförändringar. Hans utsagor visar på en konflikt avseende begreppet *rost* genom en utveckling från B- till C-nivå. Han för ett

osäkert och oklart resonemang beträffande vad som händer när olja kommer ut i vattnet och om huruvida olja kan avdunsta från havet eller ej.

7.2.8 Karl

Karls utsagor överensstämmer till relativt stora delar med gruppens men skillnader finns. Plötsliga förändringar kan dock noteras avseende frågor om vad växter och djur behöver för att leva, vad som händer när man spolar i toalettstolen och varför sopor sorteras. I dessa tre fall utvecklar också Karl parallella begrepp. Beträffande frågan om vad växter och djur behöver för att leva redovisar Karl samband och sammanhang på molekylnivå. Karl har ett genomgående tema med utvecklade detaljer om hur kretsloppen fungerar. I likhet med många andra elever finns en oklarhet beträffande *den ökade växthuseffekten* och ozonskiktets uttunning. Karl återkommer med samma utsaga på frågan hur kompostjord bildas och varför sopor sorteras, nämligen att soffan blir till jord. Det kan uppfattas som en form sammankoppling av begrepp eller att han missförstått hur kompostjord bildas. Utsagorna om vad som händer när olja kommer ut i havet kategoriseras till B-nivå och enligt Karl sjunker oljan ner i havet. I Karls utsagor om hur ett växthus fungerar återkommer uttalanden om att det är någon slags glas eller förstoringsglas, som värmer.

7.2.9 Sune

Sune utvecklar parallella begrepp avseende många frågeställningar och uppvisar även plötsliga förändringar, men utvecklar efter hand utsagor som kategoriseras till en stabil hög nivå, t.ex. beträffande begreppet *rost*. Sune har ett genomgående tema i sina utsagor som kännetecknas av tekniska lösningar. Han kopplar samman olika begrepp t.ex. insamling av batterier och avgaser från fordon som medför att giftiga ämnen sprids i marken och i vattnet. Bilavgaser kopplas samman med *den ökade växthuseffekten* vilket bland annat illustreras i följande exempel.

Christel: Vad är den ökade växthuseffekten?

Sune: När det kommer för mycket avgaser upp i luften från bilar med bensin så blir det som ett lock och då blir det varmare. Om 20 år kommer det att vara öken där det är öken fast ännu mer och då kan ingen leva där och om 100 år är det likadant här.

Sunes konstaterande pekar också på ett tidsperspektiv med hänsynstagande för framtiden som kan tillämpas för lärande *i* miljö och *för* hållbar utveckling.

7.2.10 Sonja

Sonjas utsagor visar plötsliga förändringar avseende frågor om vad som händer med innehållet i toalettstolen när man spolar, varifrån kranvattnet kommer och *den ökade växthuseffekten*, men generellt kan hennes utsagor sägas uppnå en stabil och hög nivå relaterat till studiens ramverk. Sonjas utsagor beträffande vart innehållet i toalettstolen tar vägen beskrivs mycket detaljerat. Utsagorna om varför batterier samlas in visar på en konfliktsituation mellan B- och C-nivån. I likhet med flera andra elever har Sonja en utsaga som tyder på att det är uttunningen av ozonlagret som är orsaken till den ökade växthuseffekten. Avslutningsvis kan konstateras att Sonja liksom Karl för ett resonemang

avseende miljövänliga drivmedel som sänder ut budskapet att miljövänliga bränslen som t.ex. biogas är gjort från naturen vilket medför att det inte är giftigt. Det kan jämföras med resonemanget Hans för, d.v.s. att naturen bemästrar det som naturen ”är van vid”.

7.3 Studiens resultat i korthet

Mina resultat gäller 28 elever i en och samma klass, från att eleverna gick i årskurs 3 till årskurs 5. Antalet elever i klassen har ökat från 29 till att i dagsläget omfatta 36 elever. Endast en av eleverna som var med i inledningsskedet av studien har flyttat från klassen. De resultat jag redovisat i studien gäller eleverna i denna grupp av elever och ska i första hand ses som exempel på hur elever kan utveckla naturvetenskapliga och miljövetenskapliga begrepp som även är användbara i lärandet för hållbar utveckling.

Hur bildas regn? och Läraren har spillt vatten på diskbänken. Vad händer med vattnet om hon inte torkar upp det direkt? är två frågor som illustrerar begrepp som i första hand kan betraktas som naturvetenskapliga. Avdunstning och omvandlingen av vattenånga är delar i vattnets kretslopp, som även kan betraktas ur miljövetenskapligt perspektiv. Av elevernas utsagor i denna studie kan jag dra slutsatsen att eleverna har lättare för att se samband och sammanhang i naturmiljön jämfört med laboratorieförsöket.

Vad växter och djur behöver för att leva d.v.s. förutsättningarna för liv relaterar eleverna oftast till sin egen livsmiljö. I utsagorna återfinns uttalanden om bostad mat, hjärta, luft, vatten, lycka, omvårdnad och fred. Men förutsättningarna kan också preciseras till syre, ljus, energi, vatten. Det är enstaka uttryck som kan utvecklas till naturvetenskapliga samband men också till miljövetenskapliga sammanhang och begrepp relaterade till hållbar utveckling. Frågan om hur kompostjord bildas anknyter på ett naturligt sätt till frågor om förutsättningar för liv. Ett flertal utsagor tar fasta på att levande organismer som t.ex. maskar och hoppstjärnor, spindlar och kvalster bryter ner organiskt material till atomer och molekyler men att de också bidrar till vittring av mineraler. En tydlig utveckling består i att eleverna sammanställer enkla ord och uttryck till mer eller mindre komplicerade naturliga samband och sammanhang. I resultatredovisningen kategoriseras denna utvecklingslinje som kategori B1 och B2.

Andra begrepp som utvecklas med utgångspunkt från frågor såsom *Vad händer med innehållet i toalettstolen när du spolat?* och *Var kommer kranvattnet från?* gör eleverna uppmärksamma på såväl rena som orena kretslopp. Utgångsfrågan: *Vad händer när olja kommer ut i havet?* ställer också eleverna inför en problematik om hur kretsloppen egentligen hänger samman. Vad som avdunstar från havets yta när det är täckt av olja leder till konflikt eftersom det inte längre rör sig om rena kretslopp. Elevernas utsagor tyder på att gifter upptas i näringskedjor, men att det i första hand endast anses påverka djur och natur och inte människan, d.v.s. de naturliga kretsloppen.

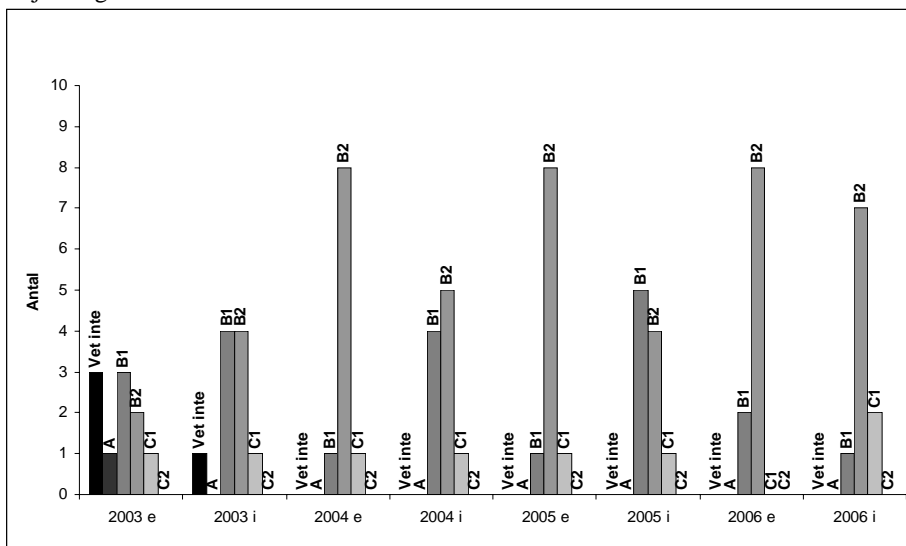
Eleverna ställs inför nya utmaningar genom bl.a. frågor såsom *Varför sorteras sopor?* och *Varför samlas batterier in?* Deras utsagor börjar med enkla ord och uttryck, men relateras också till människans verksamhet. Samhällets produkter som kommer på fel ställe skadar naturen, men också människan själv. Många elever ger förslag på besparingar av naturens resurser och ser såväl ekonomiska som ekologiska samband. Batteriernas sammansättning och funktion redovisas på atomnivå och kännedom om att de kan innehålla giftiga substanser leder

fram till tankar om behovet att samla in dem. Eleverna uttrycker därför i första hand naturliga samband och sammanhang, men det finns också en andra huvudinriktning i resultatredovisningen som innebär att eleverna utvecklar samband och sammanhang relaterade till människans aktiviteter, kategori C1 och C2. Denna huvudlinje blir än tydligare när eleverna ställs inför frågan: *Vilka skillnader är det mellan en vanlig och miljövänlig buss?* Liksom många vuxna har eleverna svårigheter att ge svar på frågorna *Hur fungerar ett växthus?* och *Har du hört talas om den ökade växthuseffekten? Förklara vad det är!* En förklaring finner eleverna i utsagor som relateras till naturliga förhållanden, men de redovisar också utsagor om antroposfäriska störningar.

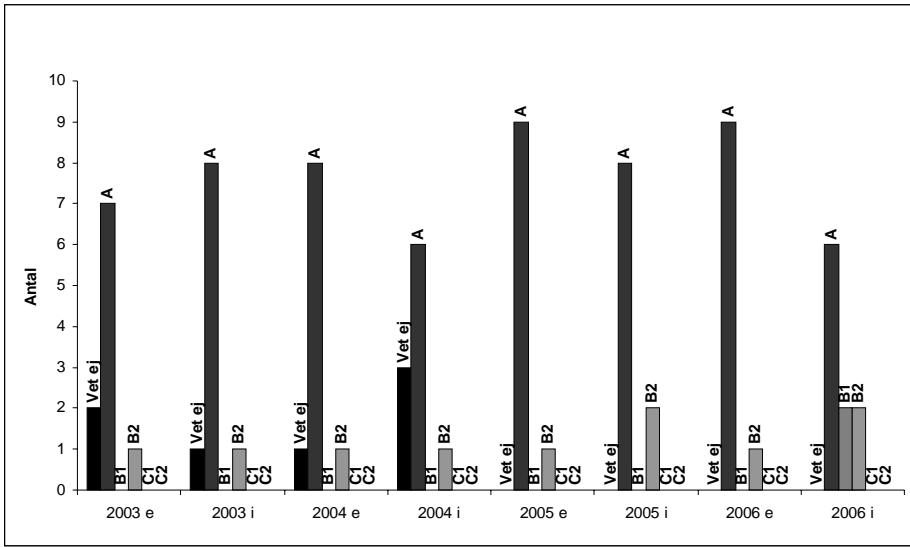
Hur bildas rost? är fråga som kan fånga miljöperspektivet i sin helhet med naturvetenskaplig utgångspunkt i den bemärkelsen att den belyser omsättningen av energi och materia i natur och samhälle. Elevernas utsagor indikerar att de också utgår från samhällets påverkan på hur rost bildas samtidigt som det är naturens och samhällets resurser som på detta sätt omvandlas.

7.3.1 Översikt över några begrepp i enkäter och intervjuer åren 2003-2006

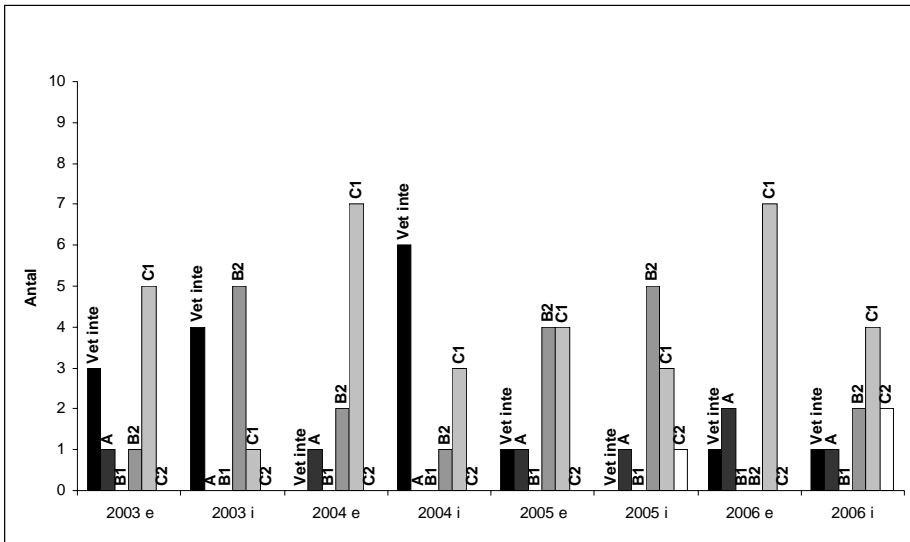
I de olika fallstudierna är det möjligt att följa hur begreppen utvecklas genom utsagor i enkäter och intervjuer liksom genom de skisser som eleverna redovisat. För att göra en helhetsbedömning har jag även sammanställt hur de tio eleverna som ingår i fallstudierna besvarat frågor i såväl enkäter som intervjuer över tid. I figur 7.42-7.45 följer några exempel där *e* symboliserar kategorisering av enkätutsaga medan *i* representerar kategoriserad intervjuutsaga.



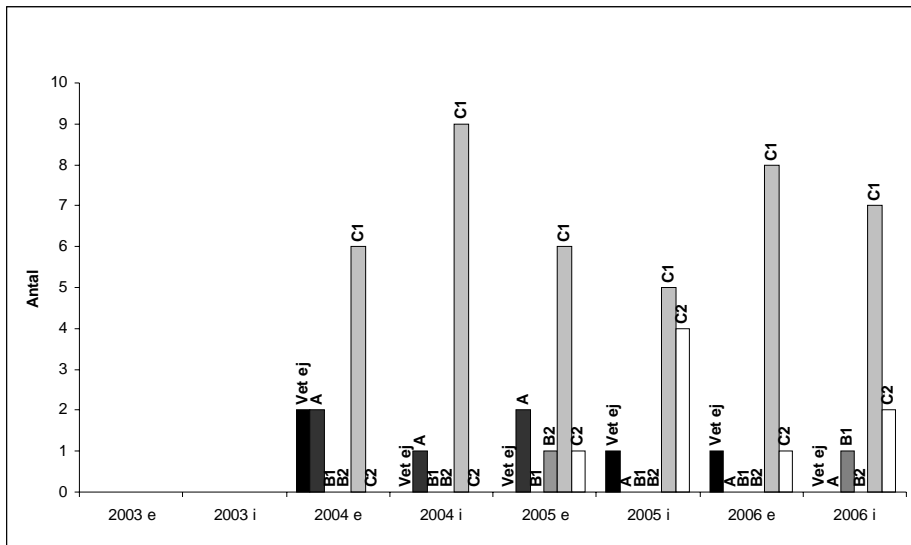
Figur 7.42. Översikt över elevernas utsagor i enkäter och intervjuer avseende frågan: *Hur bildas regn?*



Figur 7.43. Översikt över elevernas utsagor i enkäter och intervjuer avseende frågan: *Vad behöver växter och djur för att leva?*



Figur 7.44. Översikt över elevernas utsagor i enkäter och intervjuer avseende frågan: *Hur bildas rost?*



Figur 7.45. Översikt över elevernas utsagor i enkäter och intervjuer avseende frågan: *Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och en miljövänlig buss?*

Exemplen visar att skillnaderna i utfallet mellan enkäter och intervjuer är små beträffande frågor om hur regn bildas och vad växter och djur behöver för att leva medan skillnaderna ökar något beträffande frågorna om hur rost bildas och vilka skillnaderna är mellan en vanlig och miljövänlig buss. Även om skillnaderna generellt är små är det dock möjligt att i fallstudierna se om eleverna utvecklar parallella utsagor. Avseende den uppställda forskningsfrågan är elevernas utveckling av B-linjen eller C-linjen det mest intressanta, vilket måste tas i beaktande när diagrammen avläses. Erfarenheten visar också att eleverna redovisar fler teckningar i samband med enkätsvaren jämfört med intervjuutsagorna.

I fallstudierna redovisas tio elevers individuella svar på enkäter och intervjuer vid fyra tillfällen när eleverna är 9-11 år, tillsammans med några utsagor från videoupptagningar. Av de individuella utsagorna är det möjligt att se hur elevers begrepp utvecklas enligt de två huvudlinjerna, kategori B1-B2 respektive kategori C1-C2, ofta som *conceptual growth*, d.v.s. eleverna behöver grundläggande fakta för att kunna konstruera modeller med samband och komplicerade sammanhang. Flertalet elever visar i det longitudinella perspektivet att de blivit familjära med vetenskapliga begrepp även om de startat med vardagliga begrepp eller enstaka ord, uttryck och spel. Ibland kan två begreppslinjer fungera sida vid sida, *conceptual capture*. Kombinationen av en begreppsbyggnad som består av naturliga samband och sammanhang kan fungera samtidigt som eleven ser samband och sammanhang påverkade av teknosfären/antroposfären. Begreppsvävar blir ett resultat av elevernas utveckling av begrepp. I några fall kan en elevs utsagor plötsligt förändras. Det kan bero på att eleven tar till sig ett nytt begrepp och ersätter ett tidigare. Detta kan betecknas som en form av *conceptual change*. Förändringarna kan förklaras med att läraren initierar konflikter i begreppsutvecklingen. Det kan gälla människans mer eller mindre betydande påverkan på naturen och människans möjligheter att anpassa teknik och samhälle till naturens spelregler. I *stimulated recall* redovisas NO-lärares intentioner, genomförande och utfall löpande.

7.3.2 Framtidsperspektivet

Studiens resultat som de redovisas i videoupptagningar, enkät- och intervjusvar samt i reflekterande samtal med undervisande lärande visar att NO-lärandet omfattar ett brett spektrum om läroplanen och andra styrdokument följs. För att uppnå detta är den sokratiska dialogen en möjlighet som vidgar perspektivet till naturvetenskapernas roll för människan, miljön och samhället. Det är dialoger som är öppna och där svaren inte i förväg är givna. I studien ställs eleverna mer eller mindre kontinuerligt inför konfliktsituationer som berör dagens miljöfrågor och framtidens frågor för hållbar utveckling. Varje fråga och begreppsväven kring den kan sammanvävas med andra begrepp. De utsagor som eleverna formulerar och tar ställning till i nuet kan också beaktas i ett framtidsperspektiv.

8 Sammanfattande diskussion och slutsatser

I föreliggande studie har jag undersökt hur lärandet i miljö och lärandet för hållbar utveckling ser ut i grundskolans tidigare årskurser med en naturvetenskaplig utgångspunkt. För att kunna svara på studiens uppsatta forskningsfråga om hur eleverna utvecklar begrepp och grundläggande samband och sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären har studien förlagts till NO-undervisningen i en klass som då studien inleddes var en årskurs 3 i grundskolan. Klassen har följts under åren 2003 till och med år 2006. Longitudinella studier som behandlar miljö och hållbar utveckling med naturvetenskaplig utgångspunkt i de lägre åldrarna är ett forskningsfält som är mindre väl känt (Hart & Nolan, 1999).

De två övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling ska enligt läroplanen behandlas i skolans alla ämnen från förskola till universitetsnivå. Uppnåendemålen i de övergripande perspektiven finns inkluderade i skolans alla ämnen. Jag har valt att studera de båda perspektiven med inriktning på elevernas utveckling av begrepp i NO-lärandet. Det visar sig att begreppsvävar i olika omfattning växer fram i elevernas utsagor. En del av begreppen kan relateras till kunskapskulturen miljö, som även visar sig användbara i lärandet för hållbar utveckling. I kursplanen för de naturorienterande ämnena är syftet bl.a. att utforska naturen och göra naturvetenskapens resultat och arbetssätt tillgängliga. Syftet är emellertid också att utveckla omsorg om natur och människor samt bidra till samhällets strävan att skapa hållbar utveckling (Skolverket, 2000a).

I detta kapitel ges kritiska reflektioner och diskuteras studiens uppläggnings, olika metoder som används i studien och de erhållna resultaten. Diskussionen berör också de teoretiska ramar och förankring i naturvetenskap och miljövetenskap samt den analysmodell, inspirerad av *Earth System Science, ESS*, (Johnson et al., 2000) och *System Jorden* (Andersson, 2001; Falkenmark, 1995, 1997, 2004) som används i studien. Analysinstrumentet ger möjlighet att analysera hur eleverna ser på världen och på hur världen förändras. Slutligen sätts studiens allmängiltighet och betydelse för framtida forskning i centrum. Allra sist presenterar jag de slutsatser jag anser mig kunna dra av studien.

8.1 Reflektioner om studiens uppläggnings och valet av metoder

Videoupptagningar av lärandesituationer spelar en central roll i studien genom att de har gett möjlighet att så förutsättningslöst som möjligt fånga elevernas begreppsutveckling i NO-lärandet (Badersten, 2006; Driver & Easley, 1978). Jag har sålunda inte i förväg bestämt vilka begrepp som analysen skulle omfatta. Enkäter och intervjuer har konstruerats med utgångspunkt från i lärandet förekommande begrepp. Lärandet omfattar exempelvis begreppen *vatten, jord, liv, vatten i vardagen, gifter, sopsortering, insamling av batterier, vanliga och miljövänliga fordon, rost, växthus och den ökade växthuseffekten*. Det är begrepp som växer fram i NO-lärandet och som har det gemensamt att de kan sägas tillhöra kunskapskulturen miljö och vara användbara i lärandet för hållbar utveckling (Ingelstam, 2004).

Efter hand som nya begrepp tillkommit har enkäter och intervjuer kompletterats. Det visar sig att ett antal begrepp ingår i en större begreppsväv som utvecklas över tid. För att komma fram

till elevernas enskilda utsagor i begreppsväven har frågorna anpassats till de unga elevernas nivå genom samtal utifrån exemplet *Hur bildas regn? Hur bildas rost? Vad behöver växter och djur för att leva? Var kommer kranvattnet från?* o.s.v. Varje utsaga har kategoriserats med avseende på om de utgör enstaka ord eller uttryck, kategori A, enkla eller mer komplicerade samband eller sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna, kategori B1 och B2, samt enkla eller komplicerade samband eller sammanhang som kan relateras till de naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären, kategori C1 och C2. B-nivån avser kausala samband som styrs av naturvetenskapliga lagar, medan C-nivån också relateras till tekniska, ekonomiska, juridiska eller sociala regler som människan skapar. Sambandet mellan kategori B och kategori C är integrerat, d.v.s. perspektivväxling förekommer utan kontextbundenhet. Det finns sålunda inget hierarkiskt samband mellan B och C. *Vet ej* är också en kategori, liksom missuppfattningar, *misconceptions*, där de senare inte infogas i den diagrammatiska redovisningen.

Att samla data under en längre tid ger möjligheter att se begrepp som är relativt stabila respektive föränderliga över tid i elevernas utsagor. Det har även varit möjligt att se om det finns en samstämmighet mellan den enskilda elevens utsagor och gruppens utsagor över tid. Longitudinella studier är oerhört värdefulla menar t.ex. Gunstone och White (2000), Helldén (2005) och Morrisson (2000). De kan bidra till ökad förståelse av elevers komplexitet i fråga om begreppsbyggnad och begreppsutveckling, men frågan kvarstår beträffande förutsättningarna att genomföra dem i framtiden med tanke på elevers möjligheter till byte av skolenhet, frekvensen av friskolor m.m. Det longitudinella upplägget präglas av en komplicerad praktisk process, vilket bland andra Arzi (2004) lyfter fram.

8.2 Reflektioner kring datainsamlingsmetoder

I kapitel 7 har jag relativt utförligt redovisat ett stort antal transkript från videoupptagningar och intervjuer samt utsagor i enkäter för att tydliggöra hur elevernas utveckling av de olika begreppen relaterade till sfärerna gått till. Några illustrationer som eleverna i första hand ritat vid enkätstillfällena har också redovisats. Avsikten är att de olika datainsamlingsmetoderna tillsammans ska kunna bidra till en så fullständig bild som möjligt av hur begrepp för lärandet i NO och lärandet i miljö för hållbar utveckling utvecklas i den aktuella klassen. Styrkan i den longitudinella studien består framför allt i möjligheten att skaffa en djupare kunskap om elevernas olika vägar i deras utveckling av begrepp (Gunstone & White, 2000).

Utmärkande för denna studie liksom andra longitudinella studier är att en stor mängd data genereras under insamlingsfasen. Jag har valt att transkribera insamlade data omedelbart efter insamlingstillfällena och lägga in dem i Word- och Excelfiler för bearbetning. Till skillnad från många andra longitudinella studier (White & Arzi, 2005) har bortfallet i denna undersökning varit mycket litet. Endast en elev av 29 har fallit bort från studiens början till dess slut. Att erhålla målsmännens medgivande att genomföra studien har inte heller stött på några problem.

Jag har beaktat att såväl enkäter som intervjuer i viss mån kan utgöra inläringstillfällen för eleverna. Utsagor som bedömts påverkade av undersökningen och inte redovisats direkt i undervisningen har lagts åt sidan. Intervjuerna har genomförts på ett så likartat sätt som möjligt. Det gäller även instruktionerna för och genomförandet av enkäter och intervjuer från gång till gång. Det bör betyda att tillfälligheter i en enkät eller vid en intervju minimerats.

Eftersom det rör sig om unga elever har jag använt mig av artefakter såsom bilder i en bok och några olika föremål för att förtydliga vad frågorna i enkäter och intervjuer handlar om. För att öka elevernas möjligheter att besvara ställda frågor har vid varje enkät- och intervjutillfälle eleverna getts tillfälle att teckna och rita. Jag har undvikit enkätfrågor vars nivå legat över elevernas förmodade kunskapsnivåer, för att inte påverka deras självförtroende i negativ riktning. Intervjuerna bestod av samtal och inte förhör som lätt pressar fram ett resultat som i förväg bedömts önskvärt. Samstämmighet i hela gruppens utsagor och den enskilda elevens utsagor går att se i diagrammen i kapitel 7. I analysen har det integrerade lärandet fångats. De frågor jag valt att ställa till eleverna i enkäterna och intervjuerna har formulerats utifrån videoinspelade lektioner och har anpassats till elevernas mognad och ålder. Undervisning och lärande i NO omfattande miljö och hållbar utveckling kan inte infogas i någon traditionellt inarbetad kontext.

Enkäter och intervjuer är olika metoder som tjänar olika syften (se kapitel 6.3.2). Mitt val av metoder har haft till syfte att öka validiteten, varför de fungerar som komplement till varandra för att jag ska kunna få svar på min forskningsfråga. Jag har tagit fasta på t.ex. Basiles (2000), Caravitas och Halldéns (1994) såväl som Martons (2000) uppfattning att en kontinuitet mellan olika situationer kan vara möjlig. För att didaktiker ska kunna skaffa sig djupare kunskap och förståelse om hur lärandet går till kan vi enligt Marton inte enbart lägga upp studier som resulterar i *om* och *hur* elever knäcker koder i olika lärandesituationer och kontexter. Det samlade lärandet kan ge oss kunskap om och lära oss mer om processerna i lärandet och hur lärandet egentligen går till. Hart & Nolan (1999) efterlyser också forskning som behandlar processer i lärandet speciellt i de yngre åldrarna. Säljö (2000) lyfter fram kontextberoendet i t.ex. enkäter och intervjuer. I enkäterna och intervjuerna med eleverna i min studie kan noteras att eleverna ritar mer i samband med enkätfrågorna och uttrycker sig i större utsträckning, av naturliga skäl, verbalt i intervjusituationen. Det är däremot inte självklart att elevernas intervjuutsagor alltjämt kategoriseras till en högre nivå i relation till studiens ramverk. Eftersom analysinstrumentet inte är hierarkiskt uppbyggt utan har en integrerad dimension har jag inte utvecklat denna fråga djupare.

Jag har varit uppmärksam på att enkäter och i synnerhet intervjuer lätt kan leda till normativa ställningstaganden, vilket har beaktats i studien (jfr Badersten, 2006; Driver & Easley, 1978). Fördelen med videoupptagningarna har varit att jag så förutsättningslöst som möjligt kunnat fånga elevernas begrepp i NO-lärandet som i förlängningen visat sig utvecklas till samband och sammanhang i en begreppsväv hos eleverna. Till nackdelarna hör att jag däremot inte haft möjlighet att mäta varje enskild elevs utveckling under skeendet i undervisningssituationen såsom i klassrumsmiljö, utomhusmiljö, lek- och lärandesituationen o.s.v.

Eftersom jag inte till någon del deltagit i undervisningens uppläggning eller genomförande har jag ställt ett antal frågor till undervisande lärare. Detta har haft formen av reflekterande samtal, *stimulated recall*, som inneburit att jag kunnat avläsa lärarens intentioner i undervisningen och på vilket sätt hon tycker att de uppnåtts. Att läraren inte varit informerad om min forskningsfråga och analysinstrument utgör en förutsättning för att nå största möjliga objektivitet (Badersten, 2006).

8.3 Reflektioner kring analysen

Elevernas utsagor som är fångade i datainsamlingen utgör analysenheterna i studien. En genomgående fråga i NO-lärandet består i hur enskildheter och detaljer sammanfogas till helheter t.ex. hur atomer och molekyler bildar nya ämnen. I studien har jag valt en analysmodell som kan sägas tillgodose båda delarna. Om lärandet endast utgår från detaljer och inte omfattar helheten tillsammans med de enskilda delarnas funktion inom en helhet går samband och sammanhang förlorade (Larsson, 1910; Strömdahl, 1998; von Wright, 2000). Ytterligare ett tydligt syfte ligger i analysen, nämligen att så tydligt som möjligt kunna identifiera 6,5 miljarder människors roll som samhällsbyggare och vår påverkan på naturen i denna roll. Skillnaden mellan *ecological science* och *environmental science* tydliggörs i analysen enligt de definitioner som uppslagsverk, liksom centrala företrädare inom ämnesområdena hävdar (Encyclopædia Britannica, 2007; Miller, 2002; Odum, E. P., 1971; Odum E. P. & Odum, H. T., 1971). I bl.a. Andersson (2001) och Falkenmark (1995, 1997, 2004) behandlas såväl rena kretslopp som kretslopp påverkade av mänsklig aktivitet.

Det är kategoriseringen till B-linjen eller C-linjen som är intressant, d.v.s. om elevernas utsagor går i riktningen att människan är en del av skeendet eller inte. Det visar sig att analysinstrumentet kan göras mer finmaskigt för att ytterligare kunna analysera elevernas begreppsutveckling, eftersom det i ett fåtal fall visar sig att analysen av några elevers utsagor på någon enstaka fråga konstant ger t.ex. B2-nivå (CD-bilaga; t.ex. Pia diagram). Självklart kan utsagor av äldre elever kategoriseras till såväl B1, B2, B3, B4 och B5 såväl som C1, C2, C3, C4 och C5. Analysinstrumentet har enligt mitt sätt att se det en utvecklingspotential även för äldre elever i gymnasieskolan och studenter vid universitet och högskolor.

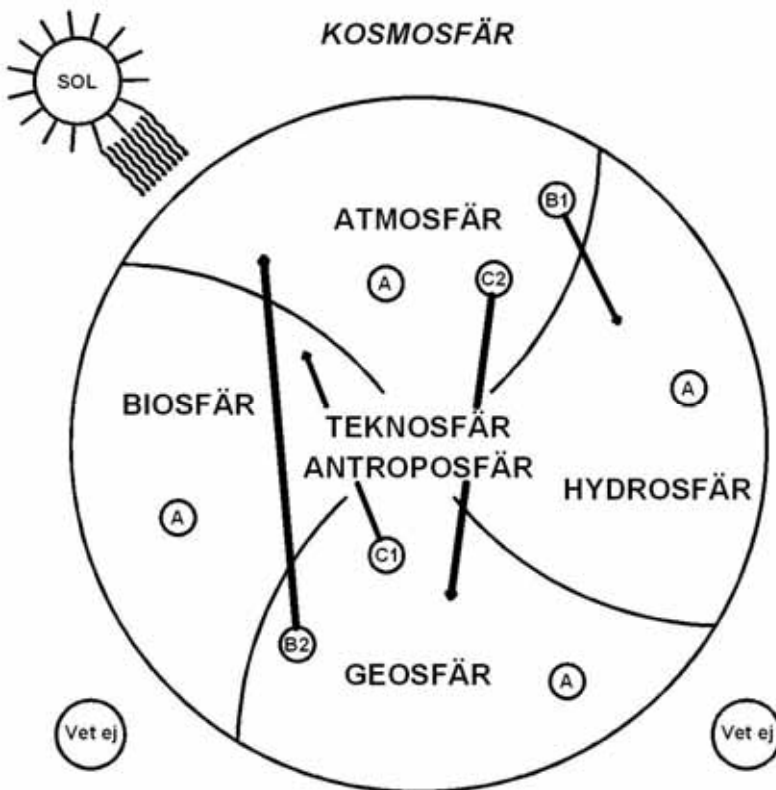
Mitt val av analysinstrument, som är hämtat från *Earth System Science, ESS*, och *System Jorden*, ger möjligheter att undersöka såväl detaljer som helheter i NO-lärandet. Det är också ett analysinstrument som tar hänsyn till att människans levnadssätt är en faktor som påverkar de naturliga sfärerna, samtidigt som det ger ett underlag till att fundera över hur människan kan utveckla omsorg om naturen och ansvar för resursutnyttjandet (Skolverket, 2000a).

Analysinstrumentet är också förenligt med den konstruktivistiska utgångspunkten i den bemärkelse att det är möjligt att se hur enskilda detaljer kan fogas samman efter elevernas mognad till strukturer och helheter (Ausubel, 1968; Bruner, 1996; di Sessa, 1988; Ishii, 2003; Piaget, 1964, 1970). Möjligheterna att analysera utsagorna är dock beroende av det sociala samspelet i NO-lärandet, vilket är centralt i såväl Piagets som Vygotskys teorier. I resultatkapitlet redovisas hur läraren utmanar eleverna och genom de sokratiska dialogerna iscensätter utvecklingsmöjligheter för varje elev (Molander, 1996; Piaget, 1932/1960, 1926/1959, 1975; Vygotsky, 1978, 2001). Det har avspeglat sig i att begreppskonflikter uppstår. I lärarens intentioner finner jag genom de reflekterande samtalen med henne att hon är medveten om att den dialog som används skapar konflikter i elevernas tankar, och öppnar upp för olika svar på frågeställningar som kan leda vidare till nya frågor och svar. Den sokratiska dialogen är sålunda något helt annat än att lotsa fram eleverna till *ett rätt svar*. Utsagorna tyder även på att eleverna kan sätta ett begrepp i ett rent naturvetenskapligt sammanhang och vid nästa tillfälle redovisa en utsaga som beskriver ett sammanhang där teknosfären/antroposfären inkluderas, liksom funderingar om hur människan kan påverka naturen mer eller mindre (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007). I det teoretiska

ramverket anknäver dessa funderingar också till t.ex. Dewey (1997), Driver et al. (1994), Larsson (1910) och Schreiner et al. (2005).

Med tanke på de resultat studien genererar uppstår frågan om det aktuella analysinstrumentet skulle kunna fungera som hjälpmedel för lärare och elever i NO-lärandet för att förstå sfärernas symfoni i förändring i stort och i smått. Analysinstrumentet överensstämmer i princip med de modeller NASA använder för att förutspå klimatet med hjälp av registrering av koldioxidhalter och andra växthusgaser liksom molnbildning och nederbörd m.m. samt hur de olika sfärerna intimt samverkar och påverkar ekologiska system som artsammansättning och växtodling. Skulle analysinstrumentet i så fall också kunna utgöra en modell för lärande i naturvetenskap, miljö och hållbar utveckling på olika stadier? Vilka konsekvenser skulle detta få för framskrivning av framtida läroplaner? Skulle det behöva göras några förändringar eller finns det en samklang med det som står i våra styrdokument idag och hur de i praktiken tillämpas?

I figur 8.1 har de olika slagen av kategorier lagts in som exempel för att visa hur olika utsagor är relaterade till de olika sfärerna och hur de symboliserar elevernas olika sätt att se på världen och på världen i förändring.



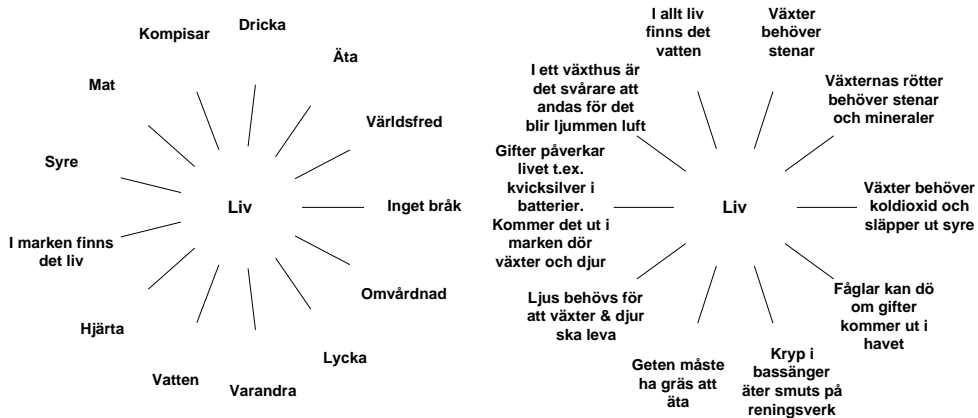
Figur 8.1. Analysinstrumentet med i figuren inlagda kategoriexempel, *Vet ej*, A, B1, B2, C1 och C2.

8.4 Utveckling av begreppsvävar

I begreppsutvecklingen kan olika tendenser urskiljas utefter huvudlinjerna B1- B2 och C1- C2. I fråga om begreppen *vatten* och *jord*, där frågeställningarna är hur regn respektive kompostjord bildas, urskiljs en tendens till kategori B2. *Vatten i vardagen* utvecklas till C1- och C2 –nivå liksom begreppen *vanliga och miljövänliga fordon* och *sopsortering*. Eleverna redovisar beträffande begreppen *gifter*, *rost*, *insamling av batterier*, *växthus* och *den ökade växthuseffekten* utsagor som kategoriseras både som B1 och B2 samt C1 och C2 d.v.s. integrerade och konfliktladdade samband. Begreppet *liv* kategoriseras i många utsagor som A, men tendenserna pekar även i riktning mot kategori B2. Beträffande begreppet *vatten* avseende avdunstning från diskbänken kategoriseras många utsagor som A med en svag tendens till kategori B1.

Det finns sålunda begrepp som eleverna i sina utsagor ser som rent naturvetenskapliga. Andra utsagor vittnar om att eleverna inkluderar människan, samhället och tekniken. I andra fall växlar utsagorna från det ena tillfället till det andra. Elevernas utsagor beskriver den problematik som även vuxna har beträffande exempelvis *den ökade växthuseffekten* och om den har sin grund i naturliga orsaker eller antropogena eller både och. Här finns också exempel på *misconceptions* i den bemärkelsen att värmestrålning blandas samman med kosmisk strålning. I elevernas utsagor om *liv*, *den ökade växthuseffekten*, *batterier*, *gifter*, *vanliga och miljövänliga fordon* och *vatten i vardagen* finns begrepp som atomer och molekyler samt beskrivningar av fysikaliska och kemiska processer.

Den begreppsutveckling som ägt rum i NO-lärandet kan beskrivas som *conceptual change*, d.v.s. när det sker en plötslig förändring av en elevs begrepp och lärande (Tytler & Peterson 2004; Vosniadou & Ioannides, 1998). Andra exempel finns där eleverna använder vardagliga begrepp åtminstone en viss tid och sedan använder vetenskapliga begrepp med samma innebörd parallellt, *conceptual capture*. Det kan också jämföras med *conceptual conflict* (Helldén et al., 2005). En del utsagor utvecklas från *Vet ej* eller A till B- eller C-nivån, *conceptual growth* (di Sessa, 1988). En del elever utvecklar personliga teman som i vissa fall finns med i ett tidigt skede. Av resultaten kan också elevernas utveckling av begreppsvävar på gruppnivå över tid följas. Ett par exempel redovisas i form av begreppsvävar, där utsagor år 2003 jämförs med år 2006, figur 8.2, figur 8.3 och figur 8.4.



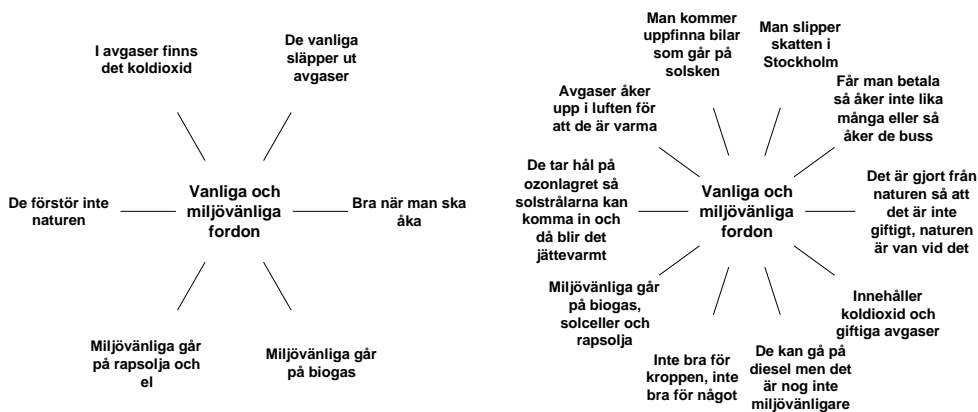
Figur 8.2. Bilden illustrerar hur eleverna på gruppnivå utvecklar begreppsväven om *liv*- en jämförelse mellan år 2003 och år 2006.

Vid undersökningens början stannade elevernas utsagor på frågan: *Vad behöver växter och djur för att leva?* vid enstaka ord eller uttryck som var knutna till elevernas vardag. År 2006 anknyter dock eleverna sina svar avseende begrepp som *gifter, sopor och batterier, vatten i vardagen* samt *växthus och den ökade växthuseffekten* som förutsättningar för liv (se figur 8.2).



Figur 8.3. Bilden illustrerar hur eleverna på grupp-nivå utvecklar begreppsväven om *gifter* med utgångsfrågan: *Vad händer när olja kommer ut i havet?* en jämförelse mellan år 2003 och år 2006.

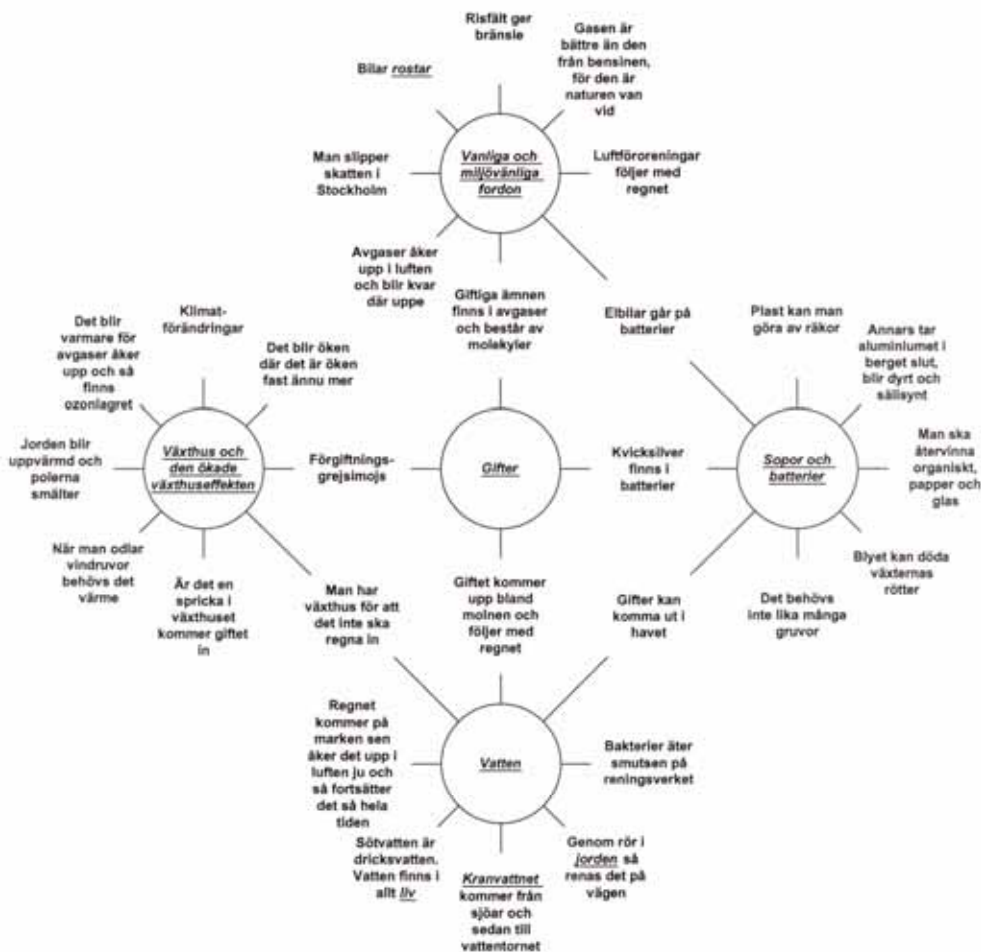
Redan i ett tidigt skede bestod elevernas utsagor rörande frågan om vad som händer när olja kommer ut i havet av samband och sammanhang som kan kategoriseras som B1, B2 och C1. Konflikten är dubbel och består i hur eleverna uppfattar olja och om utsläpp av olja drabbar växter och djur i första hand och inte människan. Utsagorna från år 2006 visar på att elevernas uppfattningar om mikro- och makronivån blir allt tydligare. De kan se hur gifter sprider sig i näringskedjan och i vattnets kretslopp samt till andra hav. Om oljan sjunker till botten, försvinner eller avdunstar är däremot alltjämt en olöst fråga för många elever. Begreppsväven kring olja och gifter anknyter år 2006 också till begreppen *sopor och batterier, vanliga och miljövänliga fordon* samt *begreppen växthus och den ökade växthuseffekten* (figur 8.3).



Figur 8.4. Bilden illustrerar hur eleverna på grupp-nivå utvecklar begreppsväven om vanliga och miljövänliga fordon vid svar på frågan: *Vilka är skillnaderna mellan en vanlig och miljövänlig buss?* en jämförelse mellan år 2003 och år 2006.

Det visade sig att eleverna på ett tidigt stadium uttrycker skillnader mellan *vanliga och miljövänliga fordon*. Utsagorna tyder på att eleverna skiljer på gaser som är farliga respektive mindre farliga för naturen. De ger också exempel på alternativa drivmedel. I slutet av studien återger utsagorna samband och komplicerade sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären (figur 8.4). Lärandet kan tydligt relateras till NO-ämnenas strävandemål i kursplanen, där det särskilt poängteras att lärandet ska leda till ett ansvar för naturen och hushållningen av resurserna. Det är också gemensamt för de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling. Framtidsperspektivet speglas i uttryck som beskriver alternativa lösningar inom teknikens område d.v.s. *ecological engineering* och *ecological design* för att minska utsläpp och reducera miljö- och hälsoproblem (Hill, 1998, 1999). En tydlig anknytning finns också till begreppen *växthus och ökad växthuseffekt*.

I figur 8.5 redovisas den samlade begreppsväven i gruppen för alla analyserade begrepp och deras kopplingar. Det kan jämföras med Wittgensteins (1992) definition av termen familjelikhet där begreppen hör ihop på mer eller mindre nära håll, i kedjor och relationer.



Figur 8.5. Bilden illustrerar hur de analyserade begreppen på grupp-nivå, år 2006, bildar en samlad begreppsväv och visar på en tydlig begreppsutveckling.

Utvecklingen äger rum med en naturvetenskaplig utgångspunkt, som omfattar mikro- och makronivån men också samband och sammanhang relaterade till naturens sfärer och teknosfären/antroposfären. Detta visar att de begrepp som växt fram i NO-lärandet består av naturvetenskapliga begrepp, men också av sådana som kan sägas tillhöra kunskapskulturen miljö och som kan vara användbara i lärandet för hållbar utveckling (Ingelstam, 2004; Wittgenstein, 1992).

Begrepp som *vatten*, *liv* och *jord* utvecklas företrädesvis från A till B-nivå. Begrepp som *vatten i vardagen*, *vanliga och miljövänliga fordon* och *sopsortering* utvecklas från A till C-

nivå. Begrepp där konflikter mellan B- och C-nivån uppkommer är *insamling av batterier, gifter, rost, växthus och den ökade växthuseffekten*. A-nivån omfattas av enkla ord, uttryck och spel och får enligt min mening inte undervärderas. Samtidigt är det viktigt att inte eleverna fastnar vid A-nivån utan utvecklas vidare för att kunna förstå samband och sammanhang, i synnerhet att människan påverkar de naturliga sfärerna.

Även om ett antal utsagor som kan kategoriseras som kategori A egentligen består av vardagsbegrepp är de viktiga att beakta i lärandet. Andersson et al. (1999) ser t.ex. inte vardagsbegrepp som något fult och anser att det är en väg att gå för att nå en ökad nivå i många elevers begreppsutveckling i skolan. När en ny kunskapskultur växer fram kan ofta konflikter mellan de vardagliga och de vetenskapliga begreppen bli tydliga i ett inledande skede. Läraren har en viktig uppgift att klargöra skillnader mellan det vardagliga och det vetenskapliga språket (Leach & Scott, 2003).

8.4.1 Begrepp med olika hemvist

När det gäller utvecklingen av didaktiken för de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling består problematiken huvudsakligen i att ett flertal begrepp har dubbel hemvist. Dels tillhör flera begrepp den traditionella naturvetenskapen och dels har flera begrepp en tillhörighet inom miljövetenskapen. Enligt mitt sätt att se på detta kan inte traditionella begrepp inom naturvetenskapen generellt likställas med begrepp inom kunskapskulturen miljö. Däremot visar resultaten att miljöbegrepp kan utvecklas med en naturvetenskaplig utgångspunkt. Begreppen visar sig i förlängningen även vara användbara i lärandet för hållbar utveckling.

I den inledande resultatredovisningen har de begrepp som vaskats fram noggrant beskrivits för att tydliggöra deras innebörd. Enligt såväl Ausubel (1968), Bruner (1996), Ishii (2003), Sjöberg (2005) och Wittgenstein (1992) innebär lärandeprocessen att skapa relationer mellan det man vet och det nya man möter. Det kan förefalla krävande och i det här aktuella fallet kan språket ses som både begreppsbyggare och katalysator i elevernas begreppsutveckling. Genom att använda språket och genom att ställa frågor knyts nya begrepp till redan etablerade begrepp samtidigt som begreppskonflikter uppstår där människan både är inkluderad och exkluderad. Begreppen kan liknas vid olika möbler i ett rum där varje möbels funktion klargörs och vävs samman först när stolar, bord, bokhyllor o.s.v. placerats ut. En ytterligare dimension uppkommer då människan träder in i rummet vilket leder till andra spelregler än tidigare, vilket symboliserar det Wittgenstein filosofiskt uttrycker som ”språkspel” (Wittgenstein, 1992).

För att introduceras i kunskapskulturen miljö och hållbar utveckling verkar den sokratiske dialogen vara en möjlig väg för utvecklandet av logiska strukturer. Dialogen fungerar inte bara som ett redskap att skapa logiska strukturer, utan tycks enligt min mening också öppna upp för elevernas kreativitet. Jag ser tydligt i resultaten hur olika begreppsvävar växer fram i studien. Lärarens metod att använda den sokratiske dialogen kan vara hennes sätt att tydliggöra skillnaderna mellan det vetenskapliga och det vardagliga språket precis som Leach och Scott (2003) betonar. Detta ligger i linje med Forssells (2005) resonemang kring den sokratiske dialogens betydelse och vikten av reflektion avseende olika begrepps innebörd. Det anknyter också till de tankar flertalet av de teoretiker avseende läranderamverket (kapitel 4) har tagit fasta på och som är högst relevanta för studien. Även Bruner (1996) kopplar starkt

den sokratiska dialogen som redskap för att länka lärandet till samhället, i vilket eleverna utvecklas till framtidens samhällsmedborgare. Även Vygotsky betonar vikten av att lära sig nya sätt att tänka när man lär sig nya ämnen (Vygotsky, 2001). Skulle det till exempel vara rationellt att lära sig spanska glosor och utifrån dessa sedan lära sig att tala det tyska språket? Kanske har Loughland et al. (2002) en poäng i sitt budskap att det inom miljöundervisningen och därmed miljödidaktiken måste genomföras radikala förändringar för att kommunicera ett innehåll som är av avgörande betydelse för människans framtid.

8.4.2 Ett ontologiskt dilemma

I studien visar det sig att eleverna är osäkra på människans relation till naturen och om hon drabbas av förändringar som sker i naturen. Även frågan om människan kan anpassa sig till naturens spelregler är för dessa unga elever en svår fråga. I det tidigare redovisade miljövetenskapliga och miljödidaktiska ramverket (se kapitel 2 och kapitel 3) redovisas det ontologiska dilemma som idag råder beträffande människans roll och anpassning samt brist på anpassning till naturen. Jag har begränsat framställningen till det västerländska perspektivet, men de drivkrafter som avser hållbar utveckling är globalt sett desamma (Loughland et al., 2002). Bl.a. Yencken (2000), Gordon (2001) och Gough, A. (2002) problematiserar de kulturella aspekterna av begreppet hållbar utveckling. Yenckens slutsatser om vilken benägenhet ungdomar har att handla för en minskning av den antropogena växthuseffekten tycks präglas av ett kulturellt perspektiv och om vederbörande drabbats av dess konsekvenser eller ej. Det är uppenbart att undervisningen i den australiensiska studien tydligt behandlar den naturliga växthuseffekten, vilket skiljer den från föreliggande studie. Gough, A. (2002) uttrycker hur det västerländska perspektivet kommit att prägla den världsomspännande debatten, samtidigt som hon pekar på en marginalisering av undervisning om de båda perspektiven miljö och hållbar utveckling. Frågan hon ställer är vem som ska stå som värd för detta innehåll. Vad kommer att behövas i framtiden? Kan naturvetenskapen ensam ge svaren på alla frågor om miljö och hållbar utveckling? Gordon (2001) tar upp grundinställningen att människan i västerländsk kultur oftast ser sig själv som en del av naturen i dagens samhälle, men att både religion, vetenskap och ekonomi samtidigt kan verka i andra riktningar. Det förefaller som att människan skapar egna system oberoende av naturvetenskapliga teorier och lagar.

Gayford (2002) beskriver i en engelsk studie lärarnas möjligheter att skaffa sig ny kunskap relaterat till det tvärdisciplinära området hållbar utveckling. Lärarna pekar på att tiden är för knapp för nya moment, tvärvetenskapligheten bidrar till en svårighet att genomföra det samt att innehållet är förknippat med kontroversiella delar. Bristen på läroböcker som behandlar området är också ett argument för svårigheten att befatta sig med det. Samtidigt välkomnar Barazza (2001) och Bonnett och Williams (1998) metदानvisningar för lärare i samband med framtagandet av nya läroplaner och kursplaner. Frågan kvarstår om det är en rimlig och framkomlig väg.

8.5 Resultaten i förhållande till syftet och forskningsfrågan

Forskningsfrågan är: *Hur utvecklar elever i åldern 9-11 år begrepp för att se samband och grundläggande sammanhang relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären i NO-lärandet?*

De redovisade begreppen och den utveckling som beskrivits i föregående kapitel visar hur forskningsfrågan på såväl grupp- som individnivå kan följas upp. Genom att använda det valda analysinstrumentet kan tydliga utvecklingslinjer urskiljas inom de naturliga sfärerna (kategorierna B1 och B2) men också inom de naturliga sfärerna inklusive teknosfären/antroposfären (kategorierna C1 och C2). Analysinstrumentet har också använts för att visuellt visa hur elevernas utsagor kan orienteras inom jordens olika sfärer, figur 8.1. Det ger en uppfattning om hur eleverna ser på världen, men också deras syn på hur världen förändras.

Genom att välja en naturvetenskaplig utgångspunkt och studier av NO-lärandet har det övergripande syftet kunnat uppfyllas. De naturorienterade ämnena har bl.a. som mål att sträva mot

- att göra naturvetenskapens resultat och arbetssätt tillgängliga,
- att sträva efter att skapa hållbar utveckling och
- att utveckla omsorg om natur och människor.

Det innebär att en traditionell NO-undervisning också bör uppfylla målen för de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling (Skolverket, 2000a). Frågan kan ställas i vilken omfattning de olika strävandemålen kan och bör tillgodoses, men det borde vara självklart att samtliga uppställda mål måste finnas med och att eleverna ges möjlighet att möta dem i sitt NO-lärande. Paprotna (1998) betonar bland andra behovet av att generellt medvetandegöra lärarna om sitt ansvar i dessa frågor.

Resultatet i föreliggande studie visar på elevernas sätt att beskriva förändringar och processer med ord, uttryck och spel samt utvecklingen av dessa till integrerade samband och sammanhang. En begreppsväv utvecklas med avstamp i det NO-lärande eleverna möter under åren 2003 till 2006. Efterhand som begreppsväven växer fram visar det sig att begrepp med hemort i kunskapskulturen miljö också växer fram. Det är även användbara i lärandet för hållbar utveckling. I vissa fall innehåller elevernas utsagor en stor mängd detaljerade begrepp, exempelvis på atom- och molekylnivå. Enligt den idéhistoriska modellen visar utsagorna på tendensen att människan ses som en del av naturen, framför allt i anslutning till leken kopplad till lärandet samt i de spontana samtal som sker omedelbart efter t.ex. en lekaktivitet.

8.5.1 Resultat i förhållande till tidigare studier

Elevernas utsagor i denna studie överensstämmer väl med t.ex. Bars (1989) så till vida att eleverna från 11 års ålder har uppfattningen att moln bildas av vatten som avdunstar från olika källor eller att solen avdunstar havsvatten. Hans berättar t.ex. i intervjun 2005 att det börjar regna vid berg och innan berg sedan vattnet farit upp i luften och blivit ånga. Enligt Skamp et

al. (2004) är också en vanlig föreställning i den aktuella åldersgruppen att det i molnen kan förekomma föroreningar som blyhaltig bensin. Johnson (1998c) kommer i en longitudinell studie fram till att elever ofta likställer begreppen luft, syre och gas. Karl använder tillsammans med flera elever till exempel benämningen *syre* när han talar om gaser i nedanstående situationer.

Intervju 2005 (B2)

Christel: Vad behöver du för att du ska kunna leva?

Karl: Öh, syre, vätska...öhh..

Christel: Något mer?

Karl: Öh, träd.

Christel: Varför behöver du det?

Karl: Bladen tar emot syre och sen. Ja, de tar emot syre och sen gör de så att det blir syre.

Däremot visar Bob och Sonja på en mer stabil användning av t.ex. *syre* och *koldioxid*. I det longitudinella perspektivet visar det sig att eleverna efter hand talar i termer som syre och koldioxid i utbyte mellan växters, djurs och människors andning. En begreppsväv som inkluderar konsekvenser av pappersåtervinning lyfts också fram av flera elever efter hand.

Intervju 2006 (B2)

Bob: Växterna behöver koldioxid och släpper ut syre. Vi får syre från träden som har en massa löv.

Intervju 2006 (C2) avseende sopor och (B2) avseende insamling av batterier

Christel: Har det alltid funnits burkar man kan återvinna och så gör man nya av dem?

Sonja: Nej, från början kommer det från något annat men jag kommer inte ihåg det. Man återvinner för att då slipper man göra om det hela tiden och då kan man göra nya istället för att slänga de gamla. Det är likadant med glas, man kan smälta det och göra nya. Flaskor. Papper kommer från träd så kan man återvinna det för att slippa hugga ner fler träd. Man ska inte förstöra naturen och djuren, ja vissa djur bor i de träden. Och så behöver vi också träden. För att kunna leva. När vi andas så andas vi in syre och så andas vi ut ...öhh, ..koldioxid och det tar träden upp och så tillverkar träden syre.

Studiens resultat visar på att eleverna kopplar samman flera olika begrepp. Bob säger t.ex. år 2006 att växterna behöver koldioxid och släpper ut syre samtidigt som vi människor får syre från träden som har många löv. Detta kopplas enligt bland andra Bob samman med att papper bör sorteras och samlas in därför att en nedhuggen skog medför att mängden syre minskar. Han för även strategiska och logiska resonemang avseende sortering av metallsopor. Denna studie anknyter till Sheehys undersökning där eleverna spelar ett dataspel med symboliken att hålla ett system - ”träddavverkning till pappersåtervinning” i gång (Sheehy et al., 2000). Fokus riktas i föreliggande studie på att analysera elevernas utsagor i relation till de naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären med såväl ett helhets- som detaljperspektiv, d.v.s. sfärernas symfoni i förändring.

En samstämmighet förefaller föreligga när det gäller elevernas uppfattningar om hur kompostjord bildas med andra studier som tangerar denna frågeställning. Eleverna kombinerar i många fall en kretsloppsmodell med en slutstationsmodell (Helldén, 1995). Otto säger t.ex. i intervjun 2006 att maskarna behövs därför att utan dem hade hela parken översvämmats av löv. Eleverna talar också under NO-lektionerna om jorden och bergens innehåll av mineraler som en viktig ingrediens för växternas överlevnad och växande. En del av eleverna i min studie knyter, efter hand vid samtalen om varför sopor sorteras, samman

begreppet sopor med organiskt avfall och vidare till begreppet jord. Vissa elever knyter sopsortering och specifikt sorteringen av metaller, aluminium, till att annars måste man ta ny metall från berget. Enligt ett flertal elever behöver växter och djur både vatten och näring. Näringen är då ett resultat av vittringen från berg och sten. Ausubel (1968), Wittgenstein (1992), Ishii (2003) och Sjøberg (2005) för resonemanget att begreppen utvecklas genom dess användning där nya ord knyts till redan befintliga ord och uttryck hos eleverna. De funna orden och uttrycken i studien vävs uppenbarligen ihop på ett mer eller mindre naturligt sätt.

Kanske borde undervisningen utgå från vilka resurser människan valt att använda av naturen och inte utgå från själva sopberget. Ett annat sätt är att som utgångspunkt undervisa om naturresurser som sand, olja, berg, mineral, sten, träd m.m. och hushållningen med dessa råvaror.

Andersson et al. (1999) har kommit fram till att äldre elever (15-18 år) inte påtagligt ser växelverkan mellan mark, vegetation och samhälle som ett system. I det empiriska materialet i föreliggande studie uttalar som ett exempel Sune sig på följande sätt år 2004 och år 2005, vilket visar på ett annorlunda synsätt redan i denna ålder.

Under videoobservation våren 2004

Sune: Giftet kan komma ner i grundvattnet.
Läraren: Giftet kan komma ner i grundvattnet...Hur kan det komma ner i grundvattnet?
Sune: Sjuncker genom marken.

Intervju år 2005

Christel: Hur bildas regn?
Sune: Först då är det som en sjö. Sen kommer solen och den värmer, den träffar sjön. Och så blir vattnet till ånga och så blir det ett moln och desto mer ånga det kommer i det så blir det mörkare, mörkare och mörkare och tyngre och tyngre och tyngre, sen släpper det ut vattnet igen.
Christel: Var hamnar det sen?
Sune: I marken.
Christel: I marken.
Sune: Ja, det kan hamna var som helst.
Christel: Om det kommer i marken, vart tar det vägen sen?
Sune: Det rinner kanske till något annat ställe så kan det komma till brunnar och så. Sen kan det landa på hustak. Och i havet.
Christel: Och om det landar i havet vad händer sen med det?
Sune: Då bara, det stannar där...Ja.. Upp i luften. Regnar ner med vattendropparna. Ja, med vattendropparna för den går in där uppe i molnen.

Beträffande det resultat och de utsagor som genereras utifrån frågan: *Läraren har spillt vatten på diskbänken. Vad händer med vattnet om hon inte torkar upp det direkt?* skiljer de sig något i förhållande till t.ex. Bars resultat (Bar, 1989). Vanliga svar är att det sugts ner, torkar eller försvinner, vilket enligt Bar är vanliga utsagor i åldern 5-8 år. Konservationsstänkandet är mindre förekommande i min empiriska studie avseende denna fråga. Resultatet visar att laborationsmiljöer har sina begränsningar när det gäller att tillgodose elevernas möjligheter att utveckla ett kretsloppstänkande. Dessa begränsningar gäller också frågorna om hur rost bildas och varför batterier samlas in. Enligt Andersson (Projekt Nordlab-se, 2003b) har få elever när de går ut årskurs 9 begreppet rost klart för sig. En av orsakerna kan hänföras till att

traditionell NO-undervisning till största delen består av teoretiska lektioner varvat med laborationer. Jag kan inte göra en riktigt pålitlig jämförelse mellan min studies resultat och Anderssons på grund av ålderskillnaden i studierna. Det jag kan påvisa är att eleverna i föreliggande studie har klart för sig att vatten som angriper metaller rostar, vilket också sker i samband med att metallföremål lämnas utomhus. Ett fåtal elever talar också i termer av oxidation och att rost ersätter den ursprungliga färgen på ett föremål, exempelvis cykeln. I videoupptagningarna redovisas en omfattande sekvens över hur de i klassen går igenom och arbetar laborativt med att konstruera batterier av potatisar, citroner och äpplen (se kapitel 7.1.6). I mina resultat syns även tydligt hur låsta eleverna är i sina utsagor avseende frågeställningen om varför batterier samlas in. Kan det vara så att de känner på sig att svaren de förväntas leverera ska innehåll ord och uttryck såsom *elektroner* och *deg*? Elevernas utsagor av detta slag länkas mindre till de begrepp som enligt eleverna kan hänföras till tydliga kretslopp. Larsson (1910) betonar bland annat förförståelse, iakttagelseförmåga och reflektion i lärandeprocessen och menar att risken är stor att helheten går förlorad om fixeringen till detaljer blir för dominant.

I föreliggande studie kopplar dock eleverna vidare i sina utsagor samman det rena kretsloppet i naturen till kranvattnets tänkbara ursprungskällor. Även miljötekniska aspekter i fråga om rening av avloppsvatten och de samhällstekniska systemen som finns i form av t.ex. system av sammanlänkande rör diskuteras. Undervisning beträffande de båda övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling visar sig kräva fler redskap än den traditionella undervisningen erbjuder. Elevernas utsagor visar på en mångfald, vilka ger uttryck i de personliga teman som redovisas i fallstudierna (se kapitel 7.2; CD-bilaga; Fallstudier-resultat). Forskningen avseende lek- och lärandeperspektivet har sin grund inom utvecklingspedagogiken och har som syfte att ge eleverna bättre möjligheter att utveckla och förstå olika aspekter av sin omvärld. Att lära naturvetenskap tillsammans med de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling med leken som ett redskap för lärandet kan vara en framkomlig väg. Alla elever har olika inlärningsstilar och förförståelse vilket resulterar i att olika begreppsvävar växer fram i olika takt (Ausubel, 1968; Bruner, 1996; Egidius, 2003; Larsson, 1910). Det bör även betonas att vuxna som förebilder samt elevernas erfarenheter från den tidiga barndomen är av stor vikt för framtida motivation och engagemang (Dahlgren & Szczepanski, 2004; Nyhus Braute, 1997; Szczepanski, 2007).

I denna studie skildras också ett antal lekar som redskap i NO-lärandet. Det kommer fram att eleverna i ett flertal fall har svårigheter att koppla ihop aktiviteten i leken de utför med det naturvetenskapliga budskapet. Nedan följer två exempel som illustrerar problematiken.

- Christel: Kommer du ihåg vad den leken handlade om? När ni var på stranden?
Jenny: Det var väl. Man hade påsar, så var det några som var fiskar och några som var gäddor och sånt. Och så var det en örn eller två. Så skulle man först plocka, korn. Jag vet inte vad det var.
- Christel: Läraren hade lagt ut pastaskruvar.
Jenny: Ja, pasta. Så skulle man plocka det i påsarna då. Sen så släppte man in de andra, så skulle de ta deras påsar tror jag eller något sånt. Och så då om de tog alla påsarna dog de då och så kom då örnarna in och ja, något sånt.
- Christel: Varför är det inte bra om det kommer olja i havet?
Jenny: Fiskarna tål ju inte det, de dör ju om de får in det i sig.

Värt att notera är att Jenny inte associerar leken i vårt samtal till vad som händer i en näringspyramid när havet förgiftas. Men hon svarar tydligt på den sista frågan jag ställer

nämligen vad som kommer att hända om olja släpps ut i havet. Förekomsten av assimilation och elevernas förmåga till ackommodation varierar. Det finns även elever som tydligt i sina utsagor visar på att de i samtal om leken kopplar ihop det naturvetenskapliga innehållet.

Under samtalet med Pia år 2005 utvecklas till exempel begreppsväven vidare till mer omfattande ekologiska samband beträffande en näringskedja.

Christel: Kommer du ihåg att ni lekte en lek på stranden och så var ni olika fiskar, och några var fåglar och er lärare hade strött ut sån pasta på marken, gula och röda...

Pia: Ja.

Christel: Och så räknade ni och så. Vad handlade den leken om?

Pia: Om att det var många som dog. Det var så mycket farligt i vattnet så vissa dog, eller ja de flesta dog. Och så överlevde vissa.

Christel: Det var det leken gick ut på?

Pia: Ja. Och så fick, eller så det var mest av de små kvar och minst av de stora djuren kvar. Eller som blev, och så blev de mindre och mindre av de största och mer av de små för eller fiskarna från att ha ätit lite så fick de mittemellan det i sig och sen de stora.

Christel: Så dör de stora menar du?

Pia: Ja.

I frågeställningen om vad som händer när olja kommer ut i havet visar på termodynamiska förklaringar och växelverkan mellan olika sfärer (Carlsson, 1999). Påtagligt är att de uttrycker att det först och främst är djuren som drabbas men vid en djupare reflektion, t.ex. i metareflekerande samtal efter giftleken antar flera elever ett perspektiv där de själva har en roll i det som pågår. De sätter sig in i miljön centralt. Det kan hänföras till *Theory of mind*, d.v.s eleverna ges möjlighet att sätta sig in i andra organismers perspektiv och levnadsförhållanden vilket kan vara en katalysator i deras lärande och begreppsutveckling (Astington, 1998; Frye & Moore, 1991). En kemisk och fysikalisk konflikt uppstår hos eleverna när de sedan tidigare känner till vattnets avdunstning genom solens uppvärmning och inte omedelbart kan svara på om oljan också avdunstar eller blir kvar i havet.

Enligt Skamps studie år 2004 visar elevernas föreställningar om luftföroreningar på att dessa bildas av naturliga komponenter i luften (Skamp et al., 2004). Sambandet mellan luftföroreningar och lungsjukdomar är en frekvent elevuppfattning. Hälsooperspektivet lyfts fram av ett flertal elever (CD-bilaga; t.ex. Jenny diagram, Bob diagram). I min studie visar det sig däremot i elevernas utsagor att elever som t.ex. Sonja och Hans för resonemang om att alternativa bränslen som biogas inte bidrar till någon miljöförstöring eftersom det enligt eleverna kommer från naturen och naturen därför är van vid det. Problematiken kring begreppsbildningen och begreppsutvecklingen i det här fallet kan vara att även olja och bensen har sitt ursprung från naturen.

Nedan följer ett exempel från intervjun med Sonja år 2005.

Christel: Vad betyder det att det är miljövänligt?

Sonja: Det är gjort från naturen så det är inte giftigt.

Christel: Vad menar du när du säger att det är "från naturen"?

Sonja: Man har använt saker från naturen. Eller det är inte så farligt.

Även Hans uttrycker sig åt det hållet i 2005 års intervju.

Hans: Det är den gasen, den är bättre än den som kommer från bensen. Den är mycket bättre.

Christel: Varför?
Hans: För det är saker från naturen och det är de mer vana vid.

Kirkeby Hansen (1996, 2006) och Andersson och Wallin (2000) beskriver i tidigare forskning elevernas tendens att förväxla uttunnningen av ozonlagret med den ökade växthuseffekten. Ifrån min studie uppmärksammas följande exempel.

Mary Intervju 2006 (C2)

Christel: Har du hört talas om den ökade växthuseffekten?
Mary: Det är de där klimatförändringarna.
Christel: Och vad innebär det? När det ändras?
Mary: Antingen så blir det väl varmare eller så blir det kallare.
Christel: Vad innebär det för oss?
Mary: Varmare, för avgaserna åker upp och så finns ju det ozonlagret och så håller det kvar mer värme på jorden.

Sonja Intervju 2006 (C1) avseende den ökade växthuseffekten

Christel: Har du hört talas om den ökade växthuseffekten?
Sonja: Ja, det är när det blir varmare och varmare och så ozonlagret har förstört och det kommer in för kraftiga solstrålar. Då tror jag det är växthuseffekt. Det går hål på skiktet om vi sprider för mycket koldioxid och andra gaser så fräter det på ozonskiktet.

Karl Intervju 2006 (C1) avseende såväl växthus som den ökade växthuseffekten

Christel: Hur fungerar ett växthus?
Karl: Varmt och fuktigt. Man har växthus för att odla blommor som kommer från andra länder som behöver mycket värme.
Christel: Kan du förklara vad den ökade växthuseffekten innebär?
Karl: När avgaserna går upp i luften och gör hål på ozonlagret som finns där uppe så kommer solstrålarna igenom och det blir varmare.

En del elever uttrycker att den ökade växthuseffekten orsakas av såväl uttunnningen av ozonlagret som växthusgaser. Exemplena ovan illustrerar vanliga sammanblandningar som förekommer hos eleverna. Man skulle kunna återknyta detta till problematiken om hur eleverna efter hand använder syre och koldioxid i stället för luft. Luft står i utsagorna också för ett stort antal växthusgaser, t.ex. koldioxid, vattenånga, dikväveoxid, ozon, metan, fluorväteföreningar. Diskussionen om ozonhållets nettoeffekt på den ökade växthuseffekten pågår också bland forskare inom FN (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007). Exempel visar på svagheter med vad som är rätt och fel. Lärare behöver didaktiska redskap för att lära eleverna att kunna argumentera i dessa frågor, t.ex. skillnaden mellan långvågig värmestrålning och kortvågig joniserande strålning. Däremot uttalar sig eleverna inte klart om att växthuseffekten är nödvändig för växters och djurs existens på den här planeten vilket uppmärksammas av Skamp et al. (2004) och Yencken (2000). Lärandet beskrivs t.ex. av Bruner (1996) och Leach och Scott (2003) som orkestrerat av läraren i klassrummet. Det är läraren som gör valet av innehåll för undervisningen och därmed styr elevernas lärande. Urvalet kan ha med lärarens ålder att göra. Det kan finnas skillnader i attityder lärare emellan såväl som mellan andra vuxna i samhället vilket i sin tur påverkar eleverna. Det vittnar en undersökning från Queensland om. Ballantyne (2000) kom i sin studie fram till att det var möjligt att transferera kunskap generationer emellan med miljöinnehåll, men att attitydskillnader rådde. I vissa fall kan det vara av extra intresse att ta reda på vem som står bakom och finansierar forskningen.

Enligt Sjøberg (2005) kritiseras den naturvetenskapliga didaktiken bland annat av att man missat de konkreta exemplen i naturen. Andersson lyfter fram problematiken att i undervisningen få delar och helhet att hjälpa varandra i ett lämpligt växelspel och redovisar olika sätt att se på integration (Andersson, 2003). Såväl sambanden mellan *solstrålning*, *fotosyntes* och *bilkörning* som *solstrålning*, *nederbörd* och *belysningen i ett hem* kräver ett integrerat synsätt för att uppnå full förståelse. Det har enligt Andersson visat sig att detta för många inte har något samband. Andersson betonar att allt mer energi och materia omvandlas samtidigt som naturen påverkas mer och mer eftersom befolkningen stadigt ökar. Det blir mer och mer att bemästra för att lära oss om det som är av avgörande betydelse för människans framtid. Man kan t.ex. fråga sig om det är först när vi inte kan tända lyset hemma vi börjar fundera kring om vi har något med naturen att göra eller inte. I föreliggande studies analysinstrument finns däremot möjligheter att lyfta fram detaljer tillsammans med samband och sammanhang i samhället med dess tekniska system och naturen.

8.6 Från naturvetenskapernas didaktik till miljödidaktik och lärande för hållbar utveckling

Som framgått av översikten över tidigare forskning har allt sedan miljöfrågorna aktualiserades som en samhällsfråga forskning och lärande ofta utgått från ett naturvetenskapligt perspektiv. Bhaskar (2003) pekar exempelvis på behovet att utgå från naturvetenskap och teknik för att samhällets arbete med hållbar utveckling ska få en bas att stå på. Areskoug (2005), Carlsson (1999), Ekborg (2002), Helldén (1992), Leach et al. (1995, 1996a, 1996b) och Paprotna (1998) är exempel på författare som mer eller mindre utgår från ett naturvetenskapligt perspektiv. Miljövetenskap är dock i likhet med exempelvis naturvetenskapernas didaktik ett tvärvetenskapligt ämnesområde (Helldén et al., 2005). Centralt inom ämnesområdet miljövetenskap är människans påverkan på naturen i egenskap av samhällsbyggare och social varelse. Naturvetenskaperna kan därför inte till alla delar belysa ämnets olika delar. Det är i dag praktiskt taget omöjligt att finna kretslopp i naturen som inte har kontaminerats på ett eller annat sätt (Agelidou et al., 2000; Falkenmark, 1995; Persson & Musidlowska-Persson, 2007; Sheehy et al., 2000; Skamp et al., 2004).

Undervisning och lärande i miljö har därför utvecklat en särskild miljödidaktik som kan ha en naturvetenskaplig grund, men också utgå från andra perspektiv. Den använda analysmodellen tydliggör den naturvetenskapliga utgångspunkten, men också att miljödidaktik har en tvärvetenskaplig och egen karaktär för lärande i miljö, lika användbar för lärande för hållbar utveckling eftersom teknosfären/antroposfären är en central del i analysinstrumentet. Utvecklingen kan beskrivas som en övergång från lärande i *ecological science* till lärande i *environmental science* på samma sätt som forskningen inom de båda vetenskapsområdena förändrats. Redan Larsson (1910) betonar att humanister och naturvetare bör närma sig varandras områden, vilket också hävdas av von Wright (von Wright, 2000). Vygotsky (2001) likställer frågan om att lära sig ett nytt ämne med att lära sig nya sätt att tänka. Miljödidaktiken är ett nytt lärande som omfattar lärande om delar såväl som helheten.

I studien återger eleverna exempelvis vatten, i de atomer och molekyler det består av, illustrerat som *Musse Pigg*. Koldioxid relateras till atom- och molekylnivå i t.ex. den kemiska reaktionen mellan ättiksyra och bikarbonat och i växternas fotosyntes samt i cellandningen. Atomer av grundämnen ingår i elevernas begreppsbyggnad förmedlade i leken, där även joner gestaltas. I den sokratiska dialogen leder exempelvis samtalen om hur en sten förändras

fysikaliskt genom att vatten ändrar aggregationstillstånd, spricker och vittrar sönder under lång tid samt att det finns saker i jorden från berget som växterna behöver för att kunna leva. Studien visar att det i sig inte finns några begränsningar i att utveckla NO-lärandet med atomer och molekyler, kemiska reaktioner eller fysikaliska förändringar som utgångspunkt, men att man måste vara noga med att inte tappa bort sammanhang och helheter inklusive människans påverkan på naturen.

Betydelsen av att lära om detaljer och att samtidigt förstå samband och sammanhang återfinns redan i Linne´s skrifter (Broberg, 1978) och betonas i vår tid bl.a. av von Wright (2000). Det dubbla synsättet är inte oomstritt, men för yngre elever anser jag att NO-lärandet kan bli för teoretiskt med en utgångspunkt bestående enbart av atomer och molekyler. Elevernas olika intressen för miljöfrågor, frågor om hållbar utveckling och inlärningsstilar kan däremot påverka deras engagemang och handlingskraft samt odla intresset för lärande i NO (Lindahl, 2003; Sjöberg, 2005).

Genom ett antal internationella och nationella deklARATIONER förstärks miljödidaktikens betydelse (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007; UNESCO, 2005). I det praktiska arbetet för hållbar utveckling tar lärandet fasta på "Då, Nu och Framtid" med utgångspunkt i Gamla Testamentet och i den grekiska filosofin, dagens miljösituation och framtiden för kommande generationer.

8.7 Undersökningens validitet och allmängiltighet

Utsagorna i min studie visar på god samstämmighet med tidigare forskning som anknyter till forskningsområdet och som redovisats i kapitel 3 och 4 samt i kapitel 8.5.1.

Som komplettering till den kvalitativa studien har jag genomfört identiska enkäter och intervjuer i motsvarande åldersgrupp av elever i andra kommuner i Sverige och av dessa kommit fram till att eleverna även där redovisar liknande utsagor som eleverna i den undersökta gruppen. Jag drar slutsatsen att elever i landet tänker på jämförbart sätt och redovisar liknande begreppsutveckling som de elever jag studerat. Det innebär att datainsamlingsmetoderna avseende enkäter och intervjuer därmed också prövats mer generellt. Eleverna känner igen sig, vilket ger stöd för att de begrepp som används kan sägas tillhöra kunskapskulturen miljö. Det är jämförbart med hur t.ex. en ny begreppsbyggnad äger rum inom IT-området. I början möts de nya kunskapsområdena med tveksamhet men snart blir begreppsbyggnaden inom nya vetenskapsområdena allmänt accepterade (Ingelstam, 2004).

I den empiriska delen har jag samlat in data på olika sätt och därvid bl.a. funnit en stor samstämmighet mellan utsagor i enkätsvar och intervjusvar samt i videoinspelade dialoger från lektioner. Elevernas begreppsutveckling i NO-lärandet har därmed genom triangulering kunnat undersökas på flera olika sätt. Särskilt värde fäster jag vid att studien kunnat genomföras i en slumpvis vald skola och klass, där min roll som forskare varit tydlig. Ytterligare en fördel har enligt min mening varit att en mellanstadie lärare varit klasslärare under studiens gång samt att vikarierande lärare vid några tillfällen ersatt NO-läraren.

I den refererade litteraturen har jag funnit likartade val av metoder (Ekborg, 2002; Eskilsson, 2001; Lindahl, 2003). Valet av metod ställer krav på datainsamling och bearbetning av dem.

Det förutsätter också en beskrivning av de kategorisystem som byggs upp och används. Alla kategorier har definierats och exemplifierats i resultatredovisningen där kvalitetskillnader mellan de olika kategorierna blir tydliga även om skillnaderna är olika stora i kategorisystemet. Jag har använt medbedömare för att pröva och verifiera kategoriseringarna. Skillnaderna mellan sättet att kategorisera och skälen för ordningen mellan kategorierna motiveras i respektive avsnitt i metodkapitlet och i resultatkapitlet (se kapitel 6 och 7).

Medbedömningen av både enkät- och intervjukategoriseringen har formaliserats. Huvudsyftet har varit att förfinas kategoriuppdelningen och analysen. Medbedömarna har kategoriserat knappt en tiondel av de utsagor som jag använt i analysen. Kategoriseringen har till 90-95 % överensstämmt med min avseende kategori A, B och C och till 75-80 % överensstämmt med min kategorisering med kategoriindelningen A, B1, B2, C1 och C2. Efter diskussion med medbedömarna har kategoriseringen förfinats, vilket inneburit att enskilda elevers uttalanden i några enstaka fall reviderats. Kategoriseringen har också diskuterats med forskarkollegor i naturvetenskap och miljövetenskap.

Avhandlingens tema har sedan 2004 ventilerats löpande i ett stort antal konferenser och symposier bl.a. IOSTE (Lublin, Polen 2004), ESERA (Barcelona, Spanien 2005), Aalborg 2005, Karlstad 2005, NaLUT- Rikskonferens för lärarutbildare i naturvetenskap i Malmö 2005, samt inom forskarskolans återkommande uppföljningar 2004-2007. Temat har dessutom presenterats i t.ex. fristående artiklar och konferensrapporter (Persson, 2004, 2005a, 2005b, 2006a, 2006b, 2006c; Persson & Musidlowska-Persson, 2007).

8.8 Studiens heuristiska värde

Ett centralt kriterium i kvalitativa studier är studiens heuristiska värde som innebär att forskare och andra läsare kan se ett antal aspekter av verkligheten på ett nytt sätt. Samtidigt kan studien vara av värde för praktiker.

Vilken ny kunskap har studien tillfört?

Nyhetsvärdet består framför allt i anknytningen till den forskning avseende lärande om vår miljö och hur den förändras, som under de senaste åren främst i USA utvecklats under begreppet *Earth System Science, ESS*, men som också tillämpas inom bl.a. *Max Planckinstitutet* i Tyskland och *Kungliga Vetenskapsakademien* i Sverige (IGBP, 2006a, 2006b; International Max Planck Research School on Earth System Modelling, 2006). Arbetet kan därför ses som en vidareutveckling av den didaktiska forskning som i Sverige benämns *System Jorden* och forskning kring *Tillståndet i världen* med den skillnaden att ett stort antal helt nya källor använts. Med hjälp av de senare har ett nytt analysinstrument prövats som närmast har sin vetenskapliga förebild i Brethertons diagram (Johnson et al., 2000). Dessutom presenteras ett omfattande empiriskt material avseende yngre elevers begreppsutveckling relaterade till jordens naturliga sfärer och teknosfären/antroposfären.

Studien avser skolans NO-lärande åren 2003-2006 med fastställd kursplan, men också de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling. Det innebär att studien omfattar lärandet i klassrummet, kommunens naturskola, utomhusmiljö, liksom NTA-teman och *lek och lärande*. Studien visar att om NO-undervisningen bedrivs enligt läroplanen kan de båda övergripande perspektiven rymmas. Noterbart är att leken numera har en given plats i

läroplanen och kan tillämpas för att utveckla ämnesinnehållet. Bland annat *mythos* och *mimesis* kan med fördel sammanfogas med den sokratiske dialogen i den metakognitiva fasen och uppnå progression i lärandet. Återkommande fältobservationer utomhus är sedan länge inskrivet som ett uppnåendemål för eleverna i årskurs 5 och årskurs 9 i NO-lärandet. Studien ger akt på att se verkligheten på ett nytt sätt d.v.s. elevernas syn på världen och förändringar av den (Kärrqvist & West, 2005). Det är elevernas NO-lärande som utgör en samlad praktik (Marton, 2000). Utformningen av studien består av videoupptagningar av ett stort antal NO-lektioner, vilka helt planerats och genomförts av elevernas NO-lärare. Enkät- och intervjufrågorna har formulerats utifrån de videoupptagningar som så förutsättningslöst som möjligt fångat de ord, uttryck och spel som eleverna och läraren använder. I denna studie utvecklas vardagsbegrepp till vetenskapliga distinktioner och naturvetenskapliga begrepp bl.a. till miljöbegrepp och begrepp användbara i lärandet för hållbar utveckling.

Studien visar också på att NO-lärandets tre olika strävandemål lämpar sig väl för att omfatta de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling. Förutsättningen är emellertid att acceptera de skillnader som vidlåder ett traditionellt naturvetenskapligt lärande bestämt av rent naturvetenskapliga begrepp med utveckling av miljöbegrepp och begrepp som kan användas i lärandet för hållbar utveckling. De övergripande perspektiven består av ett lärande som bygger på naturliga kausala samband och sammanhang, men också i vilka avseenden människan påverkar naturen och de konflikter och ställningstaganden detta leder till. En specifik skillnad är att de frågor som eleverna ställs inför inte har *ett* rätt svar utan att de ofta leder till nya frågor som i vissa delar innebär rent existentiella frågeställningar om en hållbar utveckling i framtiden. Det kan sett ur ett traditionellt naturvetenskapligt perspektiv vara intressant att möta.

Problematiken förstärks av att lärandet i de övergripande perspektiven kräver utveckling av nya etablerade begrepp inom en ny kunskapskultur. Hittills har integrationen av miljöfrågorna i andra ämnen mestadels inneburit en marginalisering och lärande *om* miljö i stället för *i* miljö.

Med utgångspunkten att människan är beroende av och ingår i naturens kretslopp, vare sig hon uppfattar det eller inte, försöker ekologisk ekonomi studera naturens system och människans samhälle som ett enda system.

(Söderqvist et al., 2004)

Miljöämnetts hittillsvarande marginalisering har också belysts av bland andra Bhaskar (2003), Gough, A. (2002), Johnson et al. (2000), McNeill (2000, 2003), Sörlin och Öckerman (2002) och von Wright (2000). Två tusen femhundra klimat- och miljöforskarens ställningstagande inom *FN:s internationella klimatpanel, IPCC*, år 2007, visar entydigt att människan påverkar jordens klimat och miljö på ett avgörande sätt. Detta borde istället innebära en centrering av miljöämnet.

8.9 Implikationer för lärarutbildning och fortbildning

Skolor, högskolor och universitet ska i sin verksamhet främja en hållbar utveckling som innebär att nuvarande och kommande generationer tillförsäkras en hälsosam och god miljö, ekonomisk och social välfärd samt rättvisa (Högskolelagen, 2005:1208, §5). Det innebär att lärande för hållbar utveckling, LHU, förutsätter förståelse för hur vår livsstil påverkar miljön

inte bara i vårt land utan också globalt. Alla som är verksamma inom skolor, högskolor och universitet bör ha grundläggande insikter i hur våra livsstilar påverkar våra globala fotavtryck. I frågor om hållbar utveckling är det angeläget att anlägga vissa övergripande perspektiv. Genom ett *historiskt perspektiv* utvecklas en beredskap inför framtiden och förmåga till ett dynamiskt tänkande. Genom ett *miljöperspektiv* skapas möjligheter att ta ansvar för den miljö vi själva direkt kan påverka och att tillägna oss ett medvetet förhållningssätt till övergripande och globala miljöfrågor. Ett *internationellt perspektiv* är viktigt för att kunna se den egna verkligheten i ett globalt sammanhang, för att skapa internationell solidaritet samt förbereda för ett samhälle med täta kontakter över kultur och nationsgränser. Det *etiska perspektivet* är av betydelse för många av de frågor som rör hållbar utveckling.

Earth System Science, ESS, är enligt min mening ett redskap som kommer att utvecklas inom undervisning, lärande och forskning. Det kan innebära att de undervisningstraditioner och forskningstraditioner som hittills utvecklats kommer att förändras. Att bita sig fast vid en tradition som den enda saliggörande för undervisning och lärande ter sig i ett framtidsperspektiv ohållbart. Slutsatser om människans relation till naturen som ett antal globala forskarpaneler kommit fram till, t.ex. *IPCC, 2007*, visar på att det krävs ett lärande med ämnesmässiga utgångspunkter samtidigt som människans etiska, politiska och ekonomiska roll i samhället beaktas (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007).

Min studie ger vägledning för lärarutbildning och fortbildning i dessa frågor på olika nivåer i utbildningssystemet. Ett annat stöd står att finna i utveckling av modeller i lärandet som medger att fånga in ett helhets- såväl som ett detaljperspektiv. Ett naturvetenskapligt utgångsperspektiv ger slutligen också möjligheter att utveckla lärandet i hållbar utveckling med sakliga argument som grund för attityder och ställningstaganden. Elevernas utveckling av personliga teman i tidig ålder är viktigt för lärare att känna till (Helldén, 2000; Helldén & Solomon, 2004). Det kan bilda en grund för handlingskraft i frågor som är centrala för framtiden (Dewey, 1916, 1997; Huckle & Sterling, 2001; Mortimer & Scott, 2003).

8.10 Utmaningar för fortsatt forskning

Vilka nya frågeställningar väcks?

Earth System Science, ESS, är ett forskningsområde som under de senaste tjugo åren utvecklats främst av *NASA*, men som vunnit spridning till olika delar av världen och numera omfattar allt fler vetenskaper. Det innebär att lärande om världen och synen på de förändringar som planeten genomgår kan observeras och följas på ett nytt sätt. Ett ständigt flöde av mätdata från satelliter eller stationer på jorden ställs dagligen till forskningens förfogande för bearbetning och omvandling till vetenskapliga rapporter och prognoser, men också till modeller lämpade för undervisning och lärande. På universitetsnivån måste det bedömas som självklart att den utveckling som bl.a. *Kungliga Vetenskapsakademien* står för inom landet blir tillgänglig för lärarstudenter och andra studenter (IGBP, 2006a, 2006b). Samtidigt bör forskning bedrivas om hur nya analysmodeller blir tillgängliga i skolans olika stadier. Särskilt intressant är att följa upp hur den använda modellen kan utvecklas för något äldre grundskoleelever och gymnasieelever, som har förmåga att tydligt se gränsskikten mellan de olika naturliga sfärerna och uttrycka vad som händer i fysikaliska och kemiska formler samtidigt som de med modellens hjälp kan fånga den globala helheten. Samtidigt kan elever i dessa åldrar ytterligare diskutera människans påverkan och interaktion med de

naturliga sfärerna även i andra skolämnen som teknik och hemkunskap, t.ex. vad som kan leda till miljöstörningar men också ge underlag för miljöanpassning av människans aktiviteter. Miljödidaktiken kan ta ansats i flera olika traditioner och genomföras med vitt skilda perspektiv (se kapitel 3).

Det bör betonas att en begreppsutveckling inte är identisk med en kunskapsutveckling. Utveckling av begrepp kan däremot sägas vara första redskapet för att nå de uppsatta kunskapsmålen. I studien uppvisar de enskilda eleverna stora nivåskillnader i utvecklingen av begrepp, vilket sannolikt också slår igenom i lärandet och kunnandet. Frågor man kan ställa är också vilka möjligheter det finns för lärare att fånga upp enskilda individers utvecklingspotential i en grupp på mellan 28 och 36 elever jämfört med klasser som består av 15 till 20 elever.

Vidare forskning skulle kunna vara att undersöka så kallade ”critical points”, d.v.s. konflikter i leken och när de inträffar i själva processen. Det vore även intressant att undersöka hur pedagoger värderar leken i förhållande till lärandet utifrån skrivningarna i Lpo 94 och Lpfö 98. Metakognitiv forskning, som är inriktad på hur eleverna görs medvetna om vilka mål de förväntas uppnå inom miljö- och hållbar utvecklingsperspektiven i skolan, samt hur medvetandet utvecklas om de olika begreppskonflikterna, mellan t.ex. B- och C-nivå d.v.s. människans ställning i naturen, vore också värt att studera för att förstå mer om elevernas lärande i detta avseende.

Grunden för begreppsutveckling, kunskapsutveckling och intresse måste läggas tidigt. I lärande för hållbar utveckling spelar attityder och tyckande större roll än lärande i naturvetenskap och miljö baserat på naturvetenskaplig grund. Att lära begrepp som tillhör kunskapskulturen miljö, t.ex. att veta var mjölken kommer ifrån, måste bedömas lika viktigt som att kunna använda IT-kulturens begrepp och terminologi och förstå och hantera samband och sammanhang i den.

Incitament för fortsatt forskning består också i den världsomfattande utmaning som United Nations Decade of Education for Sustainable Development (UNESCO, 2005) innebär, liksom FN:s klimatpanels ställningstagande (FN:s Klimatdeklaration, 2007; IPCC, 2007). Målgruppen jag avser ska ta del av min studie består av beslutsfattare på olika nivåer i samhället i synnerhet inom olika utbildningsområden. Det borde med tiden också innebära en omprioritering av forsknings- och utbildningsanslag och förskjutning av fokus till nya områden.

FN:s klimatdeklaration har entydigt slagit fast att jordens drygt 6,5 miljarder människor påverkar sfärernas sammansättning på ett avgörande sätt nu och i framtiden. I framtidens forskning och utbildning måste dessa omständigheter beaktas på ett helt annat sätt än hittills. Studien visar på de unga elevernas medvetenhet om såväl naturliga som antropogena samband och sammanhang. Deras utsagor visar på samstämmighet med Klimatpanelen och NASA, då kategoriseringen av utsagorna går i riktningen kategori B2 och C2.

8.11 Slutsatser

- Begrepp som i denna studie visat sig tillhöra kunskapskulturen miljö är *vatten*, *liv* och *jord*. Dessutom har begreppen *vatten i vardagen*, *vanliga* och

miljövänliga fordon och *sopsortering* liksom begrepp som *insamling av batterier*, *gifter*, *rost*, *växthus* samt *den ökade växthuseffekten* vaskats fram så förutsättningslöst som möjligt. Den enklaste nivån omfattas av enstaka ord, uttryck och spel och får inte undervärderas. Samtidigt är viktigt att elevernas utsagor inte fastnar vid den enklaste begrepps-nivån. De bör utvecklas vidare för att beskriva samband och sammanhang, i första hand rent naturvetenskapliga men också sådana som påverkas av teknosfären/antroposfären. Det är med andra ord ett integrerat lärande.

- I studien visas den sokratiske dialogen vara en möjlig metod för att lyfta fram elevernas utveckling av begrepp i de aktuella frågorna. Fördelen är att den sokratiske dialogen ger eleverna möjligheter till ett logiskt resonemang, som leder fram till svar på frågor samtidigt som nya frågor väcks till de avgivna svaren, eftersom miljö och frågor om hållbar utveckling kan besvaras på flera olika sätt. Leken spelar i detta sammanhang också en nyckelroll för att ge eleverna möjlighet att leva sig in i andra organismers perspektiv, s.k. *Theory of mind*.
- Studien visar att man kan använda NO som utgångspunkt för att nå lärande i de övergripande perspektiven miljö och hållbar utveckling omfattande såväl delar som helheter.
- I studien finns också flera exempel på att eleverna under årens gång lär sig att foga samman begrepp till sammanhang. Detta minskar risken för fragmenterad kunskapsbildning.
- Även de yngre eleverna som denna studie avser har förmåga att se hur utbytet av energi och materia sker i gränsskikten mellan de olika sfärerna.
- Studien visar att det med fördel går att utveckla begrepp för lärande i miljö och hållbar utveckling utan att fixera lärandet till problem. I stället borde fokus sättas på olika lösningar avseende bland annat resurshushållning exempelvis genom *ecological design* och *ecological engineering*.
- Det valda analysinstrumentet uppfyller de krav som måste ställas för att analysera ett såväl kausalt, d.v.s. rätlinjigt lärande som ett integrerat lärande. Med andra ord att de erhållna utsagorna kan appliceras i analysmodellen och ge möjligheter att avläsa förhållanden i sfärerna och de förändringar som där äger rum i stort och i smått. Detta borde även kunna appliceras på äldre elever, högstadium, gymnasieskola och högskola/universitet.
- Analysinstrumentet uppfyller även kraven på verklighetsanknytning, d.v.s. det går att tillämpa analysmodellen på makronivå, planeten jorden och dess sfärer, liksom på mikronivå, atom- och molekylnivå. Dessutom uppfyller analysinstrumentet kraven på generaliserbarhet.
- Det longitudinella upplägget av studien visar att elevernas utsagor varierar över tid vilket illustreras av t.ex. *conceptual change*, *conceptual capture* och *conceptual growth*.

Min studie har betydelse för hur vi, både lärare och forskare i ämnesdidaktik, ska se på NO i stort. Den kan även till viss del bidra med ett antal faktorer för att tidigt initiera intresse inom NO, miljö och hållbar utveckling bland ungdomar i dagens skola. Den sokratiske dialogen och lekens möjligheter är viktiga exempel. Elevernas förmåga att möta både ett helhets- och detaljperspektiv i NO-lärandet är ett annat. Det är inte möjligt att likställa begreppsutveckling och kunskapsutveckling. Man kan i resultaten se en ansenlig nivåskillnad mellan de diskussioner elever i undervisningen deltar i och deras utsagor individuellt i enkäter och intervjuer. I studien erhålls en till synes god kvalitet på diskussioner och resonemang

avseende miljöbegrepp, samband och sammanhang relaterade till de naturliga sfärerna och teknosfären/antroposfären, men frågan återstår vilka möjligheter en lärare har att följa upp varje elevs individuella utveckling.

9 English Summary: Symphony of the spheres in change? Learning in environment for sustainable development in primary school with a scientific and longitudinal approach

9.1 Introduction

This study focuses on how young children in primary school develop concepts in their science learning. The described study takes place in a Swedish primary school with 28 pupils who were nine years old when the longitudinal study started. Data collection started in 2003 and finished in 2006. The investigation concentrates on the pupils' study in science, which is led by a science teacher who organized and planned all the lessons. In the Swedish school, *Environment* and *Sustainable development* are not classified as specific subjects, but instead listed as two obligatory perspectives in school education. Due to these circumstances you have to take into consideration social as well as economic and technical aspects. As a consequence, every established subject as e.g. science is expected to deal with environmental issues and sustainable development in the Swedish education school system.

Traditionally, educational research in environmental issues are concentrated on how different parts of environmental learning and learning for sustainable development can be transformed into selected projects in established research and school subjects. The substantial content in environmental education and learning for sustainable development run the risk to be marginalized and replaced by fragments from different subjects and didactics (Gough, A., 2002; Huckle & Sterling, 2001). Until now, environmental research, education and learning have often been concentrated on environmental problems and not on how to avoid them.

A lot of investigations deal with understanding the evolution of environmental concepts and conceptions mainly related to ecology and biology. But there are also some studies focusing on models in environmental education and learning (Hart & Nolan, 1999; Östman, 2003). Attitudes and engagement in the environment and sustainable development among teachers and pupils are also important research areas (Loughland et al., 2002). Another field includes curricula (Bhaskar, 2003; Hermele, 2006; Wickenberg, 1999; Östman, 2003).

Rickinson (2001) points out that most surveys concerning *environmental science* are short-term studies performed with students in school. Hence, there is a need for long-term studies. Gunstone and White (2000) also argue about the need of long-term studies and claim that longitudinal studies will significantly contribute to the understanding of what factors influence development of concepts and conceptions. In view of these arguments, in this thesis I consequently investigate the formation of concepts in a longitudinal perspective.

9.1.1 Aim and research question

The purpose of this study is to analyse how pupils' formation of concepts in their science learning are related to the *Earth System Science* (ESS), as a scientific framework (Andersson, 2001; Bretherton's Diagram, 2006; Johnson et al., 2000).

The research question in this longitudinal study is formulated as follows:

How do pupils in primary school develop concepts related to the natural spheres on Earth and to the technosphere/anthroposphere in their science learning?

In this study, I will describe and analyse both the results of the group as well as the individual results. The development of the pupils' formations of concepts related to the different spheres will be analysed in a longitudinal study by observing a group of 28 pupils in video and questionnaires and also ten of them in semi-structured interviews over a three-years period.

9.2 Background

The scientific approach in this thesis is connected to the international request from Johannesburg 2002, *The World Summit on Sustainable Development* (WSSD), and especially the part concerning, *The International Council of Scientific Unions* (ICSU), in Ubuntu. *ICSU* pointed out the importance for researchers and teachers to use science and technology to better face the challenge of sustainable development (Bhaskar, 2003). UNESCO has also declared the period of 2005 - 2014 as *The United Nations Decade of Education for Sustainable Development* (UNESCO, 2005). Environment is expressed as an obligatory subject for survival, which means that learning in environment for sustainable development cannot be satisfied without specific didactics (Gough, A., 2002). The results of *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), are also of importance to clarify the human impact on the environment (IPCC, 2007). In this perspective, this study is related to international trends.

9.2.1 Theoretical framework

Human and the environment as background

The modern worldwide need for environmental protection is a result of the rapid population growth in the past century. The need for global environmental protection has been the topic of three recent environmental summits, in 1972, 1992, 2002. Even though mankind's relation to nature has a long history, modern day environmental problems have become increasingly obvious. At present, they are leading to awareness, changing attitudes and a stronger driving force towards sustainable development.

The scientific history as we know it is from the beginning in some way related to the philosophers in Greece, e.g. Plato, 427- 347 B.C. and Aristotle, 382 – 322 B.C., who tried to analyse the rules in nature and our relation to them. Plato briefly described humans as divided into body and soul or spirit, which is almost the same as it is written in the Bible. In some way, the old natural philosophers in Greece had another opinion than we have learned from Genesis. In the first book of the Bible it is for example stated that the man may dominate over the fish in the seas, the birds in the sky and all animals on Earth, and that he was to conquer the Earth.

With this in mind, we can follow the thoughts of the world as Descartes interpreted them (1596 – 1650, A.D.) as dualistic, in which man consists of a living body on Earth and a spirit living in eternity. Descartes found a form of rationalistic philosophy. During the same period Galileo (1564 – 1642 A.D.) and Kepler (1571 – 1630 A.D.) introduced empirical methods in sciences, stimulating our abilities to discover the rules of nature. In the nineteenth century, Darwin presented his ideas in the books *On the origin of species* and *The descent of man*, which gave man a place among others in nature. But the question is now, as before, how we should act. We have a unique position as a thinking organism on Earth, named by Linneus as *Homo sapiens sapiens* (Uddenberg, 2005).

A lot of people find a relation to nature and the environment from ecological or biological knowledge (Haeckel, 1882; Odum, E. P., 1971; Tansley, 1923, 1939). Others are influenced by the industrial and technological progress during the last centuries and have also a technological perspective on environment and nature (Hill, 1998, 1999; Huckle & Sterling, 2001; McNeill, 2000, 2003; von Wright, 2000). As a result of the economic progress in the short term we have exploited the environment in an egocentric way for this generation only.

We must see the struggle for sustainable development today with that in mind (Brundtlandkommissionen, 1987; UNESCO, 2005). Thinking as human beings we must take responsibility for the exploitation of the environment. In this case the anthroposophic and ecosophic perspective will be mentioned as important supporting the work towards sustainable development (Naess, 1981; Scharff & Dusek, 2003). We have to be aware of the human impact in all ecological systems, in detail as well as in its entirety, due to the increasing population and change of lifestyle. As a consequence research and education in environmental issues have gradually changed focus from *ecological science* to *environmental science* (Odum, E.P. & Odum, H. T., 1971; Odum, E.P., 1993).

Man has individual views and relations to nature and the environment. Hence, it is in this study important to give a short background on how for instance religion and philosophy may influence the relation between man and nature. How we look upon man's position on Earth and the relation between man and nature may influence learning in environment. Among others, I will mention Alerby (1998) and Loughland et al. (2002), who argue for a radical change in order to increase and widen the youngster's environmental understanding. I believe that there are many people who are aware of the ancient dilemmas, man's position on Earth and the role that he may play. These dilemmas are also the ontological starting points in this study.

9.2.2 Learning in science and environment

Science education is an important argument maintaining science education in school (Sjøberg, 2005; Östman, 1995). During a long time the scientists have been the heroes of the society in the western world, but due to upcoming environmental problems and other questions about technological proceedings, science has lost attraction in many countries. During the last centuries, however, *environmental science* has developed as an interdisciplinary subject in order to balance science and technology in the industrialised society (Miller, 2002; Sörlin & Öckerman, 2002). The importance of *science* and *environmental science* can be attractive to study for young people in the future (SOU, 2004:104; Åbo Akademi, 2006). Of specific interest is the evolution of modern ecological engineering and design in order to make

technology adapted to nature in different ways (Bartha, 1984; Hill, 1998, 1999). *Ecological engineering* is used in many ways e.g. cleaning of contaminated water, soil and air. *Ecological design* stands for new methods to create products and technical systems to avoid environmental problems today and in the future.

There are some specific differences between learning in science and learning in environment. In traditional subjects, e.g. physics and chemistry as well as mathematics, you mainly start by learning details, but learning in environment also needs a holistic approach and system thinking from the beginning (Sjøberg, 2005; Wood-Robinson, 1995). The relation between details and entirety is also a subject of philosophic thinking (Wittgenstein, 1992; von Wright, 2000). If you analyse the details and the entirety at the same time, you may find the functions and the interactions between all components (Alerby, 1998; Carlsson, 1999; Ekborg, 2002; Ingelstam, 2004).

9.2.3 Environmental didactics in different contexts

Lindahl (2003) finds in her study how pupils' understanding increase their motivation to learn. In the Swedish National Agency for Education report, *Lusten att lära – med fokus på matematik*, some situations are described that create a stronger motivation for learning. Children, youngsters and adults were asked to write down opportunities when they were involved in motivated learning. Pupils of different ages preferred practical and esthetical subjects, where both body and soul were involved in their learning. In primary school, many pupils feel joy and a pleasure to learn. The days comprise play and thematic work as well as varying methods and textbooks (Skolverket, 2003). In this thesis, the research about pupils' formation of concepts related to the Earth's natural spheres and the technosphere are investigated during their science lessons over time, from year 2003 to year 2006.

This research takes place in a class in primary school, where the pupils and their teacher during the science lessons naturally meet at different arenas. The physical places where learning takes place are in the classroom, in an outdoor education centre and in the nature. They work with two different projects from the NTA. It is a project based on science and technology for children supported by the *Royal Swedish Academy of Science and Technology*. *Play and learning* are integrated in the physical learning contexts (Ingenjörsvetenskapsakademien, 2003a, 2003b). Both *mimesis* and *mythos* have advantages to be linked together with the Socratic dialogue and the metacognitive phases of the pupils' development in current questions (Rasmussen, 2002). The pupils change their views and perspectives from storytelling (*mythos*) to performing the content (*mimesis*). In all contexts, the Socratic and metacognitive dialogues are important. The Socratic dialogue is based on reasoning and logical discussions in which the leader of the dialogue will not reveal the answers (Molander, 1996). Metacognitive dialogues are used above all in research dealing with children's ability to understand others' perspectives, *Theory of mind* (Astington, 1998). In the outdoor education centre, learning with both body and soul is emphasised (Cornell, 1994, 1998; Lingelbach & Purcell, 2000). *Play and learning* in this study are integrated in all physical contexts. In a wider perspective, non-physical contexts are integrated in the physical ones (Carlgren, 1999; Davidsson, 1999). Consequently, the themes of NTA are also integrated in the physical contexts.

9.2.4 Formation and development of environmental concepts

As in other interdisciplinary subjects, it is from the beginning difficult to find the genuine environmental concepts and relations between concepts valid in science or usable in learning for a sustainable development. In comments to the curriculum Lpo 94 concerning science, the knowledge in science as such is pronounced but also other values, e.g. the orientation in environmental questions (Skolverket, 2000a, 2000b). In science, concepts such as *photosynthesis*; *respiration*; *evaporation*; *food chain*; *energy*; *matter*; *atom*; *molecule* and *chemical reactions* are used to communicate (Andersson, 2001; Eskilsson, 2001). Some concepts in science are also used in environmental learning for instance *photosynthesis*; *respiration*; *energy* and *matter* but also terms such as *decomposition*; *solar cell*; *the increasing greenhouse effect*; *food chain*; *waterpower*; *noise* and *welfare* are used as more specific environmental concepts and the relations between them (Areskoug, 2005; Helldén, 1995; Ingelstam, 2004; Paprotna, 1998; Skamp et al., 2004; Skolverket, 2004a; Österlind, 2005). Gradually some concepts and conceptions from more traditional research and school subjects e.g. science, technology, civics and other subjects, will become more familiar to environmental research and learning in environment and sustainable development (Hart & Nolan, 1999; Rickinson, 2001; Östman, 2003).

The aim of my study is to catch the pupils' free flow of words in their science learning. Both shorter and longer words and expressions have been selected from the videotaped sequences, without me setting the frames, during the pupils' science lessons. The study also comprises discussions on how the pupils develop those concepts in the long run and how they are related to the Earth's natural spheres and the technosphere as well as the open interactions in and between them. A concept obtains its meaning depending on which context it will be used in (Ausubel, 1968; Bruner, 1996; Vygotsky, 1986). Bruner, for instance, described *cloud* as a concept with different meanings, e.g. a cloud on the sky in meteorology or a concept in psychology to analyse a mental situation.

The pupils can use a common concept, for instance *decomposition*, and then gradually find out the casual relation to the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere. A solar cell is another concept with its origin in a technological construction made by man to generate energy. The technosphere will give more or less impact on the natural spheres. The interactions between the lithosphere, the atmosphere, the hydrosphere and the biosphere will depend on how man will change lifestyle or technological products in different ways. When the pupils talk about the changing climate, there are interactions, especially between the geosphere, the atmosphere and the hydrosphere, which is measured as what we call the normal greenhouse effect. The increased or intensified greenhouse effect is due to that man and technology in our industrialised society influences the natural spheres in different ways. Analysis of the interactions and what depends on man and technology, is more complicated than pure meteorological or mathematical problems. But even young children develop different concepts and can see relations between concepts concerning these questions (Skamp et al., 2004).

The pupils' formation of concepts, and relations between concepts as words and expressions, is free and created in dialogues or in different experiences during playing and learning stimulated in the different contexts. In order to spatially visualise where the concepts are located I use the model of the *Earth System Science* (ESS), for the analysis. It comprises the different natural spheres and the technosphere. *Sphere* as a concept is used in science since

the Greece natural philosophers tried to answer the relation between soil, water, air, fire and what those elements mean to man more than two thousand years ago.

9.2.5 Environment and sustainable development in research and education

Linguistically, the *environment* developed from the Latin words *medius locus*, which means “in the middle”. In French *environment* is called *milieu* and in Swedish *miljö*, which is a position in the middle. The original meaning is in the middle but a transition, which is difficult to explain, has happened when the word *environment* appeared in English and *Umwelt* in German. It is a transition from “in the middle” to the “surroundings”, that is to say everything close to us and around us.

When our environment changed more rapidly because of pollution in air, water and ground during the first period of industrialisation, a new interdisciplinary subject dealing with smoke and water-pollution as a health problem in factories and cities appeared in our part of the world (Sörlin & Öckerman, 2002). In the beginning, environment was identical to ecology. Linnaeus is often named as the first ecologist, when he wrote about the self renewing and self cleansing nature in balance in *Oeconomia naturae* (Broberg, 1978). The balance in nature was also accepted when Tansley (1939) in the 1930s introduced the concept *ecosystem*. The organisms in an ecosystem are usually well balanced with each other and with their environment. Even the society was in balance with nature.

Beginning with the book *Silent spring* written by Rachel Carson, a period that concentrated on environmental problems started (Carson, 1963). Still today, research and education are primarily dealing with environmental problems rather than the questions about how to avoid them and create a sustainable development. Due to the increasing population and changing lifestyle, the balance in nature is more and more questioned, and there is a rising concern on how the impact of the society could potentially change the natural ecosystems in the long run.

The environmental problems gave incitements to a new UN Commission, led by the former Prime minister Gro Harlem Brundtland in Norway, which in 1978 formulated the first definition of sustainable development in *The World Commission on Environment and Development* (1987).

Development that meets the needs of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs.

(Brundtlandkommissionen, 1987, pp.43)

The commission widened *environment* to also include a sustainable economy, technology and social welfare at the same time as wild life and nature is protected. The results formed a platform for the Rio-conference in 1992, *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) as well as the Johannesburg conference, 2002, (WSSD). The Brundtland commission and the world summits in 1992 and 2002 on environment have influenced the research and education in environment for a sustainable development to also include the society and technology.

The global warming and the increasing greenhouse effect are subjects of discussions every day in the media. There is no doubt that the increasing greenhouse effect does exist depending

on man. Two thousand five hundred of the world's foremost researchers in the field maintain this unanimously in the report of *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) presented in Paris in February 2007 (IPCC, 2007).

Consequently, one of the purposes of my research is to include the society as well as the natural ecosystems. In my thesis I have studied the pupils' words and expressions according to the transformation of energy and matter in the natural ecosystems as well as in the society.

9.2.6 Learning theories

For the theoretical framework I have for instance studied learning theories by Piaget (1964, 1970), Bruner (1960, 1996) and Vygotsky (1986) as well as Ausubel (1968). The framework for learning in this empirical study contains both pupils' individual development and learning in a social context (Alexander, 2006; Anderson et al., 2000; Piaget 1932/1960; Vygotsky, 2001). The pupils' formation of concepts takes place in e.g. dialogues between the pupils and also between the teacher and the pupils. According to Piaget (1975) learning is stimulated first and foremost through cognitive conflicts appearing in the dialogues between pupils. It is in the communication with others that pupils become aware that there are other positions than their own. A pupil talking to another pupil must take the other pupils' perspective and if they disagree they meet a conflict which is social as well as cognitive. Piaget meant that cognitive conflicts become a way for the pupil to reconstruct his/her old ideas and construct them in a way, which will create a better feedback. Piaget emphasised that children achieve social as well as cognitive advantages through dialogues. These thoughts do well agree with Vygotsky's ideas about the *zone of proximal development*, *ZPD*. In accordance to Bruner (1960, 1996) one must understand concepts and structure as well as connection with real life. He observes education at an early stage based on abstract as well as practical conceptions and connections. Due to age and maturity there will be a progressive development in learning which is important in a longitudinal study. That is what we know as the spiral principle (Bruner, 1960, 1996).

The spiral principle is used to make children aware of concepts after repeating the same ideas from time to time in increasingly advanced forms. The concepts must be presented in a similar way, as the pupils will meet them in every day living and in the future (Bruner, 1996). Their experience ought to be transferred to as many situations as possible. Vygotsky (1986) has a socio-cultural perspective postulating learning as discursive. Language is important in order to create an arena for formulating and solving problems. It gives possibilities to communicate and examine knowledge. Language is the basis for discussions and evolution of concepts and understanding (Vygotsky, 2001; Wittgenstein, 1992). Aikenhead's (1996) and Jenkin's (1996) results are important to mention according to future development of curricula. Aikenhead discusses, among other things, what science and technology are, and also how society influences science and technology. Jenkins describes how scientific literacy commonly implies an appreciation of nature and the general limitations of science, coupled with some understanding of some important scientific ideas.

I have been influenced by the conversation in the classroom according to the classical dialogue of Socrates as well as the importance of communication and language analysed by Vygotsky (Bruner, 1996; Vygotsky, 1986). The process that enables a child to solve a problem with help from an adult, scaffolding, is one part of my theoretical basis (Bliss, 1996;

Bruner, 1996; Vygotsky, 1986). I have also taken part in what is called exploratory talk, which is a critical dialogue (Alexander, 2006). He also pronounces the discussions and argumentations in science and environmental education as well as meaning almost like Ausubel (Ausubel, 1968). Finally Dewey inspired me in the research when he strongly pronounced participation and shared experience and interests important in the classroom as well as in a democratic society (Dewey, 1916). The theories used also refer to the teacher's and children's ability to meet and use scientific models according to van Driel and Grosslight (Grosslight et al., 1991; van Driel & Verloop, 1999). In this case, I have chosen the Earth and the spheres as a model for the analysis, which even younger children can understand when they stand on the ground, breathe the air, drink water, use technology and reflect on how they live (Persson & Musidłowska-Persson, 2007). The Earth's System can be used as a concept map known all over the world.

9.2.7 Earth System Science as scientific background

Learning in environmental issues, often begins with the first two laws of thermodynamics to explain that nothing will disappear and everything is spread (Tiwari, 2003). In any process the total energy of the universe remains constant and energy systems have a tendency to increase their entropy. But in this project I will widen the perspective. Hence, in order to study the environment as a whole as well as in detail I have chosen the *Earth System Science* views of the Earth. The Earth System approach has become widely accepted as a framework from which to pose disciplinary and interdisciplinary questions in relationship to mankind (ESS, 2006; Johnson et al., 2000; Skinner & Porter, 1999).

Fundamental to the approach is the need to emphasize relevant interactions between environmental processes that extend over spatial scales from microns to the size of the planet. It involves more or less complex processes in the geosphere, atmosphere, hydrosphere, biosphere and technosphere. It is a worldwide research programme concerning global change in a broad meaning for sustainable development (ESSE, 2006b; Young et al., 2006). Within the concept of the Earth as a complex and dynamic entirety involving the interacting spheres for land, air, water and life, there is no process or phenomenon that occurs in complete isolation from other elements of the system. A related research project is found in Sweden called *The International Geosphere–Biosphere Programme – A Study of Global Change, IGBP* (IGBP, 2006b). In didactics, the system, similar to *Earth System Science*, is also used by others e.g. Andersson (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999). Andersson (2001) emphasis the relevance of the teaching content associated to the different spheres.

In the present study, I will analyse how pupils' words and expressions are related to the different spheres using ideas from the scientific framework from e.g. Andersson et al. (1999) and Johnson et al. (2000).

9.3 Methodology

9.3.1 Methods and samples

I began the longitudinal study in a 3rd form of primary school, with 29 children, in a city in southern Sweden, where the teachers work with projects in science and technology called the Swedish NTA-project to stimulate the interest and participation in environmental education. The children worked with different projects, outdoor education and excursions. Play and games also took a great place in the pupils' science learning (Persson, 2006a). The longitudinal study took place from November 2003 to May 2006 and interviews were made in November 2003, May 2004, May 2005 and in May 2006.

9.3.1.2 Design

The data was collected with the same procedure for three years, six semesters. One pupil of the 29 moved from the city. With this in mind I present the results of 28 pupils from year 2003 to 2006. It started with videotaped science lessons and questionnaires to all of the pupils in the class and ended every semester with semi-structured interviews with ten of the pupils. Two times *stimulated recall* was carried out. Both the video recordings and the interviews were transcribed verbatim. This research design made it possible to get a holistic picture of the pupils' science learning according to their development of concepts related to the natural spheres on Earth and to the technosphere/anthroposphere. Generalization and validity have also been taken into consideration in the study. Presentation of the data collection chronologically is as follows. I have also collected parts of the pupils' notes and drawings.

Autumn 2003

The pupils got a questionnaire before the project *Changes*, which belongs to the Swedish NTA-project, started. Then I interviewed ten of the pupils. They were selected after I had looked at the answered questionnaires according to variation and a gender perspective. I started the videotaping at the same time the questionnaires began. Each science lesson in the class was about 120 minutes.

Spring 2004

I videotaped five of the science lessons in spring year 2004. In the end of every semester I repeated the procedure with semi-structured interviews with the same ten pupils after all 28 pupils had answered the questionnaires. The questions in the questionnaires and the questions for the interviews are presented in chapter 9.5. The videotaped sequences were carried out in the classroom and in the outdoor education centre. Both the NTA-projects and play are integrated in all learning. I looked at the videotaped sequences, wrote down what was said and chose a couple of sequences for *stimulated recall* with the science teacher. The interviews with the science teacher took place at the teacher's working place.

Autumn 2004

I videotaped the pupils during their science lessons five more times. The pupils worked with a Swedish NTA-project about electricity, in Swedish called *Kretsar kring*, for two of the videotaped opportunities. The pupils were at the beach two times of the videotaped lessons and one science lesson was at the outdoor education centre. I looked at the videotaped sequences, wrote down what was said and chose a couple of sequences for *stimulated recall* with the science teacher. The interviews with the science teacher took place at the teacher's working place.

Spring 2005

All the 28 pupils answered the questionnaires which were similar to the other ones and the same ten pupils were again interviewed in the end of the semester.

Autumn 2005

The data collection continued with videotaped sequences. The pupils' tasks were e.g. to clean contaminated water and to build aqueducts as the Greeks. The pupils' notes were also collected for documentation as well as their drawings and digital photos of their work. Generalization and validity were taken into consideration and therefore pupils in other Swedish cities were asked to answer the same questions as the pupils in this study.

Spring 2006

All the 28 pupils answered the questionnaires which were similar to the other ones and the same ten pupils were again interviewed in the end of the semester. The videotaping continued and the lessons were at the outdoor education centre. The content was about water in every day life and the task was formulated: *How much water will flow in the river?* Generalization and validity were also taken into consideration.

Video recording

The most important argument for using video as a method in this study is the possibilities to catch the free flow of words, expressions and games in the pupils' science lessons. In order to analyse the communications among the children and the teacher I have videotaped sequences and transformed them and the interviews to transcripts. I have chosen video recording as a method instead of structural observations, because I think you can capture the real activities without interfering with pupil interactions (Jordan & Henderson, 1995). The video recording is a method that better transforms the real world and pupils' activities.

Interviews and Questionnaires

I have continuously carried out semi-structured interviews individually with the young pupils. Interviews were chosen as a method to complete the video-taped sequences. The interviews have been semi-structured with open-ended questions according to the concepts in the video recording. During the individual interviews I showed some artefacts to the pupil, e.g. a toy car, a book with pictures illustrating photographs of landscapes. This kind of interview worked well because it opened up the talk and the conversation as the pupil related to the

artefacts (Ginsburg & Opper, 1988). During a more structured interview I had run the risk of losing what's on the pupil's mind at the moment it is carried out. The questionnaires were open-ended and answered by all the pupils in the class. Ten of them also answered the questions in the semi-structured interviews. The questionnaires were taken place four times, autumn 2003, spring 2004, 2005 and 2006. The interviews followed the time table for the questionnaires but were made two weeks after the pupils had answered the questionnaires. In the questionnaires the pupils had the possibility to answer spontaneous with words, sentences and drawings.

Stimulated recall

Stimulated recall is important in order to find out the reaction of the teacher during the lessons too. The method *stimulated recall* gives the teacher possibilities to comment the work (Calderhead, 1996). The teacher has to comment some videotaped sequences in the classroom and answer some questions concerning lessons and communication in the classroom and outdoors. *Stimulated recall* is also a useful method reminding the observer what a person was thinking during a certain episode. You can look at the collected data from a different point of view and discuss how the pupils are dealing with environmental concepts in their learning.

The Socratic dialogue

It is very interesting to observe how the teacher uses a dialogue in the classroom communication with very young children reminding us of what we know about the Socratic dialogue. His philosophy is based on knowledge through common sense mediated in dialogues (Guthrie & Keith, 1999; Molander, 1996; Taylor, 1939). In the Socratic dialogue the teacher asks questions and the learner has to look for the answers and sometimes also for the questions. It is especially interesting for learning about environmental issues because there is often more than one possible answer.

The Earth System model

In order to catch details as well as a holistic perspective, the Earth system is used as a model for the analysis (Andersson, 2001; Gough, N., 2002; Kump et al., 2004; McNeill, 2000). All processes on Earth can be related to the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere influenced by man and society. This is a model with roots in the Greek scientific history but still usable in learning for sustainable development (Helldén et al., 2005; Persson, 2005a; Skinner & Porter, 1999). During the last twenty years, *Earth System Science Education, ESSE*, has been established dealing with environmental issues (Johnson et al., 2000). The model related to the Earth's system gives also possibilities to handle questions like: *Where does pollution and waste come from? What will happen to it later? Where will it go?* Those are questions which arise from knowledge that nothing disappears and everything is spread.

To explain the model of analysis for teachers and the pupils you have to transform the scientific terms to daily talk: *The soil we set our footsteps on, The water we drink, The air we breathe and The life we live using energy and material including the technosphere, which we have created.* The pupils will take part in nature and society in this way dealing with environmental issues. Most important in the study is how young children are using environmental concepts to describe and understand what is happening in between the soil, the water, the air and how this will affect our lives (Persson, 2004).

The aim of the study is to generate knowledge of how pupils in primary school (aged 9-11) in group as well as in individual level develop concepts related to the natural spheres on Earth and to the technosphere. In purpose to analyse the pupils' development of concepts according to environmental learning and sustainable development I have chosen a model which is inspired of *the Earth System Science*, *the Bretherton Diagram* and *System Jordan* (Andersson, 2001; Andersson et al., 1999; Bretherton's Diagram, 2006; Johnson et al., 2000). The model has a scientific approach which also includes human activities on Earth. It also gives opportunity to study science and environmental issues in a holistic point of view as well as in detail (Söderqvist et al., 2004). With the model you are able to analyse the pupils' development of words, expressions and games in relation to what is happening in and in between all the spheres.

The model is connected to Wittgenstein's philosophy of language-game as well as Bruner's ideas about how children structure their own knowledge according to the spiral principle. An important point in the analysis is to distinguish the pupils' answers ruled by the laws of nature, from the answers related to the technosphere/anthroposphere. In the anthroposphere technical, legal, economical and political perspectives are included.

9.4 Analysis

9.4.1 Content of data collection

Data collection comprised 30 hours of video recorded lessons in science, without me setting the frames. The answers from questionnaires (1176) and semi-structured interview answers (420) were compiled. Four hours interviews by the science teacher were also included in the data collection besides the documentation of notes, drawings and narratives from the pupils produced during the science lessons.

9.4.2 The process of the analysis

Since environmental learning and learning for sustainable development do not exist as independent subject in the Swedish educational system, the development of environmental concepts and conceptions used in learning for sustainable development are proportionally vague. *Environmental Science* and *Environmental Education* are young sciences and have mostly developed from analyses of different environmental problems, as identified by man, in relation to nature that has not been influenced by man.

The questionnaires and the interviews have been worked out by carefully reading the written empirical material and then transferred to word documents. The categories for the analyses are not hierarchical designed. In this study a presentation of the pupils' development of concepts are presented in groups as well as individually. Interviews from *stimulated recall* were transcribed verbatim in the same way as the other interviews in the study.

The categories described below are based on the pupils' answers in the way they were expressed in the video sequences, questionnaires and interviews. Category A comprises the pupils' answers expressed by single words or expressions excluded from relations and connections related to the natural spheres and the technosphere.

Categories B1 and B2 comprise expressions that contain interactions related only to the natural spheres. In category B1 you find answers that express simple natural causal relations, while category B2 contains more complicated expressions that contain interactions in and between the different natural spheres.

Categories C1 and C2 contain answers including expressions that can be related to the natural spheres, but also to the technosphere/anthroposphere. Category C1 comprises simple connections and relations related to the natural spheres and the technosphere/anthroposphere. They are simple connections and relations where human impact on the natural spheres is part of their expressions. Finally, category C2 contains the most complicated connections related to the natural spheres including the technosphere/ anthroposphere. Category C2 is the most sophisticated level in the category system in relation to the scientific and environmental framework in this study.

The categorisation is in no way hierarchical built. It has two forks, pathway B1-B2 and pathway C1- C2 (figure 9.1). It is not a linear categorisation, but the categories are integrated in each other, e.g. the increasing green house effect (IPCC, 2007; Jonsson, 2007). Causal relations in the natural spheres, the pure ecosystem, circulations and other flows in nature can be illustrated by mathematical terms as $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots X_n$, which can be summarised as the answers categorised as A, B1 and B2. Since human impact – or human as society builder – makes ecological footprints on the natural spheres, the pure ecosystems and flows will change. The number of variables in the mathematical model will increase to even more dimensions – technical, political, economical and even more unknown variables. The pupils' expressions then are analysed as A, C1 and C2. One step in the analyses is to try to visualise the pupils' views of the world and the spheres in change.

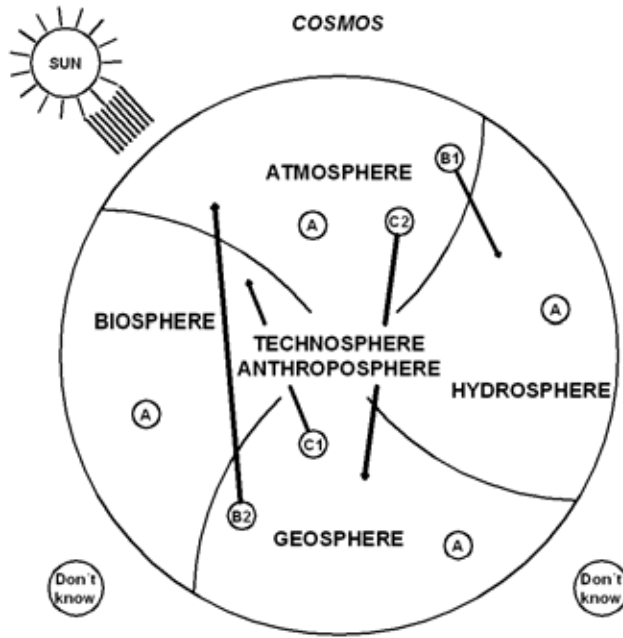


Figure 9.1. Illustration of *Earth System Science, ESS*, a simplified version after Johnson et al. (2000) with examples included. A, B1, B2, C1 and C2 are the different categories.

9.5 Results

The video-recorded sequences are important in the study because they enabled me to catch the pupils' development of concepts as unprejudiced as possible. The concepts for the analysis were not decided from the beginning. The questions for the questionnaires and the interviews have been constructed with the video-recorded lessons in mind and the concepts that have been treated there. When "new" concepts appeared during the lessons, suitable new questions in the questionnaires and the interviews have been added and all the questions were adapted to the young pupils' level. The results showed that several different concepts were connected into a network, a 'concept web'.

The concepts that were found during the science lessons are as follows.

- *The hydrological cycle*
- *Life*
- *Soil*
- *Water in every day life*
- *Pollution*
- *Waste*
- *Batteries*
- *Corrosion*
- *Non-polluting busses*
- *Greenhouse*
- *The increasing greenhouse effect*

The questions asked were:

- In what way is rain created?
- The teacher has pored water on the sink. What will happen if it will not be dried at once?
- What do plants and animals need for living?
- Look into the bag. This is soil taken from the compost. How can it become soil in the compost?
- What happens with the content in the toilet when you flush?
- Where does the tap-water come from?
- What happens when oil gets into the sea?
- Why do we sort waste?
- Why do we collect batteries?
- How will it become corrosion?
- What do you mean with a bus adapted to the environment? What is the difference compared to a traditional bus?
- How does a greenhouse work?
- Have you heard about the greenhouse effect? What is that?

The pupils' answers and expressions have been categorised as described in chapter 9.4.2. In the formation and development of the pupils' concepts different trends can be discerned, as described by the categories B1-B2 and C1-C2.

In conjunction to the concepts *water* and *soil* some questions were asked: *In what way is rain created?* and *How can it become soil in the compost?* The pupils' answers were mainly categorised as B2. The pupils develop concepts on *water in every day life*; *non polluting busses* and *waste* that were generally categorised as C1 and C2. According to concepts such as *pollution*; *corrosion*; *collecting batteries*; *greenhouse and the increasing greenhouse effect* the pupils express their answers to be classified and categorised as B1 and B2 as well as C1 and C2. There are several examples in the empirical data collection illustrating this kind of *conceptual conflict* where the categories in the pupils' expressions are integrated in each other. What plants and animals need for their living can be classified as A with the trend category B2 and the question about the water being left on the sink as the trend B1.

There are concepts that the pupils state as quite scientific. *In what way is rain created?* and *The teacher has pored water on the sink. What will happen if it will not be dried at once?* are two questions which illustrate concepts that we regard as pure scientific. On the other hand there are other concepts that the pupils in their answers relate to human activities, society and technology.

The results describe the problematic situation concerning e.g. *the increasing greenhouse effect* where also adults argue about the natural and anthropogenic causes. Concepts such as *life*; *the increasing greenhouse effect*; *batteries*; *pollution*; *non-polluting busses* and *water in every day life* comprise answers from the pupils that also are related to atoms, molecules and where physical and chemical explanations are expressed.

The formation of concepts that are analysed in this study can in some cases be identified as conceptual changes. The pupils change their answers and expressions quickly from one year to another while there are examples where the pupils use parallel explanations, both from pathway B and pathway C. *Conceptual growth*, which is identified as a more stable development, is also identified in the material for the analysis. From the material I have constructed descriptions of the group, but I also present a summarised development of two of the pupils in case studies.

9.5.1 Results from the video recording

The hydrological cycle

I will give one example of a dialogue between the teacher and the pupils which illustrates the way they express how pollution is spread in nature. What happens when oil gets into the sea is the question the teacher and her pupils are dealing with. It is interesting to notice how they follow the hydrological circle to describe the cycle of materials and energy in detail as well as a whole.

- Teacher: Yes, what do you think? Do you think it is dirty just when it evaporates from the water surface?
Sune: Yes, a little bit. I think there will be a little bit left.
Teacher: You think there will be a little bit of pollution when it evaporates?
Sune: Yes.
Teacher: Hm. I think just in the moment it will evaporate it will be mostly clean in the hydrological cycle. But the clouds will be dirty. How can it happen?

Sune: Because the pollution goes up to the clouds.
 Teacher: How do you mean?
 Sune: Yes, the water–steam will be cloud.
 Teacher: Yes, is the water–steam polluted?
 Sune: No, but if it is pollution in it will be polluted.
 Teacher: But what happened with the water? The pollution was left at the sea bottom and what was happening with the water when the sun was shining on it?
 Sune: I think the pollution will be in some way spread.
 Teacher: Mm.
 Sune: If, as we said, gasoline was built up by molecules there would be like more molecules.

Notice how the discussion in the Socratic dialogue is formed about the hydrological cycle but also how water will be contaminated by pollution. The formation of environmental concepts also provides a micro perspective as well as a macro perspective of atoms and molecules.

Teacher: Do you remember how many atoms that were joined together for a water molecule?
 Otto: A million.
 Teacher: For a drop of water, yes, but how many atoms were required for one water molecule? Do you remember, Bob?
 Bob: Three, I think. One of hydrogen and two of oxygen.
 Teacher: Almost.
 Bob: Or ... No it was the opposite. One of oxygen and two of the hydrogen.
 Teacher: Correct.
 Teacher: Do you remember what it looked like?
 Kenny: Yes, like Mickey Mouse!
 Teacher: Yes, correct. And there would be millions of molecules like that in a drop of water. But as you said, Sune, there are molecules in gasoline too. Everything is built up by molecules.
 Sune: The pollution may reach the groundwater.
 Teacher: The pollution may reach the groundwater. How may it reach the groundwater?
 Sune: Sinking through the ground.
 Teacher: You mean, the gas will first be added to the cloud and then joining the water to the ground and to the groundwater?
 Sune: Maybe.

Notice how the discussion goes on about the hydrological cycle but also how water will be contaminated by pollution. They also discuss how water can be filtered by pores in the soil and turn polluted water into the groundwater. Gradually they ask what happens in the hydrological cycle including human impact in different stages.

Results from the questionnaires and the interviews tell more about the pupils' ideas according to the spheres (figure 9.1). Some pupils express how water will be contaminated by pollution and some of them express that new 'pure' air from exhaust pipes was formed into clouds when they get dark and heavy it starts to rain (figure 9.2).

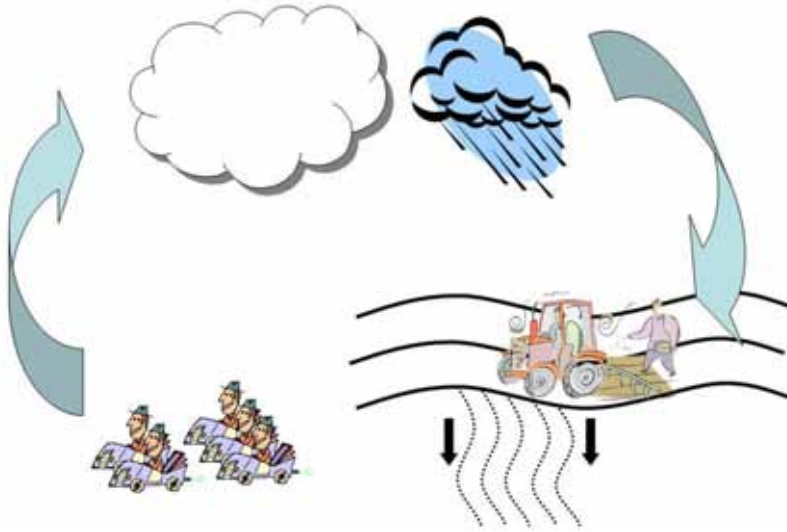


Figure 9.2. Summary of the childrens' ideas about the hydrological cycle.

The development of the formation of environmental concepts shows the transition from using everyday concepts to scientific concepts and relations e.g. the pure water cycle, but also put in relation what is happening when water is contaminated by pollution. The 'concept-web' developing in the area concerning poison is connected to the natural cycles. Many toxic substances are soluble in water which makes possibilities for the pupils starting with the concepts they already are aware of. Further more the pupils in this study will meet toxic substances that are soluble in fat. The pupils use the atmosphere, the hydrosphere, the lithosphere and biosphere as well as the technosphere/anthroposphere in their formation of environmental concepts.

Non-polluting busses and other vehicles

In this study it is possible to observe what is happening in and between the different spheres and the young pupil's discussion. The pupils consider the exhaust from a vehicle: *How will it be spread? Will it come to the soil again?* They are talking about buildings weathering and pollution entering the groundwater after rain. According to the pupils' homework they were supposed to ask their parents about busses, traditional compared to others with alternative fuel, as hydrogen gas and bio-fuel. The following interview-transcripts appeared from Sonja's, Hans' and Bob's interviews in 2005 talking about the exhausts in the air. They point out *where the pollution comes from, how it will be spread and what we in some way are able to do about it.*

Sonja: The exhausts will get up in the air. It is in the air. It is everywhere. It is not good for the animals and not good for us. Our lungs can get sick. The plants can feel bad too. Instead you can have biogas or rape oil that is not poisoning the environment. If you do so you have used things growing in the nature. And it is not dangerous.

Hans: Electric cars and biogas. That is what the plants are used to. Animals and plants can get sick. The exhaust is not healthy. It is some pollution in it. You can have electric cars or

gas from the garbage dump or from rice fields. Much better exhausts than the one from petrol, because the nature and the environment is used to it.

Bob: In the tank the cars have petrol so when the exhausts come out there will be carbon monoxide and carbon dioxide. Last summer it was very hot in Paris. Some people say it was because of the exhausts that contribute to climate changes. The petrol looks like water. You can have electric cars. It will not pollute so much and it is not so dangerous. Next time we will buy a car that is good for nature.

The following is one example of a dialogue between the teacher and the pupils to illustrate that pupils can understand what happen if the amount of carbon dioxide increases in the atmosphere. This example concentrates on studying the interfaces between the technosphere, atmosphere and biosphere.

The increasing greenhouse effect

The dialogue between the teacher and the pupils, nine years old.

Teacher: Carbon dioxide is released into the air when we breathe and all the trees will assimilate the gas. Carbon dioxide also comes from the exhaust pipes of the cars. When plants decay and become soil some carbon dioxide will be released. If there is too much carbon dioxide in the air, then the carbon dioxide will influence the radiation from the sun and the Earth. The heat will not be able to escape from the Earth, which means that some radiation will stay on Earth and what will happen to the temperature then?

Bob: Very hot. It has been like that in Paris.

Teacher: Right. Very good. Maybe not very hot.

Bob: No, but it will be warmer. ...after a while. It will anyway be warmer later.

The teacher will in some way be surprised when the pupils give distinct answers and relevant examples in a continuous conversation. This is an example of the Socratic dialogue in practice. In *stimulated recall* the teacher discusses the difficulties in environmental learning. You have to find scientific facts as well as values. The classroom talk continues and the hydrosphere and the biosphere are also involved in it.

Teacher: What happens on the Earth if it gets very warm? What happens ... Yes, what happens?

Björn: By the way. We sent out very much carbon dioxide this summer. We put gasoline on a thatch that we had pulled down and burned.

Teacher: Oh, dear.

Notice how the pupils use examples of global change, at first Paris and then when another one talked about gasoline on a thatch.

Stig: The ice on the poles will melt if it is getting warmer.

Teacher: What happens if the ice will melt at the poles? What happens?

Hans: The sea will get higher.

Teacher: What happens then with the people living near the beach?

Jenny: Flood. They have to move to another place.

Teacher: They can't live at the sea because there is too much water.

Bob: Where it is not getting any more water, there it will be dry.

Teacher: That's right. Because it gets too warm you mean? If we continue letting out carbon dioxide and other gases then the ice at the poles will melt.

Bob: Then there is this greenhouse effect.

Teacher: Good. How does it feel like visiting a greenhouse inside?

Bob: Hot, warm and muggy.

Finally one pupil is the first in the dialogue using the concept, greenhouse effect. The teacher is consequently using an inquiry method almost like Socrates, in which one question leads to another until they are familiar with the concept and the environmental applications. The examples from everyday life can often be a real adventure stimulating the children's hearts, brains as well as hands.

The pupils have met the concept carbon dioxide in the recorded lessons about photosynthesis. How the green plants need carbon dioxide, which humans and animals exhale. The pupils discuss if they can find carbon dioxide in other places. They have noticed it in soda and champagne, which can give a real explosion when opening the bottle. But they have also noticed the small holes, when baking cakes, from which the gas transpires. The pupils received homework to discuss with their parents what it means for a city when there will be busses with alternative fuels as e.g. hydrogen gas or bio-fuel. This is an example of scaffolding.

Since the project is a longitudinal study it includes also the aim to investigate the pupils' development concerning using environmental contexts from the first interviews and lessons in 2003 to the next one in 2004, 2005 and even in 2006. *The increasing greenhouse effect* as a concept is turning up for most of the pupils in 2005 and the answers are related to non-polluting busses and other vehicles.

The questions were: *Have you heard about the increasing greenhouse effect? What is it then?*

Bob (2004): Isn't it something about that if it is too much greenhouse effect there will be warm or something. Was it not anything like that? And it was so in Paris not long ago. It was too hot. It was more than 40 degrees over zero. Maybe there were too many exhausts.

Bob (2005): Yes it is when there are exhausts and things like that. For example oil. It becomes air pollution and it is not good. It turns to exhausts and it can be warm like in Paris the other year. It can, as some people say, become climate changes.

This is of course only one example of higher temperature in one summer. But concerning the *increasing greenhouse effect* the weather conditions during long time has to be taken into consideration.

Bob (2006): Well, it is from exhausts. It will be warmer. It will be spread into the atmosphere and make a hole in the ozone layer. More sunbeams will reach us and the temperature will get higher.

It is noticeable that Bob is more determined in his answers from one year to another, even though he mixes the increasing greenhouse effect with hole in the ozone layer. Maybe this is a result illustrating learning for sustainability. Sonja's and Hans answers about *the increasing green house effect* are caught as follows.

Hans (2005): I have heard about it but I don't know what it is.

Hans (2006): Anything that is not good for the environment.

Sonja (2005): I don't know.

Sonja (2006): It is when it is getting warmer and warmer and then the ozone layer will be destroyed and intense sunbeams will enter the atmosphere. I think this is the increasing greenhouse effect. There will be a hole in the ozone layer when we are using too much carbon dioxide and other gases. It will destroy the ozone layer.

The children argue about how we can avoid environmental problems. Sonja follows the processes from polluting cars into the technosphere influencing the atmosphere and biosphere, which might demand new technology. They also suggest innovations according to ecological engineering and argue for new technology as a key changing their lifestyle (Hill, 1998, 1999). The interviews with some of the pupils also show their views of the relation between the hole in the ozone layer and the increasing greenhouse effect. At this age children can not distinguish long wave thermal radiation from short wave radiation from space.

The science teacher in Stimulated recall

The teacher points out difficulties in environmental learning, but from time to time takes examples from everyday life. She is consequently using an inquiry method. She is aware of the spiral-principle to Bruner (1960, 1996), but hardly familiar with Socratic dialogue. Accordingly, the science teacher discusses the problem in environmental teaching concerning the difficulty to find only one right answer to environmental issues. There are, she says, environmental concepts and facts but also space for values. The teacher is also aware of the possibilities of using every day concepts and transforming them into science. The teacher changes in her teaching spontaneously from a holistic perspective to details and vice versa, characterizing the Earth's model. Her comment after looking at videosequences supporting this behaviour is:

Teacher: It was not my intention to change between micro level and macro level from time to time. It just happened.

9.5.2 Case studies

I will present the summaries of two of the ten case studies, Mary's and Sune's. With *theme* I mean the pupils words and expressions that return in their answers over time.

Mary

Some of Mary's answers are characteristic for a *conceptual change*. The question about the increasing greenhouse effect is first classified as 'I don't know' in year 2003. The following years (2004-2006) the answers are classified as C2. Similarly to several of the other pupils' answers in the class, Mary's answers to why and how waste should be recycled are categorized as C1, while the answers to why batteries are collected are classified as category A.

One theme that appears in several of Mary's answers is her reasoning about the way things are spread in nature, i.e. she is applying the first two laws of thermodynamics. The concept of *pollution* changes in Mary's case over time from category C1, to B1 and finally to B2 in 2005 and 2006. There is obviously a conflict between pathway B and pathway C. Mary finds

several connections between different concepts, e.g. *non-polluting busses* and *the increasing greenhouse effect*. Health is another theme that returns in her expressed answers over time.

Sune

Sune develops parallel concepts to several of the questions he is asked about. His answers indicate a *conceptual change* as well as *conceptual capture*. Significant for Sune is his theme containing technical solutions for a sustainable development. Similarly to Mary, he makes connections between different concepts. Sune points out toxic substances and pollution from for instance batteries and vehicles, spread in the water we drink and into the ground. He also mentions reasonable scenarios in the future.

Generally the pupils' answers agree with the answers from Mary and Sune. There is obviously a conflict between pathway B and pathway C according to concepts such as *pollution*; *corrosion*; *collecting batteries*; *greenhouse and the increasing greenhouse effect*. Examples exemplifying the first two laws of thermodynamics are common in their answers as well as the health perspective. The majority of the pupils also express that pollution from vessels kill fish and birds in first place, but not humans. Several of the pupils also mention technical solutions in order to avoid environmental problems in the future saving resources from nature, e.g. the forests, sand and minerals on Earth.

9.6 What is new in the study?

In this thesis a modified version of the model *ESS* has been used. It is derived from the *Earth System Science* and the *International Max Planck Research School on Earth System Modelling*. Equivalent to, the *Earth System Science*, are in Sweden *System Jorden* (Andersson, 2001) and *Tillståndet i världen* (Andersson et al., 1999). My model is also inspired by Bretherton's diagram (Bretherton's Diagram, 2006; Johnson et al., 2000). In the Earth System model, the instrument for the analysis, linear as well as integrated categorisations of the pupils' answers occur. The study contains unique empirical data gathered over time including transcripts from videotaped science lessons, interviews and the pupils' expressions and drawings in their questionnaires. To the best of my knowledge I am not aware of any similar study of this kind.

The *Socratic dialogue* and *Play and learning* as methods in science learning are some of the novelties of my study as well. These two methods are very useful in environmental learning and learning for sustainable development since there are often more than one correct answer and all the time new questions, e.g. from an existential perspective appear.

9.6.1 Which new questions are posed?

With examples from everyday life and other facts it is possible to give signals to the pupils about the environment (Österlind, 2005). Some pupils can see the connection between the increasing green house effect and pollution from cars. Others can see relations between increasing temperature and melting poles. They see problems for people to live in places with coastal areas when e.g. the sea will get higher. The pupils have in the lessons heard about the increasing greenhouse effect. They have heard about photosynthesis which needs carbon

dioxide and how it feels to go into a greenhouse. They can argue about possibilities to change different habits in the technosphere in different ways, which reduce disturbances in the lithosphere, atmosphere and hydrosphere, and favourably affect the biosphere and human life. As an example the pupils discuss vehicles with less pollution. They can find out about possibilities to use rape oil, electricity and biogas instead of gasoline, in order to reduce pollution and carbon dioxide (Alerby, 1998, 2000; Hill, 1998, 1999). They start using scientific and technological concepts and try to see environmental applications and understand environmental concepts and conceptions (Skamp et al., 2004).

In the Socratic dialogue it is possible to find more than one correct answer to the question. In my research the pupils use concepts and environmental relations in the dialogues with the teacher as we think Socrates did, and they discuss if gasoline leaves the water surface at the same time as the water-steam or not. They discuss what happens in the lithosphere, in the hydrosphere and the atmosphere and how it will influence our lives. Of interest is what happens in and between the different spheres in detail e.g. on the atom and molecule level as well as the holistic level (Gough, N., 2002). Most interesting is how very young children can discuss complicated environmental issues and develop concepts concerning transformation of materials and energy in nature and society. The teacher stimulates the communication in the classroom (Alexander, 2006; Molander, 1996). She also gives structure in learning and goes ahead step by step due to the children's ability (Bruner, 1996). Environmental learning must almost always deal with details as well as generalities. It seems to be a successful starting point.

According to Bliss (1996) students also help each other to reach individual higher levels of communication between each other and with the teacher which results in meaningful learning (Mortimor & Scott, 2003). In this study the pupils meet learning in the classroom and in the outdoor education centre as well as in different NTA-projects and play activities. One interesting aspect is play as a didactic tool in the pupils' science learning. In this study, it is not obvious that the play activity does contribute to any deeper developing of concepts related to the natural spheres and the technosphere/anthroposphere in their science learning. Although, with the metacognitive dialogue before and after the play activity the pupils' views are questioned by the teacher and the other pupils. *Conceptual conflicts* and development then appear. Here the theoretical framework according to e.g. Piaget and Vygotsky is worth to mention.

For further research it would be interesting to investigate some critical points when the play activities are taken place. Even the teachers' different ways to value play in relation to the Swedish curriculum Lpfö 98 and Lpo 94 would be of great interest to study (Skolverket, 2000a, 2000b). The metacognitive phase of the pupils' learning, according to pathways B1, B2 and C1, C2, is also important to further analyse. For additional research it would be very interesting to find out how young children can use environmental concepts and conceptions when discussing more and more complicated environmental issues and even propose solutions in science as well as in other subjects.

Traditionally, learning about environmental issues is realised as different projects in cooperation between separate subjects like physics, chemistry, biology, and civics (Andersson, 2001; Sjöberg, 2005). In such case the environment and different processes in nature and society often will be limited to didactics familiar to the different subjects (Gough, A., 2002). The Earth System model using the Earth's spheres as a model can be valuable even for older pupils and in the teacher's methodology (Andersson, 2001; Gough, N., 2002).

Probably the model then have to be modified at the analysis of the answers from older pupils. Maybe categorisations like B1, B2, B3, B4 and B5 as well as C1, C2, C3, C4 and C5 will appear.

The results in this study also demonstrate the goals aimed at in the Swedish curriculum, concerning learning in environment and learning for sustainable development (Skolverket, 2000a). When teaching the obligatory perspectives environment and sustainable development one has to accept the differences between learning science with scientifically already established concepts versus learning in environment for sustainable development with environmental concepts still in a state of development. One crucial point is the need for establishing a common language for the central perspectives as well as the traditional scientific subjects. A new knowledge of culture is developing. Sjøberg (2005) claims that science education has lost the concrete examples in nature. It is important in science teaching and learning to show how details and entirety do interact. Andersson (2003) means that it is far from all pupils that can see connections between *solar radiation*, *precipitation* and *lightning at home*. There are in the instrument for the analysis in this study possibilities to observe details including interactions in the natural systems as well as technical systems in society. Integration of environmental questions in different school subjects has implied a marginalization where the pupils rather have learned *about* the environment than *in* the environment. Söderqvist et al. (2004) also include mankind in their work building economical and ecological models to understand the whole. Grosslight et al. (2000) and van Driel & Verloop (1999) claim that there must be certain demands on models in science learning. The need for further training of teachers using models in their teaching and also development of different models in teaching and learning are welcome too. The scientific and longitudinal approach in the study is worth following up to see what will happen when using this model for older pupils. I think that the progress of learning in environmental issues for sustainable development has to influence different curricula in the future.

9.6.2 Sum up of the main results

I will present some important findings worth paying attention to:

- In this empirical study it appears that *the hydrological cycle; life and soil* and several other traditional concepts used in science belong to the culture of knowledge named environmental education. It is also clear that *water in every day life; non-polluting busses; waste including batteries; pollution; corrosion; greenhouse and the increasing greenhouse effect*, also belong to the environmental education culture. The basic level, A, contains words, simple expressions and games, that usually are everyday expressions but should not be ignored or ridiculed. It is also important that the pupils' development do not end at a basic level, but give possibilities for the pupils to express and argue with pure scientific connections and relations including concepts such as the technosphere and the anthroposphere. Hence, these words and expressions should belong to the environmental education culture.
- The obtained results indicate that the Socratic dialogue is a possible and successful method to use for the development of pupils' concepts in environmental questions and issues. A significant advantage with the method is the opportunities for the pupils to take part in logical reasoning where the

dialogues poses new and important questions. This is imperative in environmental education and learning, since there is often more than one correct answer.

- Another finding in the study is how different methods, e.g. *Play and learning*, support environmental learning and learning for sustainable development during the science lessons.
- The longitudinal approach resulted in important findings regarding the changes in the pupils' answers over time. The pupils develop complicated 'concept webs'.
- The empirical study indicates the pupils' ability talking about solutions in terms of *ecological design* and *ecological engineering*. They also express in what way it can be possible to save resources. Environmental learning must not mean learning about environmental problems.
- The quality of the instrument for the analysis fulfils the request for investigation, a causal as well as linear and integrated learning.
- The symphony of the spheres in change, and processes occurring in and between the spheres are well captured in this study. In a future study, it would be interesting to perform a similar investigation among older students.
- The system for the analysis fulfils the request for generalization concerning the imitation of reality, the accuracy of data measurements and transferability.

Finally development of concepts is one research area and development of knowledge another. The first step, however, to conquer knowledge and reach the established goals stated in the curriculum is to develop concepts. In my study, there is a spectrum of different ways where the pupils' develop different concepts, e.g. *the hydrological cycle; soil; life; corrosion; non-polluting busses and the increasing greenhouse effect*. Of course there must be a connection between the pupils' learning and their individual development. Questions to ask concerning this matter is for instance what different possibilities the teacher has in order to obtain continuity in the pupils' individual development in groups with 28-36 pupils compared to classes with 15-20 pupils.

9.7 Learning environmental science in the future?

From my point of view, *Earth System Science* is a valuable tool that will become even more useful in the future with the purpose to develop education and learning in environment and sustainable development. I believe that it is likely that traditions in environmental education and research and sustainable development will change.

9.7.1 Implications

I think learning in environment and learning for sustainable development assume understanding of the way our lifestyle influences the environment both locally and globally. All people taking an active part in schools, colleges and universities ought to incorporate these basic insights with the way our lifestyles affect our global footprints.

The interviews with some of the pupils in the class clearly show how primary school children conceptualize environmental concepts e.g. the increasing greenhouse effect because of the increasing amount of carbon dioxide. During the analysis I have also found advantages to start dealing with environmental questions according to a model from our scientific history with

applications in the children's everyday life. In some way, when we talk about sustainability, we are in the same position as man has been during the past centuries. We must choose the future as well as we can. It is possible to follow what can happen in the atmosphere and our everyday life with pollution created by man. Sometimes the discussion starts with details on a micro level and continues to a holistic level using environmental conceptions (Gough, N., 2002; Huckle & Sterling, 2001; von Wright, 2000). It is a challenge for teachers, teacher students and students to apply these thoughts in other subjects taught in school. Maybe the model for the analysis in this study can be worth developing. The pupils' awareness being a part of nature or not, is perhaps also worth further investigation.

The present study can serve as a guide for the teacher education and further training concerning these questions at all levels in the Swedish School Education System. Another possibility is to develop models illustrating both macro and micro level in learning. Finally, the results show the importance and successfulness of a scientific perspective as a starting point. Facts as basic knowledge in constructing and developing attitudes and lines of action in environmental and existential questions are very important in the future (Bhaskar, 2003).

The most important implication is how environmental education of this kind stimulates learning for sustainable development and how further research will impact the worldwide review of school curricula. The teacher consequently uses a Socratic dialog. She stimulates the learning following up the concepts step by step due to the children's growing interest (Bruner, 1996). It will create discussions with the pupils and between them. Some questions they take home for further discussions with their parents and sometimes they have to solve problems by contacting somebody in the community or by looking in the newspapers.

In my point of view, it is also interesting how very young children can discuss complicated environmental issues and find out the needs for a changing technology as well as attitudes and lifestyle. The teacher stimulates the communication in the classroom. In many cases the dialogue continues outside school, when children are talking with their parents or other adults (Bliss, 1996; Dewey, 1916).

9.8 Concluding remarks

The target group for this study consists of teachers and researchers in science education as well as decision-makers on several levels in the society, especially in the education area. It may be necessary to reconsider and give priority to the research area environmental didactics.

Today the work for a sustainable development has been more urgent in learning and education due to more frequent environmental problems (UNESCO, 2005). It is more relevant than ever to use the metaphor about the boiling frog described as a frog, which will not jump into a bowl with boiling water. If the temperature instead gradually increases, the frog will keep swimming around in the bowl and will not take notice of the high temperature until it is too late.

The data collection in this study has been caught in the pupils' science learning from year 2003 to year 2006 with an established Swedish curriculum. The obligatory perspectives environmental learning and learning for sustainable development are fixed parts of the curriculum too. The results of the study show that you can meet both perspectives during the

science lessons and at the same time obey the curriculum. Notable is that *Play and learning* today has an important role in the Swedish curriculum and is explicitly formulated as a method the pupils ought to meet in their learning.

The fundamental in developing a new kind of culture of knowledge and interest is to introduce the language of the new area early in childrens' life. In my opinion, the culture of learning environment and learning for sustainable development has just started. The current concepts regarding *batteries*, *corrosion* and *non-polluting busses* are of equal value to concepts used in the culture of learning computer science, e.g. *cd-rome*, *RAM*, *bytes*, *cpu*, *XP* etc. It should be valuable to focus on learning *in* environment instead of *about* environmental issues, since you are a part of nature all the time and you cannot chose to take a step back when you feel that it is more comfortable for man.

I suggest that we have to start with science and the environmental perspective and learning for sustainable development very early in school, since the results in this study indicates that the pupils' formation of different themes and developing of environmental concepts start in early years. Their expressions indicate concordance to *IPCC* and *NASA*, since the trends of their categorized expressions show that young pupils are conscious about natural as well as anthropogenic connections and relations.

Incitement for further research consists of the worldwide challenge that *The United Nations Decade of Education for Sustainable Development* (UNESCO, 2005) applies as well as what *The Intergovernmental Panel on Climate Change* does (IPCC, 2007). *IPCC* has distinctly established that decisions taken today about 6,5 billions of people, the entire Earth's population, affect the composition of the spheres today as well as in the future. These circumstances have to be taken into consideration in a different way in further research.

I would like to claim that the people in the future will need both deep subject knowledge and the ability for interdisciplinary and integrated learning. By this I mean that these alternatives will have to be offered to pupils in schools and this study indicates the importance of developing the pupils' formation of environmental concepts in early years. The quality of the content in the dialogues seems to indicate a good standard but the question about the teacher's possibilities supporting every single pupil's individual development still remains.

From my point of view learning for sustainability has to be based on how the technology and lifestyle in the modern society will influence the lithosphere, hydrosphere, atmosphere and consequently all life on Earth. The model of the Earth and the spheres illustrates clearly how the natural spheres are connected and depending on man, his technology and the society in details as well as a whole and the changes over time. It can be of importance in what way we will look at science education as a whole in the future.

I hope that the outcome of my study is of worldwide interest for curricula in environmental education and learning for sustainable development. It can be summarized as a way to look at environmental issues and avoid marginalizing in environmental learning and teaching. Finally, it is interesting to find the clear connection between the ancient philosophy in Greece and the evolution of a new scientific field, *Earth System Science*, *ESS*, and *Earth System Science Education*, *ESSE*.

10 Referenser

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature, *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-702.
- Agelidou, E., Balafoutas G. & Flogaitis E. (2000). Schematisation of Concepts. A teaching strategy for environmental education implementation in a water module third grade students in junior high school (gymnasium-15 years old), *Environmental Education Research*, 6(3), 223-243.
- Aikenhead, G. (1998). Collaborative research and development to produce an STS course for school science. I J. Solomon & G. Aikenhead (Red.), *STS. Education*. (s. 216-228). New York: Teachers College.
- Aikenhead, G. (1996). Science education: Border crossing into subcultures of science, *Studies in Science Education*, 27, 1-51.
- Alerby, E. (1998). *Att fånga en tanke. En fenomenologisk studie av barns och ungdomars tänkande kring miljö*. Centrum för forskning och lärande 1. Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Alerby, E. (2000). A way of visualising children's and young people's thoughts about the environment: A study of drawings. *Environmental Education Research*, 6(3), 205-222.
- Alexander, R. J. (2006). *Towards dialogic teaching: rethinking classroom talk*, (3 uppl.). York: Dialogos.
- Alexandersson, M. (1994). *Metod och medvetande*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Ammenberg, J. (2003). *Miljömanagement*. Lund: Studentlitteratur.
- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (2000). Perspective on learning, thinking and activity. *Educational Researcher*, 29(4), 11-13.
- Andersson, B. (2000). *Om ämnesdidaktikens natur, kultur och värdegrund*. Göteborg: Institutionen för pedagogik och didaktik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap: forskningsresultat som ger nya idéer*. Stockholm: Skolverket.
- Andersson, B. (2003). *Om integration av kunnande*. I D. Jorde & B. Bungum (Red.), *Naturfagdidaktikk - perspektiver, forskning, utveckling* (s.296-309) [www]. Oslo: Gyldendal. Hämtat 2006-09-15 från <<http://na-serv.did.gu.se/publist/pubfiler/Integration.pdf>>.

Andersson, B., Kärrqvist, C., Löfstedt, A., Oscarsson, V. & Wallin, A. (1999). *Utvärdering av skolan 1998 avseende läroplanernas mål (US98). Tema tillståndet i världen*. Stockholm: Skolverket.

Andersson, B. & Wallin, A. (2000) Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096–1111.

Andréasson, P-G., Adrielsson, L., Ahlberg, P., Barnekow, L., Björck, S., Calner, M., Johansson, L., Liljegren, R., Löfgren, A., Rundgren, M. & Vajda, V.(2006). *Geobiosfären: en introduktion*. Lund: Studentlitteratur.

Areskoug, M. (2005). *Miljöfysik*. Lund: Studentlitteratur.

Arzi, H. J. (1988). From short- to long-term: studying science education longitudinally. *Studies in Science Education*, 15, 17-23.

Arzi, H. J. (2004). On the time dimension in educational processes and educational research. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology*. 4(1), 15-21.

Astington, J. W. (1998). Theory of mind goes to school. *Educational Leadership*, 56(3), 46-48.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Axelsson, H. (1997). *Våga lära. Om lärare som förändrar sin miljöundervisning*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Bachmann, E. (1973). *Att mäta himmel och jord från pyramid till vädersatellit* (Översättning S. Söderberg). Stockholm: Generalstabens litografiska anstalt.

Badersten, B. (2006). *Normativ metod*. Lund: Studentlitteratur.

Ballantyne, R., Fien, J. & Packer, J. (2000). Program effectiveness in facilitating intergenerational influence in environmental education: lessons from the field. *The Journal of Environmental Education*, 32(4), 8-15.

Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.

Bar, V. & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase change. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), (363-382).

Barraza, L. (2001). Environmental education in Mexican schools: The primary level. *Journal of Environmental Education*, 32, 31-36.

Bartha, S. (1984). *Ecological design. Exempelsamling Ma, Fy, Ke, Tl, Kon, By, VVS, Prd*. Svedala: Stiftelsen för ekologisk konstruktion.

Basile, C. G. (2000). Environmental education as catalyst for transfer of learning in young children. *The Journal of Environmental Education*, 32(1), 21-27.

Bergsten, K. E. (1984). *Jordytan*. (3 uppl.). Lund: Studentlitteratur.

Bhaskar, N. (2003). Education for sustainable development: The Johannesburg summit and beyond. *Environmental, Development and Sustainability*, 5(1), 231-254.

Bibeln. Gamla Testamentet. Moseboken, 1. Mos. 1:26, 1:28. (1917 års Bibelöversättning). Stockholm, Tryckår 1951.

Björneloo, I. (2004): *Från raka svar till komplexa frågor. En studie om premisser för lärande för hållbar utveckling* [www]. Göteborgs: Göteborgs Universitet Institutionen för pedagogik och didaktik, Rapport 2004: 09 58. Hämtat 2006-09-15 från <<http://www.ped.gu.se/forsk/rapporter/abstract/2004/2004-09.pdf>>.

Bliss, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitungsschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(3), 3-16.

Board of Studies. (2000). *VCE Environmental Science*. Carlton: Board of studies.

Bonnett, M. & Williams, J. (1998). Environmental education and primary children's attitudes towards nature and the environment. *Cambridge Journal of Education*, 28(2).

Borgström, G. (1973). *Gränser för vår tillvaro*. (3 uppl.). Stockholm: LT.

Boyes, E., Chambers, W. & Stanisstreet, M. (1995). Trainee primary teachers' ideas about the ozone layer. *Environmental Education Research*, 1(2), 133-144.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1991). Misconceptions in first-year undergraduate science students about energy sources for living organisms. *Journal of Biological Education*, 25(3), 208-213.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1992). Students' perception of global warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42(4), 287-300.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1993). The "Greenhouse Effect": children's perceptions of causes, consequences and cure. *Journal of Science Education*, 5(3), 531-552.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage. *Global Environmental change*, 4(4), 311-324.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1997). The environmental impact of cars: children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research*, 3(3), 269-228.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1998). High school students' perception of how major global environmental effects might cause skin cancer global. *Journal of Environmental Education*, 29(2), 31-37.

- Breting, S. (2001). *Förnyelse genom miljöundervisning*, nr 2-01, Undervisningsministeriet, Danmark.
- Breiting, S., Hedegaard, K., Mogensen, F., Nielsen, K., & Schnack, K. (1999). *Interessekonflikter, handlekompetence og miljøundervisning - MUVIN-projektet*. København: Forskningscenter for Miljø- og sundhedsundervisning.
- Bretherton's Diagram. (2006). [www].
Hämtat 2007-02-08 från <http://esse21.usra.edu/ESSE21/home_graphics.html>.
- Broberg, G. (1978). *Om jämvikten i naturen*. Stockholm: Carmina.
- Brooks, J. G. & Brooks, M. G. (1999). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Brown, A., Bransford, J., Ferrara, R. & Campione, J. (1983). Learning, remembering and understanding. I I. P. Mussen (Red.), *Handbook of child psychology* (3 uppl.). New York: Wiley & Sons.
- Brugge, B., Glantz., M. & Sandell, K. (2002). *Friluftslivets pedagogik - för kunskap, känsla och livskvalitet*. Stockholm: Liber.
- Brundtlandkommissionen. (1987). *Our common future*. Stockholm.
- Bruner, J. (1960). *The process of education*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Bruner J. (1973). *Beyond the information given. Studies in psychology of knowing*. London: G. Allen & Unwin Ltd.
- Bruner, J. (1996). *The culture of education* (2 uppl.). Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Bryman, A. (2002). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Malmö: Liber.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: beliefs and knowledge. I Berliner och Calfee (Red.), *Handbook of Educational Psychology*. New York: Simon & Schuster MacMillan.
- Caravita, S. & Halldén, O. (1994). Reframing the problem of conceptual change, *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Carlgren, I. (1999). *Miljöer för lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Carlsson, B. (1999). *Ecological understanding - a space of variation*. Luleå: Luleå tekniska universitet.
- Carson, R. (1963). *Tyst vår*. Stockholm: Tidens förlag.

- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2000). *Research methods in education* (5 uppl.). London: Routledge.
- Coll, R. K., Taylor, N. & Fisher, D. L. (2002). An application of questionnaire on teacher interaction and college and university classroom. Environment inventory in a multicultural tertiary context. *Research in Science & Technology Education*, 20(2), 165-182.
- Cornell, J. (1994). *Journey of the heart of nature*. Nevada City: DAWN Publications.
- Cornell, J. (1998). *Sharing nature with children*. Nevada City: DAWN Publications.
- Corsaro, W. (2000). Early childhood education, children's peer cultures, and the future of childhood. *European Early Childhood Education Research Journal*, 8, 89-102.
- Cunningham, W. & Saigo, B.W. (1995). *Environmental Science. A Global Concern*. Dubuque USA: Wm.C. Brown Publishers.
- Dahlgren, L.O. & Szczepanski, A. (2004). *Outdoordidactics (Utomhusdidaktik)*. Student literature. Lund: Sweden.
- Davidsson, B. (1999). Solrosens affär Exempel på en ny sorts pedagogisk praktik. I I. Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande*. Studentlitteratur. Lund.
- Denzin, L. & Lincoln, Y. (Red.), (2000). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Dewey, J. (1916). *Demokrati och utbildning* (Svensk översättning, 1999). Göteborg: Daidalos.
- Dewey, J. (1997). *How we think*. Toronto: Dover Publications.
- Dewey, J. (2004). *Individ, skola och samhälle: utbildningsfilosofiska texter* (Översättning R. M. Hartman). Stockholm: Natur och kultur.
- Diamond, J. (2004). *Vete, vapen och virus: en kort sammanfattning av mänsklighetens historia under de senaste 13 000 åren* (Översättning I. Johansson). Stockholm: Pan.
- di Sessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. I G. Forman och P. B. Pufall (Red.), *Constructivism in Computer Age* (s. 49-70). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Donaldson, M. (1978). *Children's minds*. London: Fontana Press.
- Dove, J. (1996). Student teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *Environmental Education Research*, 2(1), 89-100.
- Doverborg, E. & Pramling, I. (1998). *Att förstå barns tankar. Metodik för barnintervjuer*. Eskilstuna: Liber AB.
- Doverborg, E., Pramling, I. & Qvarsell, B. (1996). *Inläring och utveckling: barnet, förskolan och skolan*. Stockholm: Liber.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Support materials for teachers*. London: Routledge.

Earth's Interacting Components. (2006). [www]. Hämtat 2006-01-19 från <<http://www.strategies.org/LESSON9.html>>. via <http://strategies.org/education/index.aspx?sub=education&sub2=productdevelopment#> under uppdatering 070208. Hämtat 060112 från <<http://www.strategies.org/LESSON9.html>>.

Edwards, D. & Mercer, N. (1995). *Common knowledge*. London: Routledge.

Egidius, H. (2003). *Pedagogik för 2000-talet* (4 uppl.). Stockholm: Natur och kultur.

Ehrensverd, G. (1971). *Före- efter: en diagnos*. (3 uppl.). Stockholm: Bonnier.

Ekborg, M. (2002). *Naturvetenskaplig utbildning för hållbar utveckling?: en longitudinell studie av hur studenter på grundskolläroprogrammet utvecklar för miljöundervisning relevanta kunskaper i naturvetenskap*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Ekerwald, C-G. (1996). *Goethe: liv och tänkesätt*. Stockholm: Rabén Prisma.

Encyclopædia Britannica. (2007). [www]. Hämtat 2007-03-07 <<http://info.britannica.co.uk/?bbcam=adwds&bbkid=www+encyclopedia&x=&source=jelly10224497&partner=ukjelly>>.

Engell, J. (1981). *The creative imagination, enlightenment to romaniticism*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Ernest, P. (1996). Varieties of constructivism: A framework for comparison. I L.P Steffe, P. Nesher, P. Cobb, G. A. Goldin, och B. Greer (Red.), *Theories of mathematical learning*. Nahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Eskilsson, O. (2001). *En longitudinell studie av 10-12-åringars förståelse av materiens förändringar*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

ESS. (2006). *Earth System Science*. [www]. Hämtat 2006-01-12 från <<http://serc.carleton.edu/introgeo/earthsystem/nutshell/index.html>>.

ESSE. (2006a). *Earth System Science Education* [www]. Hämtat 2006-01-05 från <<http://esse21.usra.edu/ESSE21/>>.

- ESSE. (2006b). *Earth System Science Education*. [www]. Hämtat 2006-01-05 från <<http://esse21.usra.edu/ESSE21/whatisess.html>>.
- Europaprogrammen. (2006). [www]. Hämtat 2006-08-23 från <<http://www.europaprogrammen.se>>.
- Falkenmark, M. (1989). *Livet speglat i vatten*. Stockholm: Stiftelsen Globträdet och Utbildningsförlaget.
- Falkenmark, M. (1995). Vattnets kretslopp- bortglömd nyckel till miljöproblemen, *Det evigt vandrande vattnet. Naturvetenskapliga forskningsrådets årsbok 1995*. Uppsala: Swedish Science Press.
- Falkenmark, M. (2004). *Balancing water for humans and nature*. London: Sterling Earthscan.
- Falkenmark, M. & Lundqvist, J. (1997). *World freshwater problems: Call for a new realism*. Stockholm: Stockholm Environmental Institute.
- Fischler, H. & Peuckert, J. (1999). *Development, structure and stability of students' conceptions of particles*. Paper presented at The Second International Conference of the European Science Education Research Association, ESERA, 31/8-4/9 1999, Kiel.
- FN:s klimatdeklaration. (2007). *Climate change 2007: The physical science basis - summary of policymakers*. [www]. Hämtat 2007-02-15 från <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>.
- Forsberg, B. (2001). *Swedish country report. For the Baltic 21 Education Sector Network*. Stockholm: Höskoleverket.
- Forssell, A. (Red.), (2005). *Boken om pedagogerna* (5 uppl.). Stockholm: Liber.
- Frye, D. & Moore, C. (1991). *Children's theory of mind*. New Jersey: Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Frängsmyr, T. (2004). *Svensk idéhistoria. Bildning och vetenskap under tusen år del II*. Stockholm: Natur och kultur.
- Fröbel, F. (1887). *The education of man* (W. N. Hailmann W. N. Trans.). New York: Appleton.
- Gayford, C. G. (2002). Environmental literacy: towards a shared understanding for science teachers. *Research in Science & Technology Education*, 20(1), 99-110.
- Gilbert, J. & Boulter, C. (1998). Learning science through models and modelling. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Red.), *International Handbook of Science Education* (s. 52-66), Netherlands: Kluwer.

Gille, S. T. (2004). Integrating policy into science in the classroom: Three case studies on the atmosphere. *Journal of Earth System Science Education*, 1, NASA [www]. (Article + Case Studies), JESSE-04-300-07. Hämtat 2006-01-12 från <<http://jesse.usra.edu/archive/jesse04-300-07>>.

Ginsburg, H. P. & Opper, S. (1988). *Piaget's theory of intellectual development* (3 uppl.). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Gisselberg, K., Ottander, C. & Hanberger, A. (2003). *NOT-projektet 1999-2003 – en utvärdering*. Umeå Center For Evaluation Research, Umeå University, Umeå. Hämtat 2007-01-06 från <<http://www.ucer.umu.se/PDF/Utv%E4rderingsrapporter/Evaluationreport14.pdf>>

Good, R. G., Wandersee, J. H. & St. Julien, J. (1993). Cautionary notes on the appeal of the new “ism” (constructivism) in science education. In K. Tobin (Red.), *The practice of constructivism in science education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Gordon, O. E. (2001). *Andean epistemology: the nature of love, wisdom, and environmental concern*. Paper presented at the Western Social Science Association.

Gough, A. (2002). Mutualism: a different agenda for environmental and science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1201-1215.

Gough, N. (2002). Thinking/acting locally/globally: Western science and environmental education in global knowledge economy. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1217-1237.

Griffith, A. K. (1994). A critical analysis and synthesis of research on students' chemistry misconception. I H-J Schmidt (Red.), *Proceedings of the international seminar 'Problem Solving and Misconceptions in Chemistry and Physics'* (s. 70-98). Dortmund: International Council of Association for Science Education.

Grosslight, L., Unger, C. M., Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use of science. Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

Gunstone, R. & White, R. (2000). Goals, methods and achievements of research in science education. I J. Leach, J. Millar & J. Osborne (Red.), *Improving Science Education - the contribution of research* (s. 293-307): Open University Press.

Gustafsson, B., Hermerén, G. & Petersson, B. (2005). *Vad är god forskningssed? Synpunkter, riktlinjer och exempel*. Stockholm: Vetenskapsrådet.

Guthrie, W. & Keith, C. (1999). *Grekiska filosofer: från Thales till Aristoteles*. (Englund, S. Trans.). Nora: Nya doxa.

Günther, F. (1994). *Characteristics of nested living systems*. Stockholm: Beijer International Institute.

Haeckel, E. (1882). *Naturlig skapelsehistoria/ af Ernst Haeckel; övers. från originalet* (7 uppl. Översättning A. F. Åkerberg). Stockholm: Björck.

- Haglund, B. (2003). Stimulated recall - några anteckningar om en metod att generera data. *Pedagogisk forskning i Sverige*, (11s).
- Halldén, O. (2002). Om att förstå, missförstå och inte förstå. Ett intentionellt perspektiv på inlärningsituationen. I H. Strömdahl (Red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan - några forskningsresultat*. Lund: Studentlitteratur.
- Hart, P. A., & Nolan, K. (1999). Critical analysis of research in environmental education. *Studies in Science Education*, 34, 1-69.
- Heikkilä, J., & Sahlström, F. (2003). Om användning av videospelning i fältarbete. I E. Johansson & I. Pramling (Red.), *Barns perspektiv*. Göteborg: Pedagogisk forskning i Sverige.
- Helldén, G. (1992). *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.
- Helldén, G. (1995). Environmental education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267-277.
- Helldén, G. (2000). *To identify personal context and continuity of human thought as recurrent themes in a longitudinal study of students' understanding of ecological processes*. Paper presenterat vid The Annual Meeting of the American Educational Research Association, April 24-28, 2000, New Orleans.
- Helldén, G. (2005). Exploring understandings and responses to science: a program of longitudinal Studies. *Research in Science Education*, 35, 99-122.
- Helldén, G., Lindahl, B. & Redfors, A. (2005). *Lärande och undervisning i naturvetenskap: en forskningsöversikt*. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- Helldén, G. & Solomon, J. (2004). The persistence of personal and social themes in context: Long- and short-term studies of students' scientific ideas. *Science Education*, 88(6), 885-900.
- Hermele, K. (2006). *Global utveckling och innebörder och utmaningar för den globala pedagogen*. SIDA och Den Globala Skolan. Myndigheten för skolutveckling. Stockholm: Edita.
- Herrmann, J. (1996). En biljett till framtiden: miljöundervisning i Kalmars lärarutbildning. I Eskilsson, O. & Helldén, G. (Red.), *Naturvetenskapen i skolan inför 2000-talet*. Kristianstad: Fagus.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396.
- Hewson P.W. & Hewson M.G.A'B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Hill, B. (1998). *Der Methodbaukasten Ein Kompendium von Methoden zur Erkennung und Lösung technischer Probleme*. Aachen: Shaker Verlag.

- Hill, B. (1999). *Naturorientierte Lösungsfindung: Entwickeln und Konstruieren nach biologischen Vorbildern; mit 6 Tabellen*. Renningen-Malmsheim: Expert Verlag.
- Holgersson, I. & Löfgren, L. (2004). A long-term study of students' explanations of transformation of matter. *Canadian Journal for Science, Mathematics, and Technology Education*. 4(1), 75-96.
- Holmberg, J. (1993). *Vad kan termodynamiken lära oss om ett bärkraftigt samhälle? I Planering för ett bärkraftigt samhälle (T 26:1993)*, s.51-60, Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Holmberg, J. (1995). *Socio-ecological principles and indicators for sustainability*. Göteborg: Chalmers tekniska Högskola.
- Huckle, J. & Sterling, S. (Red.), (2001). *Education for sustainability*. London: Earthscan Publications Ltd.
- Hydén, H. (1997). *Hur kunskapslandskapet kan förmås att matcha jordmanteln*. Stockholm: FRN.
- Högskolelagen 2005:1208, §5. Stockholm: Högskoleverket.
- Högskoleverket (2006). *Doktorandhandboken* [www]. Hämtat 2006-01-05 från <<http://www.doktorandhandboken.nu>>.
- Höjer, H. (2005). När jorden blev platt. *Forskning & Framsteg* (5) 38-44.
- IGBP. (2006a). [www]. Hämtat 2006-05-01 från <<http://www.igbp.kva.se>>.
- IGBP. (2006b). [www]. Hämtat 2006-05-01 från <<http://www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php>>.
- Ingelstam, L. (2004). *Kampen om kunskapen*. Stockholm: Lärarförbundets förlag.
- Ingenjörsvetenskapsakademien, K. V. (2003a). *Förändringar: handledning för lärare*. Stockholm: KVA & IVA.
- Ingenjörsvetenskapsakademien, K. V. (2003b). *Kretsar kring el: handledning för elever*. Stockholm: KVA & IVA.
- International Max Planck Research School on Earth System Modelling [www]. Hämtat 2006-12-01 från <<http://www.earthsystemschool.mpg.de/23.html>>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). [www]. Hämtat 070315 från <<http://www.ipcc.ch/index.html>>.
- Ishii, D. K. (2003). *Constructivist views of learning in science and mathematics* [www]. Hämtat 2006-08-21 från <<http://www.stemworks.org/digests/EDO-SE-03-02.pdf>>.
- Jeffries, H., Stanisstreet, M. & Boyes, E. (2001). Knowledge about the greenhouse effect: Have college students improved? *Research in Science & Technology Education*, 19(2), 205-221.

Jenkins, G. (1996). The nature of science as a curriculum component, *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 137-150.

Johansson, B. & Svedner, P. (1996). *Examensarbete i lärarutbildningen: undersökningsmetoder och språklig utformning*. Uppsala: Grafax.

Johnson, D.R., Ruzek, M. & Kalb, M. (1996). Earth System Science Education: a continuing collaboration. I *Proceedings of the 1996 International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Lincoln, NE, (s.1175-1177).

Johnson, D.R., Ruzek, M. & Kalb, M. (2000). Earth System Science and the Internet, *Computers and Geosciences*, 26(6), 669-676.

Johnson, J. E., Christie, J. & Wardle, F. (2004). *Play, development and early education*. Boston: Allyn & Bacon.

Johnson, P. (1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state part, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science and Education*, 20(5), 567-583.

Johnson, P. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state part, Part 2: Evaporation and condensation below the boiling point. *International Journal of Science and Education*, 20(6), 695-709.

Johnson, P. (1998c). Progression in children's understanding of basic particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: Explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24(19), 1037-1054.

Jonsson, G. (2007). *Mångsyntet och mångfald - Om lärarstudenters förståelse av och undervisning för hållbar utveckling*. Luleå: Luleå tekniska universitet. [www]. Hämtat 07-05-02 från <<http://epubl.ltu.se/1402-1544/2007/13/LTU-DT-0713-SE.pdf>>.

Jordan, B. & Hendersson, A. (1995). Interaction analysis. Foundations and practice. *The Journal of the Learning Sciences* 4. Lawrence Erlbaum Associates.

Justi, R. & van Driel, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*. 27(5), 549-573.

Jönsson, B. & Wickenberg, P. (1991). *A och O: miljöns ramar och möjligheter*. Lund: Miljösekretariatet, Läroplanskommittén.

Kali, Y., Nir, O. & Bat-Sheva, E. (2003). Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Education*. 40 (6), 545-565.

Keeves, J. P. (1998). Methods and processes in research in science education. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Red.), *International Handbook of Science Education* (Vol. 2, s. 1127-1153). London: Kluwer Academic Publishers.

Kirkeby Hansen, P. J. (1996). "Alle snakker om været..." *En teoretisk og empirisk undersøkelse av grunnskolen undervisning i vær og klima og elevens forståelse av emnet*. Oslo: Universitetet i Oslo, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet; Høgskolen i Oslo, Avdeling for lærerutdanning.

Kirkeby Hansen, P. J. (2006). Sammenlikningen av kunnskaper om drivhuseffekten og ozonlaget hos elever som gikk ut grunnskolen i 1989, 1993 og 2005. I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelson (Red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.

Knutsdotter Olofsson, B. (1999). *Lek för livet*. Stockholm: HLS Förlag

Komarov, B. (1981). *Miljöförstörelsen i Sovjet*. Stockholm: Barrikaden.

Kremer, H. H., Le Tissier, M., Burbridge, P. R., Talaue-McManus, L., Rabalais, N. N., Parslow, J., Crossland, C. J. & Young, B. *IGBP Report No. 51 Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Science Plan and Implementation Strategy IGBP Report 51 / IHDP Report 18* [www]. (Stockholm: IGBP Secretariat). Hämtat 2006-08-23 från <<http://www.igbp.net/documents/recources/report-51.pdf>>.

Kruger, C. & Summers, M. (2000). Developing primary school children's understanding of energy waste. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 5-21.

Kump, L. R., Kasting, J. F. & Crane, R. G. (2004). *The Earth System*, (2 uppl.). New Jersey: Pearson-Prentice Hall.

Kvale, S. (1997). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Lund: Studentlitteratur.

Kärrqvist, C. (1985). *Kunskapsutveckling genom experimentcenterade dialoger i ellära*. (Göteborg Studies in Educational Science, 52). Göteborg: Acta Universitatis.

Kärrqvist, C. & West, E. (2005). *Färdigheter att utveckla för att lära om omvärlden*. Ingår i antologin Grundskolans ämnen i ljuset av Nationella utvärderingen 2003 (s. 115-120). Stockholm: Skolverket.

Kärrqvist, C. & West, E. (2006). Vilken banan väljer de- krav eller vanlig banan? 800 12-åringar motiverar sina val. (s.209-215). I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelson (Red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.

Larsson, H. (1910). *Kunskapslivet*. Lund: C.W.K. Gleerups förlag.

Larsson, S. (1994). Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. I B.Starrin & P.-G. Svensson, (Red.), *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur.

Leach, J. (1995). *Progression in understanding of some ecological concepts in children aged 5 to 16*. Leeds: University of Leeds.

Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1995). Children's ideas about ecology 1: theoretical background, design and methodology. *International Journal of Science education*, 17(6), 721-732.

Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996a). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about cycling of matter. *International Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.

Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996b). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.

Leach, J. & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science. *Education. Science and Education*, 12(1), 91-113.

Leeming, F. C., Dwyer, W. O. & Bruce, A. (1995). Children's environmental attitude and knowledge scale: construction and validation. *Journal of Environmental Education*, 26(3), 22-31.

Lemke, J. (1998). Cognition, context and learning: A social semiotic perspective. I D. Kirshner & J. A. Whitson (Red.), *Situated cognition: Social, psychological and neurological perspectives*. (s. 37-56). New Jersey: Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Lichtfeldt, M. (1996). Development of pupils' ideas of the particulate nature of matter: longterm research project. I Welford I. G., Osborne, J. & Scott, P. (Red.), *Research in Science Education in Europe*. (s. 212-228). London: The Falmer Press.

Lillemyr, O. F. (1999). *Lek, opplevelse, læring: i barnehage og Skole*. Oslo: Tano Aschehoug.

Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Lindgren, J. & Sparrman, A. (2003). Om att bli dokumenterad: Etiska aspekter på förskolans arbete med dokumentation. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 8.

Lindqvist, G. (1996). *Lekens möjligheter*. Lund: Studentlitteratur.

Lingelbach, J. & Purcell, L. (2000). *Hands-On Nature*, (2 uppl.). Woodstock: Vermont Institute of Natural Science.

Loughland, T., Reid, A. & Petocz, P. (2002). Young people's conceptions of environment: A phenomenographic analysis. *Environmental Education Research*, 8(2), 187-197.

Lousley, C. (1999). De (politicizing) the environment club: Environmental discourses and the culture of schooling. *Environmental Education Research*, 5(3), 293-304.

Lovelock, J. (1991). *Gaia: Planeten jorden* (Översättning F. Gunther). Stockholm: Natur och kultur.

Lundegård, J., Wickman, P-O., Wohlin, A (Red.), (2004). *Utomhusdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Lundberg, L. (2002). *Hur naturskoleidén grodde eller en kort historia från en 20-årig bokstam* [www]. Hämtat 2005-09-05 från <<http://www.naturskola.se/bladet/02-03/naturskoleiden.htm>>.

Malmberg, C. (1997). *Miljömosaik naturligtvis*. Stockholm: Stiftelsen Håll Sverige rent.

Marsh, G. P. (1965). *Man and nature*. Lowenthal, D (Red.), Cambridge, Massachusetts.; Belknap Press. Original publicerat 1864. London.

Marton, F. (1998). Towards a theory of quality in higher education. I B. Dart & G. Boulton-Lewis (Red.), *Teaching and Learning in Higher Education* (s. 177-200). Hawtorn: ACER, cop.

Marton, F. (2000). *The practice of learning*. Nordisk Pedagogik, 20(4), 230-236.

Marton, F. & Booth, S. (2000). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur.

Marton, F. (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.

McNeill, J. R. (2000). *Something new under the sun: an environmental history of the twentieth-century world*. New York: W.W NORTON.

McNeill, J. R. (2003). *Någonting är nytt under solen. Nittonhundralets miljöhistoria*. Stockholm: SNS Förlag.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. (1972). *Tillyväxtens gränser: en rapport utarbetad för Romklubbens projekt "Mänsklighetens situation"*. (Översättning M. Eklöf). Stockholm: Bonnier.

Merriam, S. B. (1994). *Fallstudien som forskningsmetod* (Översättning B. Nilsson). Lund: Studentlitteratur.

Miller, G. T. (2002). *Living in the environment: principles, connections, and solutions*. Belmont: Brokes/Cole.

MISTRA. (2006). [www]. Hämtat 2006-08-23 från <<http://www.mistra.org>>.

Molander, B. (1996). *Kunskap i handling*. Göteborg: Bokförlaget Daidalos AB.

- Molander, B. (1998). *Kunskapens former och beteckningar – och kunniga människor* Utposten Nr 5 [www]. Hämtat 2006-08-23 från <<http://www.uib.no/isf/utposten/1998nr5/utp98506.htm>>.
- Monk, R. (1999). *Ludwig Wittgenstein Geniets plikt*. Göteborg: Bokförlaget Daidalos AB.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning making in science classrooms*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Mårtensson, F. (2004). *Landskapet i leken. En studie av utomhuslek på förskolegården*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Institutionen för landskapsplanering. Alnarp.
- Nachtigall, W. (1974). *Biological mechanisms of attachment*. New York: Springer Verlag.
- Naess, A. (1981). *Ekologi, samhälle och livsstil - utkast till en ekosofi*. Stockholm: LTs förlag.
- NASA. (1988). *Earth System Science Advisory Committee – Earth System Science: a closer view*. NASA, Washington, DC.
- NASA. (2006). [www]. Hämtat 2006-02-05 från <<http://rst.gsfc.nasa.gov>>.
- Nationalencyklopedin (2006). Komplettering till utgåva 2000. Höganäs: Bra böcker.
- Neuman, W. L. (1994). *Social research methods. Qualitative and quantitative approaches* (2 uppl.). USA: Allyn and Bacon.
- Novak, J. D. & Musonda, D. (1991). The Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Education Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Nussbaum, J. (1985). The Earth as a cosmic body. I R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Red.), *Children's ideas in science*. (s. 170-192). Milton Keynes: Open University Press.
- Nyhus Braute, J. & Bang, C. (1997). *Följ med ut!* Stockholm: Natur och kultur.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (3 uppl.). Philadelphia: PA: W. B. Saunders.
- Odum, E. P. (1993). *Ecology and our endangered life-support systems*. Sinauer Associates Publisher.
- Odum, E. P. & Odum, H. T. (1971). *Environment, power and society*. N.T.: John Wiley & Sons.
- Osborne, R. J. & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Palmer, J. (1993). From Santa Claus to sustainability: Emergent understanding of concepts and issues in environmental science. *International Journal of Science Education*, 15(5), 487-495.

- Palmstierna, H. (1967). *Plundring, svält och förgiftning*. Stockholm: Rabén & Sjögren.
- Paprotna, G. (1998). On the understanding of ecological concepts by children of pre-school age. *International Journal of Early Years Education*, 6(2), 155-164.
- Patel, R. & Davidsson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder. Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Studentlitteratur: Lund.
- Pelligrini, A. D. (1991). A longitudinal study of popular and rejected children's rough and tumble play. *Early Education and Development*, 2(3), 205-213.
- Persson, C. (2004). *Environmental learning for sustainable evolution in school and teaching*. Paper presented at the XI IOSTE Symposium 25-30 July 2004, Lublin, Poland.
- Persson, C. (2005a). *Learning environmental conceptions in primary school with a scientific approach*. Paper presented at the The fifth international conference of the European Science Education Research Association, ESERA 28 August-1 September 2005, Barcelona, Spain.
- Persson, C. (2005b). Naturens teknik och människans teknikutveckling- en idéhistorisk utblick. *Tsunami(1)*, 10 s. Kristianstad: Högskolan Kristianstad.
- Persson, C. (2006a). Nya former för lärande. Leken som ett redskap i lärandet i miljö i grundskolans tidigare årskurser. *NorDiNa*, 2(1). 60-73.
- Persson, C. (2006b). Lärande i miljö i grundskolans lägre stadier – en studie av elevers användning av begrepp och samband med naturvetenskaplig utgångspunkt. I L. Bering, J. Dolin, L. B. Krogh, J. Sølberg, H. Sørensen & R. Troelson (Red.), *Naturfagsdidaktikkens mange facetter*. København: Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag.
- Persson, C. (2006c). Leken som ett redskap i lärandet i miljö i grundskolans tidigare årskurser. I S. O. Ullström (Red.), *Ämnesdidaktiska brobyggen – didaktiska perspektiv inom lärande och forskning*. Karlstad: Karlstad University press.
- Persson, C. & Musidłowska-Persson, A. (2007). Learning environmental concepts in primary school for sustainable development. *Journal of Earth System Science Education, JESSE*. NASA. JESSE-07-400-10. Hämtat 2007-07-24 från <<http://jesse.usra.edu/archive/jesse07-400-10/index.html>>.
- Persson, C. & Persson, T. (Red.), (2003). *Miljöstrategi och hållbart ledarskap- ekologi och ekonomi i samverkan*. Lund: Studentlitteratur.
- Persson, T. (1999). *Miljökunskap*. Lund: Studentlitteratur.
- Petri, J. & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1075-1088.
- Piaget, J. (1959). *Language and thought of the child*. Original publicerat 1926. London: Routledge & Kegan Paul.

- Piaget, J. (1960). *The moral judgement of the child*. Original publicerat 1932. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Piaget, development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 176-186.
- Piaget, J. (1970). *Structuralism*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1972). *Play, dreams and imitation in childhood*. Original publicerat 1951. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1975). *The child's conception of the world*. N.J: Litterfield, Adams & Company.
- Piaget, J. (1982). *The child's conception of the world*. London: Paladin.
- Pramling Samuelsson, I. (1999). *Lärandets grogrund*. Lund: Studentlitteratur.
- Pramling Samuelsson, I. & Asplund Carlsson, M. (2003). *Det lekande lärande barnet - en utvecklingspedagogisk teori*. Stockholm: Liber.
- Pramling Samuelsson, I. & Johansson, E. (2006). *Lek och läroplan: möten mellan barn och lärare i förskola och skola*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Pramling Samuelsson, I. & Mårdsjö, A.-C. (1994). *Att utveckla kunskapens grunder. Illustration av ett arbetssätt i förskolan*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- PROJEKT NORDLAB- SE. (2003a). *Elevtänkande och undervisning i naturvetenskap*. Institutionen för pedagogik och didaktik [www]. IPD, Göteborg: Göteborgs universitet. Hämtat 2006-09-15 från <<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>> (<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/>).
- PROJEKT NORDLAB-SE. (2003b). *Ämnen*. Institutionen för ämnesdidaktik [www]. Göteborgs Universitet. Hämtat 2006-05-19 från <<http://na-serv.did.gu.se/nordlab/se/trialse/pdf/ke5.pdf>>.
- Rahayu, S. & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: Towards an understanding of concepts of substance. *Research in Science Education*, 29(3), 295-312.
- Rasmussen, T. (2002). Legens poetik- dannelse og erfaring av barns leg. I I. Pramling Samuelsson, (Red.), *Lek och lärande Konferensrapport Nätverk för Barnomsorgsforskning*. Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik.
- Reiss, M, J. (2005). Managing endings in a longitudinal study: Respect for persons. *Research in Science Education*, 35, 137-149.
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of evidence. *Environmental Education Research* , 3, 207-317.

- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D & Benefield, P. (2004). *A review on out-door learning*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Rubin, K. H., Fein, G. G. & Vandenberg, B. (1983). Play. I E. M. Hetherington (Red.), *Handbook of child psychology: Social development* (4 uppl.). New York: Wiley.
- Russell, T., Harlen, W. & Watt, D. (1989). Children's ideas about evaporation. *International Journal of Science Education*, 11(5), 566-576.
- Sandell, K. Öhman, J. & Östman, L. (2003). *Miljödidaktik: naturen, skolan och demokratin*. Lund: Studentlitteratur.
- Scharff, R. C. & Val, D. (Red.), (2003). *Philosophy of technology. The technological Condition*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Schoenfeld, A. (2002). *Research methods in (mathematics) education. I Handbook of International Research in Mathematics Education*. D. Lyn, M. Bartolini Bussi, A. J. Graham, A. L. Richard & T. Dina (Red.), (s.435-488). New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Schreiner, C. (2006). *Exploring a ROSE-GARDEN – Norwegian youth's orientations towards science- seen as signs of late moderns identities*. Oslo: Department of Teacher Education and School Development University of Oslo.
- Schreiner, C., Henriksen, E. K. & Hansen, P. J. K.(2005). Climate education. Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education*, 41, 3-50.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - a comparative study of students' views of science and science education*. (Acta Didactica 4/2004). Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2005a). Empowered for action? How do young people relate to environmental challenges? I S. Alsop (Red.), *Beyond Cartesian Dualism. Encountering affect in the teaching and learning of science*. Dordrecht: Springer.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2005b). Et meningsfullt naturfag for dagens ungdom? *NorDiNa*, 1(2). 18-35.
- Sheehy, N. P., Wylie, J. W., Mc Guinness, C. & Orchard, G. (2000). How children solve environmental problems: using computer simulations to investigate system thinking. *Environmental Education Research*, 6(2), 109-126.
- Sheridan, S. (2001). *Pedagogical quality in pree-school: an issue of perspectives*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Sjøberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2006). How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE (the Relevance of Science Education). *APFSLT: Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(2),

Skamp, K., Boyes, E. & Stanisstreet, M. (2004). Students' ideas and attitudes about air quality. *Research in Science Education*, 34, 313-342.

Skinner, B. J., & Porter, S. C. (1999). *The blue planet: an introduction to earth system science*. New York: John Wiley, cop.

Skolverket. (2000a). Grundskolan: kursplaner och betygskriterier. Statens skolverk: Fritzes offentliga publikationer. 117 s. Västerås: Graphium Västra Aros.

Skolverket. (2000b). Grundskolan: kursplaner och betygskriterier. Kommentarer. Statens skolverk: Fritzes offentliga publikationer [www]. Västerås: Graphium Västra Aros Hämtat 2006-01-12 från <<http://www.skolverket.se/sb/d/155/a/1849>>. Även <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0607&infotyp=23&skolform=11&d=3878&extraId=2087>>.

Skolverket. (2002). *Hållbar utveckling i skolan. Miljöundervisning och utbildning för hållbar utveckling i svensk skola*. Stockholm: Liber distribution.

Skolverket. (2003). *Lusten att lära - med fokus på matematik: nationella kvalitetsgranskningar 2001-2002*. Stockholm: Skolverket.

Skolverket. (2004a). *Den nationella utvärderingen av grundskolan 2003. Sammanfattande huvudrapport*. Stockholm: Skolverket.

Skolverket. (2004b). *SOU 2004:104. Att lära för hållbar utveckling*. Stockholm.

Smith, I. P. (1984). *The idealization of play*. Oxford: Blackwell Publ.

Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1), 49-59.

Solomon, J. (1994). Constructivism and quality in science education. I A. C. Paulsen (Red.), *Naturfagenes Pædagogik- mellem udviklingsarbejde og teoridannelse* (Vol. 1, s. 17-29). Frederiksberg: Nordisk Forskersymposium, Gilleleje 1993.

Solomon, J. & Aikenhead, G. (Red.), (1994). *STS Education International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.

SOU 2004:104. *Att lära för hållbar utveckling*. Betänkande av Kommittén för utbildning för hållbar utveckling. Stockholm: Fritzes.

Stavy, R. (1990). Children's conception of change in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.

- Stenlund, S. (2000). *Filosofiska uppsatser*. Skellefteå: Norma.
- Strike, K. A. & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. I L. West & I. Pines (Red.), *Cognitive structure and conceptual change* (s. 211-231). Orlando: Academic Press.
- Strömdahl, H. (1998). *Fenomen och egenskap. De fysikaliska storheterna i didaktisk belysning*. Pedagogisk forskning i Sverige. 3(2). s. 104-112.
- Strömdahl, H. (2000). No-didaktisk forskning i Sverige – en lägesrapport och några förslag vid millennieskiftet 1999/2000. Rapport från NOT-projektet. [www]. Hämtat 2006-07-15 från <<http://www.hsv.se/NOT/PDF/lagesrapport.PDF>>.
- Även, [www]. Hämtat 2006-07-21 från <<http://www.isv.liu.se/content/1/c6/04/61/75/HSVrapporten%20slutversion001201.doc>>.
- Strömdahl, H. (2003). *Om didaktik och didaktisk forskning*. [www]. Hämtat 2006-07-21 från <<http://66.249.93.104/search?q=cache:-gl2rdZcEyIJ:www.isv.liu.se/content/1/c6/04/61/75/Didaktik%2520och%2520Didaktisk%2520oforskning%2520030807.doc+Str%C3%B6mdahl+didaktik%2B2003&hl=sv&gl=se&ct=clnk&cd=3>>.
- Sutton Smith, B. (1997). *The ambiguity of play*. London: Harvard UP.
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken. Ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma.
- Säljö, R., Schoultz, J. & Wyndhamn, J. (1999). Artefakter som tankestöttor. I I. Carlgren (Red.), *Miljöer för lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Svennbeck, M. (2004). *Omsorg om naturen: om NO-utbildningens selektiva traditioner med fokus på miljöfostran och genus*. Uppsala : Acta Universitatis Upsaliensis : Univ.-bibl. Stockholm: Elander Gotab.
- Szczepanski, A. (2007). *Utomhuspedagogik som kunskapskälla: närmiljö blir lärmiljö*. Lund: Studentlitteratur.
- Söderqvist, T., Hammar, M. & Gren, I-M. (2004). *Samverkan för människa och natur – en introduktion till ekologisk ekonomi*. Lund: Studentlitteratur.
- Sörlin, S. & Fagerstedt, O. (2004). *Linné och hans apostlar*. Stockholm: Natur och kultur.
- Sörlin, S. & Öckerman, A. (2002). *Jorden en ö. En global miljöhistoria..* Falun: Natur och kultur.
- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemical education. *International Journal of Science and Education*, 20(5), 597-608.
- Tansley, A. G. (1923). *Elements of plant biology*. London: George Allen & Unwin, 3. impr., 1922.
- Tansley, A. G. (1939). *The British Islands and their vegetation*. Cambridge: Cambridge U. P.

- Taylor, A. E. (1939). *Sokrates: människan och filosofen*. Stockholm: Natur och kultur.
- Thomas, B. (1993). *Naturvetenskapernas milstolpar*. Stockholm: Liber.
- Tits, T. (1984). *Tom Tits experiment: Vetenskapliga förströelser*. Stockholm: Ingenjörsläroverket (Finland).
- Tiwari, G. N. (2003). *A controlled environment: green house technology*. Pangbourne: Alpha Science.
- Tullgren, C. (2003). *Den välreglerade friheten*. Malmö: 2 (Arvets natur, känn dig själv) Lärarutbildningen Malmö Högskola.
- Tytler, R. (1998). The nature of students' informal science conception. *International Journal of Science Education*, 20(8), 901-927.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science- young children's responses to a classroom sequence on evaporation. *Research in Science Education*, 30(4), 339-355.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*. 41(1), 94-118.
- Tytler, R. & Peterson, S. (2005). A longitudinal study of children's developing knowledge and reasoning in Science. *Research in Science Education*, 35, 63-98.
- Tytler, R., Arzi, H. J. & White, R. T. (2005). Editorial- longitudinell studies on student learning and science. *Research in Science Education*, 35, 1-2.
- Uddenberg, N. (2005). *Idéer om livet: en biologihistoria. Bd II* (2 uppl). Stockholm: Natur och kultur.
- Umeå Universitet. (2006). [www]. Hämtat 2006-08-23 från <<http://www.emg.umu.se>>
- UNESCO. (2005). *Decade of education for sustainable development*. Paris.
- United Nations Development Programme. (2006). [www]. Hämtat 2006-01-05 från<<http://www.undp.org>>.
- Utbildningsdepartementet. (1994). *Läroplaner för det obligatoriska skolväsendet och de frivilliga skolformerna*. Stockholm: Fritzes.
- Utbildningsdepartementet. (1998a). *Lpfö. Läroplan för förskola*. Stockholm: Fritzes.
- Utbildningsdepartementet. (1998b). *Läroplan för det obligatoriska skolväsendet, förskoleklassen och fritidshemmet*. Stockholm: Fritzes.
- van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

Vetenskapsrådet. (2006). *Codex- regler och riktlinjer för forskning* [www]. Hämtat 2006-02-02 från <<http://www.codex.vr.se>>.

Vikström, A. (2005). Ett frö för lärande. *En variationsteoretisk studie av grundskolans biologi*. Luleå tekniska universitet. [www]. Hämtat 2006-02-02 från <<http://epubl.ltu.se/1402-1544/2005/14/index.html>>.

von Wright, G. H. (2000). *Vetenskapen och förnuftet: ett försök till orientering*. Stockholm: Bonnier.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24, 535-585.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

Vosniadou, S., Skopeliti, I. & Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the role of artifacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of Earth. *Learning and Instruction*, 15, 331-351.

Vygotsky, L. S. (1976). *The Role of Play in the Mental Development of the Child*. I J. S. Bruner & A. Jolly & K. Sylva (Red.), *Play. Its Role in Development and Evolution*. GB: Penguin.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge: MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. Originalt publicerat 1934. Cambridge: MA: MIT Press.

Vygotsky, L. S. (2001). *Thought and language*. Originalt publicerat 1934. Cambridge: MA: MIT Press.

Watkins, C. (2001). Learning about learning enhances performance. *Research matters*, 13, 1-8.

Welén, T. (2003). *Kunskap kräver lek*. Stockholm: Myndigheten för skolutveckling: Liber distribution.

West, E. & Kärrqvist, C. (2005). *12 year-olds' argumentation skills in relation to a controversial socio-scientific issue*. In Roser Pintó & Digna Couso, (Red.), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on the Contributions of Research to Enhancing Students' Interest in Learning Science*. (s. 1380-1382). Barcelona, Spain.

White, R. T. (2001). The revolution in research on science teaching. I V. Richardson (Red.), *Handbook of Research on Teaching* (4 uppl.). New York: MacMillan.

White, R. T. & Arzi, H. (2005). Longitudinal Studies: Designs, Validity, Practically, and Value. *Research in Science Education*, 35, 137-149.

Wickenberg, P. (1999). *Normstödjande strukturer. Miljötematiken börjar slå rot i skolan*. Lund: Lunds Universitet Sociologiska Institutionen.

Wickman, P-O. (2002). Vad kan man lära sig av laborationer? I H. Strömdahl (Red.), *Kommunicera naturvetenskap i skolan - några forskningsresultat* (s. 97-114). Lund: Studentlitteratur.

Williams, P. (2001). *Barn lär av varandra. Samlärande i förskola och skola*. Göteborg studies in educational sciences 163. Göteborg: Acta universitatis Gothoburgensis.

Wilson, R. A. (1996). Environmental education programs for pre-school children. *Journal of Environmental Education*, 27(4), 28-33.

Wittgenstein, L. (1992). *Filosofiska undersökningar* (Översättning Anders W.). Stockholm: Mån-pocket.

Wood-Robinson, C. (1995). Children's biological ideas: Knowledge about ecology, inheritance and evolution. I S. M. Glynn & R. Duit (Red.), *Learning science in schools: Research reforming practice*. New Jersey: Laurence Erlbaum.

Worster, D. (1996). *De ekologiska idéernas historia*. Stockholm: SNS Förlag.

Yager, R. E. (Red.), (1996). *Science/Technology/Society as reform in science education*. New York: State University of New York Press.

Yencken, D. (2000). Young people and the environment: The implications for environmentalism. I D. Yenken, J.Fien & H. Sykes (Red.), *Environment, education and society in the Asia-Pacific: Local traditions and global discourses*. (s.221-250). London: Routledge.

Young, B., Noone, K. & Steffen, W. (Red.), (2006). *IGBP Report No. 55. Science Plan and Implementation Strategy* (Stockholm: IGBP Secretariat). [www]. Hämtat 2006-07-03 från <<http://www.igbp.net/documents/recources/report-55.pdf>>.

Zetterqvist, A. (2003). *Ämnesdidaktisk kompetens i evolutionsbiologi. En intervjuundersökning med no/biologilärare*. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.

Åbo Akademi. (2006). [www]. Hämtat 2006-01-01 från <http://www.abo.fi/meddelanden/studier_o_undervisning/2004_16_hallbar.sht>.

Ødegaard, M. (2003). Dramatic science. A critical review of drama in science education. *Studies in Science Education*, 39, 75-101.

Österlind, K. (2005). Concept formation in environmental education: 14-year olds' work on the intensified greenhouse effect and the depletion of the ozone layer. *International Journal of Science Education*, 27(8), 891-908.

Östman, L. (1995). *Socialisation och mening. No-utbildning som politiskt och miljömoraliskt problem*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

Östman, L. (2003). *Nationell och internationell miljödidaktisk forskning: en forskningsöversikt*. Uppsala: Pedagogiska institutionen. Uppsala Universitet.

Bilagor

CD-bilaga med följande innehåll, tillhörande monografin.

- 1_Enkätfrågor år 2003
- 2_Enkätfrågor år 2004
- 3_Enkätfrågor år 2005
- 4_Enkätfrågor år 2006
- 5_Mall intervjufrågor åren 2003-2006
- 6_Sammanställning över resultat, enkäter, 2003-2006
- 7_Sammanställning över resultat, intervjuer, 2003-2006
- 8_Fallstudier-resultat
- 9_Pia diagram
- 10_Mary diagram
- 11_Otto diagram
- 12_Ivar diagram
- 13_Bob diagram
- 14_Jenny diagram
- 15_Hans diagram
- 16_Karl diagram
- 17_Sune diagram
- 18_Sonja diagram