

Susanne Engström har en bakgrund som civilingenjör och tekniklärare. Hon är nu doktorand i naturvetenskapernas och teknikens didaktik på Mälardalens högskola, Sverige. Hon är också knuten till den svenska nationella forskarskolan i naturvetenskapernas och teknikens didaktik. Hennes forskningsintresse handlar om hur elever utvecklar förmågan att relatera sina fysikkunskaper till insikt om hållbar utveckling, specifikt hållbar energi. Hon har tagit innehållet i kursplaner för fysikämnet inom gymnasieskolan som utgångspunkt och inbegriper, i sina undersökningar, både elevernas förklaringar och diskussioner samt lärares vägledande verksamhet inom ramen för fysikundervisning.

## SUSANNE ENGSTRÖM

Akademien för Utbildning, Kultur och Kommunikation  
Mälardalens Högskola, Eskilstuna, Sverige  
susanne.engstrom@mdh.se

# Vilka fysikaliska och miljömässiga förklaringar återfinns i elevers diskussioner om begreppet hållbart energisystem?

### Abstract

*The article describes a pilot study, an introduction to a series of investigations of upper secondary school pupils' explanations of sustainable energy. The physics syllabus have the intentions on one hand to guide pupils into science-education and on the other to give insights to pupils in order to participate in the debate on e.g. energy usage. The results obtained, from questionnaire and group discussions, indicate that pupils can get caught in narrow physical explanations of the concept of sustainable energy systems. Some pupils discuss an environmental explanation parallel but show insecurity. One interpretation is that pupils feel an inappropriateness connecting environment and physics. An implication is that the concept of energy quality might be an accessible way for pupils to relate concepts of physics with environmental questions.*

### INTRODUKTION

Den svenska regeringen har intentionen att undervisning för hållbar utveckling ska sätta sin prägel på bl.a. nationella program på gymnasiet. Lärande för hållbar utveckling har kommit i fokus bl.a. genom den statliga utredningen *Att lära för hållbar utveckling* (SOU 2004:104) som föreslår att lärandet på olika nivåer i utbildningssystemet förändras i riktning mot ökad hållbarhet i samhället. Den mest kända definitionen av hållbar utveckling återfinns hos Bruntland (1987), i rapporten *Our common future*. ”En hållbar utveckling tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov”. Definitionen omfattar fyra perspektiv, ekologiskt-, ekonomiskt-, social- och kulturellt hållbar utveckling. Den har kommit att spela en viktig roll i många länders utarbetande av nya kursplaner för skolan. Skolans undervisning för hållbar utveckling i Sverige har sin bakgrund i miljöundervisning. Olika miljöundervisningstraditioner kan noteras för årtiondena från 1960-talet och framåt (Skolverket 2002, Sandell, Ohman & Östman (2003)). Faktabaserad miljöundervisning framvuxen under 1960- och 70-talen

byggde på en tilltro till vetenskapen som lösning på problem, en mer normerande miljöundervisning under 1980-talet som en effekt av kärnkraftsomröstningen då betoningen lades på värde- och värderingsproblematiken och slutligen en undervisning om hållbar utveckling som utvecklades under 1990-talet med fokus på konflikter mellan olika mänskliga intressen med de demokratiska processerna i centrum.

I Skolverkets skrivelse (U2004/3307/G) avseende ämnesbetyg för gymnasieskolan uttrycks tydligt att när det gäller miljöperspektivet, som utpekas i läroplanen, så har en internationell utveckling ägt rum under det dryga decennium som läroplanen (lpf94) gällt. Miljöperspektivet ingår numera i det vidare begreppet hållbar utveckling. I regeringsskrivelsen *En svensk strategi för hållbar utveckling* (2003/04:129) kan man läsa att miljöperspektivets vidare innebörd bör genomsyra program-mål och kursplaner samt utgöra grunden för undervisning om de stora framtidsfrågorna. "Målet är att stimulera aktivt deltagande och kritiskt tänkande kring byggandet av ett hållbart samhälle" (Regeringsskrivelse 2005/06:126)

De flesta studier inom fältet undervisning för hållbar utveckling, beaktande elevers förklaringar inom ett specifikt skolämne, berör biologiämnet (Duit, 2007) varför det är intressant att studera hur andra ämnen, till exempel fysikämnet, tacklar implementeringen av och elevers förklaringar av hållbar utveckling. Sådana studier är få. I gymnasiet kan eleven välja att läsa Fysik A och Fysik B eller bara Fysik A (SKOLFS: 2000:49). Dessa kurser syftar bland annat till att bidra till elevernas naturvetenskapliga bildning så att de kan delta i samhällsdebatten i frågor med anknytning till naturvetenskap, att de lär sig se sammanhang mellan fysikaliska och miljömässiga aspekter. I detta ingår att analysera och ta ställning i frågor som är viktiga för både individen och samhället, som till exempel energi- och miljöfrågor. Fysik A behandlar bl.a. energi och värme, kursen ger även en orientering om energiförsörjningens problem. Efter avslutad kurs Fysik B ska eleverna dessutom kunna diskutera miljöfrågor och etiska frågor med anknytning till fysiken. Kursplanerna i fysik kan därmed tolkas pekande på en tydlig styrning mot hållbar utveckling bland annat när det gäller energiförsörjning.

Ett övergripande syfte med skolans naturvetenskapliga undervisning är att lotsa elever in i den naturvetenskapliga kulturen. I Ingelstam (2004) beskrivs syftet med naturvetenskaplig undervisning;

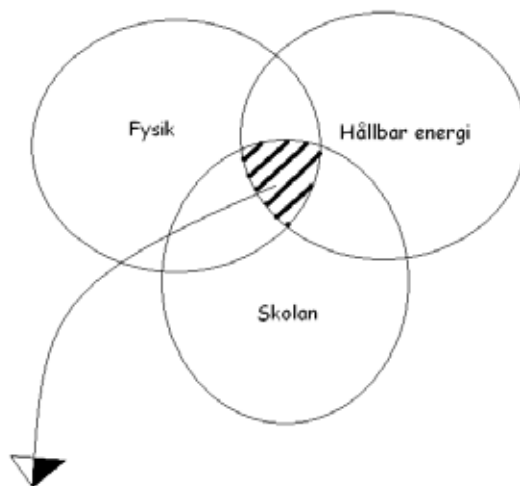
"Det finns alltså ett tankefel i undervisningen i naturvetenskap när man betonar att det är naturen som ska studeras. Det handlar istället om att göra de studerande delaktiga i en tradition och det sätt att beskriva naturen så som sker inom samtida naturvetenskap – att tillägna sig den naturvetenskapliga diskursen." (s.80)

Hur passar intentionen att tillägna sig den naturvetenskapliga diskursen ihop med att lotsa elever till insikt i hållbar utveckling? Ett försök gjordes, i den numera tillbakadragna SKOLFS (2006:12), i målformuleringar för den nya gymnasieskolans naturvetenskapliga program. I dokumentet beskrevs *att studera naturvetenskap* som att "lära känna den naturvetenskapliga kulturen, dess språk och dess arbetsmetoder" och *kunskap i naturvetenskap* som "kunskap om fysikaliska fenomen och skeenden, om kemiska processer, om livets villkor, om sammanhangen i naturen och om förutsättningarna för att skapa en ekologiskt hållbar utveckling."

## BAKGRUND

### Definition av begreppet hållbart energisystem

Hållbar utveckling har i denna artikel genom fokus på energifrågan specificerats som hållbart energisystem eftersom undersökningen avgränsas till fysikämnet. Begreppet *hållbart energisystem* definieras med olika formuleringar men vissa grundläggande ställningstaganden förenar. "All *energianvändning skapar miljöproblem. Det kommer vi inte ifrån. För att få ett hållbart energisystem*



Figur 1. Vad finns här? Hur uppfattar elever sammanhanget?

*måste vi effektivisera användningen, sluta tära på ändliga naturresurser och minska belastningen på miljön.*” (Svenska Naturskyddsföreningen, 2007) Naturvårdsverket (2006) presenterar *En långsiktig strategi för att skapa ett hållbart energisystem med liten miljöpåverkan* vilken de vill sammanfatta i följande tre punkter. Dessa tre punkter har valts ut som definition av begreppet *hållbart energisystem* inom denna aktuella studie.

- Effektivisera och minska energianvändningen. Det kan ske med hjälp av tekniska lösningar men även genom andra förändringar som minskar behovet av energi i samhället, till exempel beteendeförändringar eller bättre planering och uppföljning.
- Öka andelen förnybar energi av den energi som används. Ett långsiktigt hållbart energisystem måste till största delen vara baserat på förnybara energikällor.
- Använda renare teknik (förbättrad förbränningsteknik, renare bränslen, reningsteknik).

Punkterna kan ses som vägar att må målet ett hållbart energisystem och exempel på hur innebörden i begreppet hållbart energisystem kan förklaras. En energiförsörjning som möjliggör för kommande generationer att tillfredsställa sina behov, enligt Bruntland (1987), måste bygga på förnybara energikällor men det kräver också att nuvarande generation utvecklar renare och mer effektiv teknik samt styr över till minskad energianvändningen och en mer rättvis fördelning globalt sett. På så sätt omfattar begreppet fysikaliska begrepp med kopplingar till teknik och samhälle.

Exempel på *fysikbegrepp* som relateras till definitionen av hållbart energisystem

Eftersom definitionen ovan av hållbart energisystem omfattar både fysik- och miljösammanhang så har denna aktuella studie avgränsats till att undersöka om elever kan relatera sina fysikaliska förklaringar av *hållbart energisystem* till en annan kontext, miljökontexten (mer specifikt; en hållbar utveckling av samhällets energiförsörjning) och om de kan diskutera begrepp på en lokal respektive en global nivå. Hållbart energisystem ses i denna studie som ett begrepp som återfinns både inom skolans fysikkontext och inom miljökontexten. Inom skolans fysikkontext förklaras begreppet hållbart energisystem underbyggt av fysikaliska begrepp som vidgas och utvecklas (genom nödvändiga relationer till teknik och samhälle) bland annat för att eleverna ska kunna resonera om hållbart energisystem inom miljökontexten. I miljökontexten poängteras ett vardagligt, värderande perspektiv samt den globala förståelsen som lika viktiga som den naturvetenskapliga (Ingelstam, 2004).

I kursplanen (2000:49) formuleras att "Eleverna ska efter avslutad kurs ha kännedom om bl.a. energiprincipen och energiomvandlingar, känna till innebörden i begreppet energikvalitet samt kunna använda kunskaperna om energi för att diskutera energifrågor i samhället". Det uttrycks även att elever efter avslutad kurs ska ha kännedom om begreppen energibesparing och energieffektivisering samt förnyelsebara och icke förnyelsebara energikällor.

Definitionen av hållbart energisystem omfattar att "Effektivisera och minska energianvändningen" (Naturvårdsverket). Effektivare energianvändning innebär, enligt Energimyndigheten, att man dels använder teknik som kräver mindre energi (*energibesparing*), dels använder energin effektivare (*energieffektivisering*) d.v.s. att öka användningen av lågkvalitativ energi, till exempel att bara använda "värmeenergi" för uppvärmning, inte elektricitet. På så sätt kan man frigöra elektricitet och annan högkvalitativ energi, som kan användas till belysning och andra avancerade processer. Man kan uttrycka *energikvalitén* i begreppet *exergi* som beskriver hur stor del av energimängden som vi kan få nytta av. (Beckman et al. 2005). När man pratar om att vi använder energi är det egentligen *exergin* som vi förbrukar eftersom vi aldrig kan förbruka energi.

Enligt Areskoug (2006) så innebär energihushållning att "man inte i onödan använder större kvantitet energi och inte heller högre kvalitet på energin än vad som behövs" (s. 251). Från miljöstrategisk synpunkt gäller det att energiomvandlingar äger rum steg för steg och att all energi tas till vara. Uthålliga energisystem kan, enligt Persson (2003) skapas när alla tänkbara energikällor tas tillvara och omvandlingsprocesserna utvecklas på bred front och energin används mer effektivt. Utvecklingen av förnybara resurser ska prioriteras, likaså att med exempelvis värmepumpar utnyttja jordens och vattnets värme.

### Exempel från tidigare forskning om hur elever förklarar energifrågor i samhället

Solomon (1992) beskriver en studie av elevers förklaringar av energikrisen. Många elever ställer sig då frågan hur en energikris kan existera när energin är oförstörbar.

"The world still has the same amount of energy that it used to, but now it is in different forms to what it used to be. We don't have much chemical energy but more kinetic energy, and we must change it back to the forms we need to overcome the crisis." (s. 146)

Enligt Andersson (2001) kan elever som resonerar så vara mottagliga för begreppet energikvalitet. Andersson diskuterar också elevers förståelse av människans energianvändning. Han redovisar forskning som visar att elever har svårt att följa energins flöde, att de snarare "tenderar att beskriva händelser och objekt". Forskningen visar också att elever har en viss kunskap om skadliga effekter av olika handlingar, främst de som uppmärksammats i media men

"kunskapen tenderar att vara ytlig och begränsa sig till allmänna aspekter (ekonomiska följder, förorening av atmosfären, sänkt levnadsstandard) eller till kortsiktiga följder. När det gäller att använda naturvetenskapliga och tekniska begrepp uppvisade de studerande 'en hög grad av förvirring och osäkerhet'. (s.65)

Enligt Andersson redogör elever för många goda skäl att "spara" energi men få poängterar aspekten av energisparande; "solidaritet med andra, särskilt U-länder".

Även Gomez-Granell och Cervera-March (1993) hävdar att elevers kännedom är dålig och kunskaper ytliga om miljökonsekvenserna av energianvändning och sitt eget vardagliga beteende.

Solomon (1992) anser att elevernas "vardagsföreställningar" inte kan suddas ut eftersom de hela tiden används och bekräftas i samhället. Hon hävdar att eleverna använder både vetenskapliga förklaringar och vardagsförklaringar när de resonerar om energi. Solomon noterar att det är svårare för elever att lösa en uppgift som kräver att de måste gå mellan vardagsföreställningar och vetenskapliga förklaringar än en uppgift som enbart utspelar sig på ett vetenskapligt plan.

Areskoug (2006) diskuterar tre perspektiv utifrån vilka man kan resonera kring energibegreppet, *Vardagsperspektivet*, *Naturvetenskapligt perspektiv* och *Samhällsperspektivet*. Enligt Areskoug kan pendlandet mellan dessa perspektiv medföra att gymnasieelever fördjupar förståelsen för vart och ett av dem. Även Andersson (2001) talar om aspekter av energibegreppet i vardagstänkandet, för liv och samhälle samt fortsatt naturvetenskaplig verksamhet och betonar vikten av att starta i vardagskunskapen.

### **Lokalt – globalt och överföring till annan kontext**

Vikten av att starta i vardagskunskapen betonas för att möjliggöra att fysikkunskaper kan överföras från skolans fysikkontext till en annan kontext, exempelvis miljökontexten. Ingelstam (2004) tydliggör tre dimensioner av kunskap i "miljökulturen", som kunskapskultur betraktad. *Vardagskunskap, specifik kunskap* (naturvetenskaplig kunskap) och *kunskapen om de globala miljöproblemen*. Inom miljökulturen betonas vikten av vardagskunskapen, till stor del inriktad på att verkligt eller påstått miljövänligt beteende har utvecklats. Sjöberg (2000) anser att "värnandet om natur och miljö ingår i att delta i en demokrati och goda kunskaper i naturvetenskapliga ämnen gör det möjligt för eleverna att få ett sådant engagemang." (s 178) Fysikämnet ska, enligt gymnasiets kursplaner (Fysik A och B), även ge argument för ställningstaganden i värdefrågor. Studierna i fysik kan ta sin utgångspunkt i vardagen. "Särskild uppmärksamhet riktas mot begrepp som kommer till användning i vardagsliv och teknik samt vid diskussion av miljö- och resursfrågor." En sådan formulering ger utrymme för en kontextbaserad undervisning vilket kan innebära att man inom skolans fysikkontext, med tidigare fokus på traditionell begreppsundervisning, istället utgår ifrån exempelvis vardagliga situationer och problemställningar ur miljökontexten med syfte att eleverna utvecklar naturvetenskapliga kunskaper och begrepp med relationer till teknik och samhälle, utan att man först och främst fokuserar på begreppen. Exempelvis inom STS- rörelsen (Science – Technology – Society approach inom naturvetenskaplig undervisning) har framkommit att elever dels lär sig naturvetenskap med ökad motivation och med en mer positiv attityd, dels att de också lär sig innebörden i de naturvetenskapliga begreppen. (Bennett, Hogarth & Lubben, 2003). När kursplaner involverar hållbar utveckling så förändras även undervisningen till att innehålla mer av undersökande kontexter genom vilka eleverna mer uppskattar både ämnesinnehållet och de situationer som innehållet kan relateras till. (Barab & Luehmann (2003).

### **Fysikämnets olika syften – kan medföra ett dilemma**

I kursplaner för fysikämnet betonas vikten av att fysikkunskaperna ska kunna överföras till en annan kontext samtidigt som det inom fysikämnet finns ett annat syfte, att bli delaktig i fysikkulturen. Redan i grundskolan ska fysikämnet enligt kursplanen syfta till förståelse av människans relation till naturen, särskilt sådant som handlar om energiförsörjning. Fysiken ska enligt kursplanen förklara naturens mångfald av fenomen med ett begränsat antal begrepp och teorier. Till dessa begrepp hör energi. När man, enligt Schoultz m.fl. (2003), ska lära sig fysik i skolan handlar det om att bli delaktig i en naturvetenskaplig kunskapskultur och ett sätt att tänka och agera, till stor del handlar det om att lära sig behärska det naturvetenskapliga språket, att tillägna sig de naturvetenskapliga begreppen, att känna till deras kommunikativa möjligheter och att kunna använda dem i ändamålsenliga sammanhang. Schoultz m.fl. uttrycker det som att "behärska det naturvetenskapliga området till både innehåll och form".

Enligt Ingelstam (2004) innebär en miljövänlig vardagskunskap att människan tar till sig en livsstil, bland annat en etisk värdering, som leder till ökad medvetenhet – ökad insikt men som inte nödvändigtvis behöver vara naturvetenskapligt "riktig". Inom skolans fysikämne kan detta skapa ett dilemma eftersom undervisningen, enligt Andersson m.fl. (2003) ska försöka sträva efter att göra eleverna uppmärksamma på att det finns vardagliga och naturvetenskapliga förklaringar av olika fenomen men att på lektionen i fysik "är det naturvetenskapen som gäller" (s. 4). Visserligen är målet med naturvetenskaplig undervisning att vägleda elever till vetenskapliga kunskaper men när det gäller frågeställningar om miljö och hållbar utveckling så finns inte alltid de bevisade

vetenskapliga förklaringarna idag, till exempel huruvida mobilstrålning är skadligt för människan eller inte. Andersson m.fl. (2003) menar samtidigt att "undervisningen skall naturligtvis klargöra vetenskapens nuvarande ståndpunkter och förhålla sig kritisk till ogiltiga argument. Men vetenskapligt icke acceptabla uppfattningar kan vara en del av en värdegrund som har stor betydelse för individen" (s.13)

### FORSKNINGSFRÅGA

Studien ska ses mot denna bakgrund, vikten av att elever dels ska erhålla insikt om begreppet hållbar utveckling men även att eleverna ska lotsas in i en fysikkultur där de förvärvar kunskaper om vetenskapliga begrepp och om naturvetenskapen som tradition samt att dessa två aspekter ska kunna sammanvävas inom fysikämnet.

Eftersom begreppet hållbart energisystem, i denna studie, återfinns inom både skolfysikkontexten och miljökontexten (som innehåller den globala aspekten) så har analyserna i denna studie som intresse att dels söka elevers förklaringar av begreppet hållbart energisystem men även se vilka relationer mellan fysikaliska förklaringar, miljörelaterade förklaringar samt förklaringar inkluderande globala problem inom området som kan återfinnas i elevernas diskussion. Syftet med studien är således att urskilja hur begreppet hållbart energisystem uppfattas hos elever som läser fysik, att få indikationer på vad fysikundervisningen möjliggjort när det gäller att förklara hållbart energisystem ur olika perspektiv, *både fysikaliskt och miljörelaterat*.

Forskningsfrågan lyder:

Vilka fysikaliska och miljömässiga förklaringar återfinns i elevers diskussioner om begreppet hållbart energisystem inom fysikämnet?

Kan man se hur förklaringarna av begreppet *hållbart energisystem* utvecklas (fördjupning av forskningsfrågan) under en diskussion mellan elever? Utvecklas de fysikaliska förklaringarna? Ut-kristalliseras begrepp som betydande för att förklara hållbart energisystem?

Hur kopplar elever ihop fysikkunskaper och miljökunskaper (breddning av forskningsfrågan)? Sker en överföring av kunskaper från fysikkontexten till miljökontexten?

### METOD

Undersökningen som beskrivs i denna artikel är det inledande steget i en planerad serie av undersökningar kring samma tema. Den har genomförts som en pilotstudie under skolåret 2005/2006. I projektet deltog två gymnasieklasser, årskurs tre på naturvetenskapligt program, samtliga elever med åldern 18 år, totalt 21 elever.

Studien består av en kvantitativ studie, en enkätundersökning under en 60 minuters fysiklektion, bland annat med syfte att finna elevers olika förklaringar av begreppet *Hållbart energisystem*. Eleverna fick svara på åtta öppna frågor rörande energi och värme, däribland frågan; Vad anser du att ett hållbart energisystem är?

Studien består även av en kvalitativ studie som involverade två elever, en flicka och en pojke, som genomförde ett grupparbete i ett fysiklaboratorium. De två eleverna filmades under hela diskussionen, dessutom samlades alla anteckningar, beräkningar och utskrifter in. Temat för gruppuppgifterna var *Hållbara energisystem*.

Instruktionen till de två eleverna i den kvalitativa studien lyder:

- Se er omkring i laboratoriet!
- Använd det ni ser (dator med Internet-uppkoppling, litteratur, all utrustning i laboratoriet) för att lösa uppgifterna.



Hållbara energisystem i samband med energi, värme och vad som är fysik i sådant.

- Vad tänker ni på när ni läser denna mening?
- Formulera fem frågor om detta!

Uppgiften är konstruerad med intentionen att eleverna startar i fysikkontexten med sina diskussioner och förklaringar men sedan tvingas övergå till en annan kontext, miljökontexten eftersom begreppet *hållbart* behandlas. Den del av gruppdiskussionen, vars innehåll använts för analys i denna undersökning, pågick under cirka 60 minuter. Eleverna diskuterade, läste i tillgängliga böcker, tolkade varandras synpunkter och formulerade sina frågor i konsensus.

Samma kategorier har använts för enkätsvaren rörande frågan om hållbara energisystem och för analysen av gruppdiskussionen. Fyra huvudkategorier har framtagits med en normativ, ”nomotetic” ansats (Driver et al. 1996), Kategorierna har strukturerats, utifrån definitionen av hållbart energisystem som omfattar *både fysik- och miljöaspekter* och studiens syfte (vikten av att relatera fysikkunskaper till en annan kontext), och beskriver dels förklaringar av fysik- eller miljökaraktär (global), dels förklaringarna som omfattar relationer mellan fysik- och miljöområdet. Inom både fysikkategorin och miljökategorierna finns förklaringar med vardagligt-, naturvetenskapligt- och samhällsperspektiv. (Ingelstam (2004) & Areskoug (2006))

1. Kategorier för begrepp inom fysiken innebärande hur elever förklarar med fysikbegrepp. Dessa kategorier har kallats *Fysikaliska* och kan ses ur olika perspektiv – vardagligt, naturvetenskapligt och samhällsperspektiv. I denna kategori ingår de olika fysikaliska begrepp som eleverna använder för att förklara både hållbart och energisystem.
2. Kategorier som beskriver hur eleverna förklarar miljöfrågor rörande energi (hur elever argumenterar och resonerar) med vardagligt (värderande) ursprung men även vetenskapligt. Dessa kategorier har kallats *Miljö*.
3. Kategorier som beskriver förklaringar om globala sammanhang. Kallas *Globala*.
4. Kategorier för relationer mellan fysik, miljö och globala innebärande relationer (hur eleverna relaterar, när ”koppling” sker). Dessa har kallats *Relationer*.

Underkategorierna har sedan tagits fram ur både enkätsvaren och diskussionstranskriptet, enligt en metod som Driver et al. (1996) benämner ideografisk. De är därmed inte på förhand bestämda utan har framkommit ur en iterativ process. De har sammanställts i tabell 1. När underkategorierna tagits fram och formulerats har analysen av enkätsvar och diskussionstranskript genomförts av ytterligare en person som ej deltagit i processen med framtagandet av kategorier. Enkätsvaren och sekvenser ur diskussionstranskriptet har således kategoriserats av två personer oberoende av varandra. Överensstämmelsen mellan personerna av kategoriseringen var god.

## RESULTAT

### Enkäten - hållbara energisystem

I enkäten förklarade eleverna begreppet *hållbart energisystem* och deras svar genererade underkategorier där deras svar kan infogas enligt följande;

- Kategori 1A (fysikalisk) – ett system som tillförs lika mycket energi som det tillverkar, ett **konstant system**. (33% av eleverna)
- Kategori 1B (fysikalisk) – ett system där **energin återanvänds** som i en ”evighetsmaskin”. (33 % av eleverna)
- Kategori 2A (miljö) - innebär enbart en miljömässig förklaring. (9 % av eleverna)
- Kategori 4 (relation - fysikalisk + miljö) – en av de ”fysikaliska” förklaringarna men även en ”miljöförklaring”. (19 % av eleverna)

Tabell 1. Övergripande kategorier och underkategorier med tillhörande exempel från enkät och gruppdiskussion.

Övergripande kategorier	Underkategorier	Aterfunnen i enkät. Procent av eleverna inom parentes.	Aterfunnen i gruppdiskussion mellan båda eleverna, exempel på citat. Ibland återfinns kategorin hos en elev, ibland hos båda.
1) Fysikaliska	1A) En kategori som definierar begreppet Hållbart energisystem som ett "konstant" system där energi inte går in eller ut. Energin "hålls" inom systemet.	Ett system som tillförs lika mycket energi som det tillverkar, ett konstant system. (33% av eleverna)	"Och ett hållbart energisystem skulle ju kunna vara ett system där energi verkligen varken kommer in eller ut."
	1B) En kategori som definierar begreppet Hållbart energisystem som ett system där energi "återanvänds", som en "evighetsmaskin".	"Ett system som inte förbränner någon energi utan kan användas i oändlighet, t.ex. en evighetsmaskin"(33%)	"jag vet inte riktigt vad hållbara energisystem är, om jag ska vara ärlig. Inte menar man en evighetsmaskin eller, för det finns inte."
	1C) En kategori som definierar begreppet Hållbart energisystem som ett "effektivt" system. Som mäts i "effektivitetsgrad", som "producerar mycket" energi.		"Hur pass hållbara tror du energisystem är? Eller hur pass effektiva tror du energisystem är? Det blir effektivitetsgrad"
	1D) En kategori som beskriver energisystem = energikälla. Hur Sveriges energi produceras, olika energikällor. Uppdelat på – förnyelsebar källa och – lagrad källa.		"vad finns det för energisystem? Vattenkraftverk, jag är osäker på hur de ser ut"
	1E) En kategori som berör energiomvandling till spillvärme och effektivitet kopplad till spillvärme. Att stor del av energi omvandlas till värme, att det innebär en effektivitet t.ex. en motor som blir varm.		"Ja, många tror ju att motorer är ganska effektiva men dom är ju jätteoeffektiva de både bullrar och skakar och blir varma och grejer"
2) Miljö	2A) En kategori som definierar begreppet Hållbart energisystem sett ur miljömässig synvinkel. Dock inte mer förklarar.	Ger enbart en miljömässig förklaring (9%) .	"Ett hållbart energisystem kan vara hållbart ur miljömässig synpunkt".
	2B) En kategori för värderingar, åsikter, argument. Attityder till energifrågan. Ex. "sopa problemen under mattan", rädsla för växthuseffekten.		"till hur stor tycker du att energin ska få stryka på foten för miljöns förmån. Alltså hur mycket, till vilken grad alltså hur hårda reglerna för miljön kan vara på energiförsörjning. Vi kan ju inte stänga ner allt som är lite miljöfarligt för då får vi ju ingen energi, det måste ju vara en kompromiss."
	2C) En kategori för miljöeffekter. Miljökonsekvenser av energianvändning, ex.vis. klimatförändringar, växthuseffekten.		"för det blir ju förändringar om typ vattennivån höjs eller så där eller temperaturökningar, det kan ju bli annorlunda vattenlandskap i Sverige"
	2D) En kategori för energianvändning. Hur mycket energi människor använder.		"hur mycket energi som direkt kan kopplas till dig tror du att du gör av med under ett dygn? Det är ofantligt mycket om man inte tror att det är så mycket."
3) Globala	En kategori för synen att t.ex. allt är ett energisystem, hela jorden. Hur viktigt det är att inse sammanhang.		"Storleken på ett energisystem kan ju vara väldigt varierande, du kan ju se hela världen som ett energisystem"
4) Relationer	Kopplingar mellan ovan beskrivna kategorier. T.ex. mellan (1D och 2A) hur kärnkraften som det mest effektiva systemet står sig mot miljöalternativ.	En av de fysikaliska förklaringarna men även en mer miljömässig. (19%)	Se citat under rubrik Eleverna kopplar samman fysik- och miljöförklaringar.



De flesta eleverna (66 %) förklarar begreppet *hållbart energisystem* antingen med ett konstant system eller som en evighetsmaskin, en maskin där energin inte förbrukas. De väljer då enbart en fysikalisk förklaring (huvudkategori 1), en mycket förenklad sådan. Av eleverna förklarar dock 19 % dessutom att systemet ska vara ”bra för miljön” (en fysikalisk förklaring och en miljöförklaring), vilket visar att de kan hitta en förklaring med mer än en fysikalisk dimension (en relation, huvudkategori 4).

### Gruppdiskussionen – hållbara energisystem

Kategoriseringen av de två elevernas samtal har presenterats i ett flödesschema, figur 2. Sekvensen anger ordningstalet på det uttalande som görs. Ett uttalande är detsamma som en mening, ett ord eller flera meningar som en elev uttrycker sammanhängande vid ett tillfälle. Uttalandena har kategoriserats (kat. 1, 2, 3 och 4 samt underkategorier). Kategoribeteckning har markerats i flödesschemat för de uttalanden i vilka de återfunnits. Lodräta streck, anger relationer mellan kategorier, då eleverna gjort tydliga kopplingar mellan uttalanden i sitt samtal. Kategori 4, relationer, kan alltså markeras dels i ett enskilt uttalande dels mellan olika uttalanden då eleven tydligt kopplar olika uttalanden.

#### *Fysikaliska förklaringar utvecklas och miljöförklaringar löper parallellt*

Flödesschemat beskriver en utveckling av elevernas förklaring, en lärprocess, av begreppet hållbart energisystem. Hur de, under diskussionen, startar i en fysikalisk förklaring likt den som framkommit i enkäten – ett konstant system (kategori 1A). Men hur de sedan överger den förklaringen

Sekvens \ Kategori	0 2	0 3	0 5	0 8	0 0	0 1	0 2	0 2	0 2	0 2	0 3	0 4	0 5	0 5	0 6	0 7	0 7	0 8	1 0	1 1	1 1		
1A				x	x	x			x		x	x	x					x					
1B	x																						
1C														x	x			x					
1D																					x	x	
1E									x	x													
2A		x	x								x												
2B																							
2C																							
2D																							
3																			x	x			
4																							

Sekvens \ Kategori	1 0	1 0	1 1	1 1	1 2	1 2	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 4	1 4	1 4	1 4	1 5	1 5	1 6	1 6	1 6	1 7	1 8	1 8	1 8	
1A																									
1B																									
1C																									
1D																									
1E																									
2A																									
2B																									
2C																									
2D																									
3																									
4																									

Figur 2. Flödesschema över kategorier och relationer mellan olika kategorier.

till förmån för den fysikaliska förklaringen *ett effektivt system* (kategori 1C), med innebörden *ger mycket energi*. Den miljömässiga förklaringen (kategori 2A) återfinns parallellt och kommer upp med jämna mellanrum utan att den blir till en kompletterande förklaring.

Eleverna uppehåller sig lång tid i sin definition av hållbar som *effektiv* och *producerar mycket energi totalt sett*. Effektivitetsbegreppet tycks vara väsentligt i ett resonemang om hållbart energisystem. De diskuterar även definitionen av ett energisystem (kategori 1D) varpå de fastnar i definitionen energisystem som *energikälla* detsamma som *producent av energi*.

### **Eleverna kopplar samman fysik- och miljöförklaringar**

Flödesschemat redovisar även kopplingar (kategori 4) som eleverna gör mellan förklaringskategorierna 1,2 och 3 inkl. underkategorier. I exemplen nedan redovisas exempel på elevernas olika strategier för kopplingar mellan miljö och fysik.

I det första exemplet kopplas miljöaspekten och hållbart (med en fysikalisk betydelse). Exempel på elevernas förklaring av hållbart (fysikalisk) samtidigt som de är medvetna om vikten av miljöaspekten utan att närmare ge den innebörd.

- Hans Man kan jämföra den egentliga hållbarheten i kärnkraft mot alternativen.  
Greta Hur stor...  
Hans För att det är ju ändå det mest effektiva som vi har.  
Greta Hur står sig...*Greta formulerar nästa fråga: Hur står sig alternativen till kärnkraft ur miljö- och energisynpunkt?*  
Hans Det känns som att ett kärnkraftverk producerar mycket, mycket mer energi än vad många vindkraftverk gör för det är ändå.

Hans berör kärnkraften men också hållbarheten och "alternativen". I andra och tredje uttalandet tydliggörs att hållbar betyder effektivt med meningen att en energikälla kan producera mycket energi (kategori 1c). Eleverna visar en tveksamhet till "alternativens" hållbarhet, d.v.s. förmåga att producera mycket energi. Greta lägger in fysikaliska och miljömässiga synpunkter i sin fråga (kategori 4). Hon skiljer på miljö och energi, ser "energisynpunkt" som "*energiproduktionsynpunkt*". Här sker ingen direkt förklaring av "miljö".

I ett andra exempel sker kopplingar hos Greta, i ett uttalande, mellan fysik- och miljö kategorier:

- Greta Jaa, det finns ju nån också, nån ångmaskin som fysikläraren visade oss, formulera fem frågor om detta...eh, kan man inte fråga typ hur man om man verkligen alltså, vi håller ju på och demonterar kärnkraftverken och så och ett uppenbart hot blir ju att vi måste köpa in utifrån och det är ju liksom som att sopa problemen under mattan. Hur den energin har framställts är ju egentligen ganska lättvindligt, det kan ju lika gärna vara liksom kärnkraftverk nån annan stans, det spelar ju ingen roll. Hur ställer du dig till kärnkraftverk...det är väl en ganska basic fråga om man nu pratar om energisystem

Här lyfter Greta ett antal attityder (kategori 2B) rörande kärnkraft; ett ifrågasättande av avveckling på grund av att vi då blir tvungna att importera elektrisk energi, en kritik mot att man då inte har kontroll över produktionen, att andra länder producerar el mer lättvindigt. Greta kan tolkas som om hon ifrågasätter avvecklingen av energikällan (kategori 1D) kärnkraft eftersom hon anser att landet behöver en hållbar produktion, en effektiv (kategori 1C) i en betydelse stor produktion och att vid avveckling dyker miljöproblem upp någon annanstans (kategori 3, globalt sammanhang).

Ett tredje exempel på en koppling mellan fysik (1D, vattenkraft som energikälla) och miljö (2C, växthuseffektens miljöeffekter):

- Greta Vatten ja. Hur kan man fråga... Hur kommer. hur skulle vatten vid en klimatförändring - typ växthuseffekten, alltså värmeökning.
- Hans Mm
- Greta Hur skulle det påverka t.ex. vindkraftverk och vattenkraftverk? För det blir ju förändringar om typ vattennivån höjs eller så där eller temperaturökningar. Det kan ju bli annorlunda vattenlandskap i Sverige. Jag tror att det kan bli det.

Här kopplar eleverna ihop vattenytans höjning orsakat av polarisarnas smältning med förändrade förutsättningar för vatten- och vindkraft.

I ett fjärde exempel noteras en koppling mellan fysik (1D, energikällor) och miljö (2B, attityder) men även en indikation på vad eleverna anser att fysikämnet *inte* ska omfatta.

- Hans Skulle människor sluta med bensin då, vad skulle krävas för att vi skulle bli rädda?
- Greta Ska vi skriva; är människoslaktet kapabelt att typ ge upp kärnkraftverk och sånt där om situationen ställs till sin spets..
- Hans Eller vilken, hur hög temperaturhöjning skulle behövas för att vi skulle sluta använda bensin i våra bilar, vad skulle skrämma oss, liksom det handlar inte så mycket om fysik...

Eleverna berör i svepande ordalag klimatfrågan och miljöproblem med kärnkraften och fokuserar på sina funderingar över människors förmåga att ändra beteende. De kopplar fysikkunskaper och miljöresonemang men poängterar att detta inte ryms inom fysikämnet.

De fem frågorna som eleverna formulerar lyder:

1. Hur ställer du dig till kärnkraft som ett sätt att producera Sveriges energi?
2. Hur står sig alternativen till kärnkraft ur miljö och energi synpunkt?
3. Till vilket grad skulle eventuella klimatförändringar påverka t.ex. vatten – och vindkraftverk?
4. Kan den närmaste framtiden komma att erbjuda människor nya, mer effektiva energisystem?
5. Hur mycket energi som direkt kan kopplas till dig, tror du förbrukas under ett dygn?

Fråga 1 beskriver en fysikalisk aspekt, eleverna fastnar för ett system definierat som en energikälla. I fråga 2 görs koppling till miljöaspekten. Här berörs att det i samhället finns tveksamheter till kärnkraft och att alternativ diskuteras, underförstått förnybara. Men det kan noteras en outtalad tveksamhet – om att alternativen verkligen ska räcka till. Med dessa frågor aktualiserar eleverna en energifråga i samhället som omfattar både fysik- och miljökontexten. I fråga 3 lyfter eleverna ett miljöproblem, klimatförändringar orsakade av växthuseffekten. De kopplar miljöeffekten till energiproduktion, till möjligheter och hinder för nyttjande av förnybara källor. I fråga 4 fokuserar eleverna på vikten av nya, effektiva system. Effektivitetsbegreppet är väsentligt och kopplas till att det behövs ny teknik. I fråga 5 lyfter eleverna beteendet, den egna personens värderingar och insikter. Här kan tolkas att eleverna vill visa behovet av att individen har ett ansvar.

## DISKUSSION

Begreppet *hållbart energisystem* förklaras av många elever i enkätstudien som antingen ett system som tillförs lika mycket energi som det tillverkar, benämnt ett ”konstant” system eller ett system där energin återanvänds, som i en evighetsmaskin. En möjlig förklaring av att eleverna fastnar i en enbart fysikalisk ståndpunkt kan vara att de befinner sig i ett fysikklassrum och associerar till en vardaglig betydelse av ordet hållbart som de relaterar till ett fysikaliskt fenomen. Endast ca 30 % av eleverna framför en miljömässig aspekt på ”hållbart”, ca 20 % använder både fysikaliska

och miljömässiga synpunkter. 30 % av eleverna lyfter dock miljöaspekter trots att de befinner sig i fysikklassrummet vilket skulle indikera möjligheten av undervisning åt båda håll.

Eleverna i den kvalitativa studien, gruppdiskussionen, startar också i en förklaring av hållbart energisystem som ett konstant system men lyckas så småningom i sitt samtal beröra de, enligt definitionen, ingående delarna i begreppet hållbart energisystem. De diskuterar om vikten att använda mindre mängd elektricitet, de kommer in på ny teknik bl.a. när det gäller drivmedel i bilar och de diskuterar olika energikällor och skiljer på fossila och förnyelsebara (vind, vatten etc.). I de slutliga frågorna som eleverna formulerar kan tolkas en definition av hållbart energisystem som omfattar vikten av att använda mindre mängd energi, nödvändigheten av alternativa energikällor och insikt om miljökonsekvenser av energianvändning. Samtliga tre punkter i definitionen av hållbart energisystem kan sägas vara berörda. I frågorna återfinns således både fysik- och miljöaspekter samt kopplingar mellan dessa. Man kan tolka eleverna som att de anser att flera parametrar ska samverka för att ett energisystem ska kallas hållbart.

Denna insikt är inget som de har med sig in i diskussionen utan den utvecklas under samtalet men blir inte riktigt utredd och klarlagd. Att bilden växer fram beror på att de diskuterar utifrån förförståelse och egna erfarenheter samt den litteratur som de tillåts använda. De inser att det miljömässiga perspektivet måste vara med i en definition. Deras samtal begränsas av uppgiften som sådan eftersom de uppmanas att hämta sina kunskaper inom fysikkontexten. Eftersom uppgiften berör begreppet hållbart energisystem så utmanas de till att tänka i en annan kontext, miljökontexten, vilket de också gör. Detta tycks dock vara behäftat med vissa svårigheter. De känner mycket stor osäkerhet i vad som verkligen är fysik. Men notabelt är effektivitetsbegreppet som blir betydelsefullt och som kan ge dem ingångar även inom miljöresonemang.

När det gäller förklaringar om vad ett hållbart energisystem är så kan man se en *process* under de två elevernas diskussion som innebär att de i sina förklaringar går ifrån "konstant system" till ett "effektivt system" med betydelsen att det totalt sett ger mycket elektricitet. Eleverna tycks inse vikten av en effektivare energianvändning – de formulerar en fråga om framtida effektivare system. Men de penetrerar inte effektivitetsbegreppet så de kan förklara på vilket sätt det är miljövänligt, effektiviteten ligger större delen av tiden i att producera mycket totalt sett, inte i relation till verkningsgrad.

Miljöaspekten finns med som en parallell förklaring men eleverna kopplar inte direkt ihop "effektiv" och "miljövänlig" – att båda aspekterna måste vara med för att systemet ska vara hållbart.

Energieffektivisering och energikvalitet är centrala begrepp för innebörden av hållbart energisystem. I elevernas diskussion utkristalliseras visserligen begreppet effektivt som en förklaring av ordet hållbart men begreppet överförs inte till miljökontexten. Elevernas förklaring av effektiv är överhuvudtaget lite svävande och förändras under diskussionen, de förklarar både med att ett effektivt system "ger mycket" totalt sett och att ett effektivt system inte bullrar, ger värme etc. I detta kan dock tolkas ett försök till förklaring av begreppet energikvalitet.

Elevernas samtal utvecklas på ett sådant sätt att miljöfrågor och fysikaliska förklaringar löper parallellt, eleverna "hoppas" mellan miljökontexten och fysikkontexten. De "hoppas" mellan vardagskunskaper inom miljö eller energi i ett samhällsnyttoperspektiv och kunskaper från fysiklektioner på ett sätt som Areskoug (2006) och Andersson (2001) betonar vikten av när det gäller att öka förståelsen för de olika perspektiven. Deras hoppande kan vara en indikation på att det inte riktigt upplevs tillåtet att prata miljö inom fysiken. Eleverna tycks inte tillåta sig koppla ihop perspektiven, tydligt överföra begreppen från fysikkontexten till miljökontexten, vilket fallet borde vara för förståelsen av begreppet hållbart energisystem.

Eleverna i gruppdiskussionen använder inte sina fysikaliska förklaringar till att resonera om de tre punkterna i definitionen av hållbara energisystem. De använder förvånansvärt få fysikaliska

begrepp och man kan notera en osäkerhet när det gäller hur fenomen fungerar och vad olika begrepp verkligen betyder, en slutsats som även Andersson (2001) beskriver. Eleverna upprätthåller sig mycket inom "fysiken" men använder inte det "naturvetenskapliga språket", de behärskar inte det naturvetenskapliga området enligt Schoultz m.fl. (2003). Eleverna tar dock sin utgångspunkt i fysiken när det gäller att förklara hållbart energisystem, precis som de flesta elever i enkätundersökningen. Det är inte anmärkningsvärt eftersom samtliga elever för tillfället befann sig inom fysikkontexten. Det är dock intressant att notera hur svårt det verkar vara för eleverna att reflektera över miljöfrågor inom fysikkontexten. Det är en svårighet som även återfinns hos Solomon (1992). Det som bl.a. "saknas" i deras resonemang är diskussioner om olika energiformers energikvalitet, som begrepp men även som fenomen i en diskussion om hållbar energi.

De två eleverna diskuterar olika energikällor och skiljer på olika typer vilka skulle kunna tolkas som förnybara - icke förnybara utan tydlig innebörd. Men de relaterar inte den kunskapen till deras egen förklaring av *hållbara energisystem* så att betydelsen vidgas till att omfatta även vikten av förnybara energikällor. De tydliggör inte insikt om att kärnkraften är en icke förnybar energikälla men de har kunskap om att kärnkraften inte är riktigt bra eftersom den avvecklas. De kopplar inte olika energikällor till resonemanget om hållbara energisystem med undantag av att kärnkraft ändå är mest hållbart eftersom det är mest "effektivt". De använder sig då av ett effektivitetsbegrepp som inte innebär hög verkningsgrad utan produktion av stora mängder energi.

De två eleverna i studien har snart avslutat kursen Fysik B och är på väg att avsluta sina gymnasiestudier. En tolkning av resultatet är att de inte med självklarhet kan relatera sina fysikkunskaper till energifrågor i samhället och begreppet hållbara energisystem, ett mål som tydliggörs i kursplaner. Ett undantag är dock kärnkraft i vilken de tycks se en naturlig koppling till fysik. Men när det gäller kärnkraften tycks eleverna lärt sig principen för kärnklyvning, hur själva processen i reaktor fungerar. De tycks inte se kärnkraftverket som ett värmekraftverk med t.ex. de enorma "energiförluster", i form av spillvärme, som där sker. De tycks inte heller reflektera över att uran inte är en oändlig resurs. Alltså de aspekter som kopplar fysikkunskaper till diskussioner om hållbara energisystem. Andersson (2001) pekar också på svårigheter hos elever att följa energins flöde genom samhället/jorden, hur de istället fastnar i specifika objekt och händelser. En annan slutsats som återfunnits i denna studie, och även i forskningsresultat som Andersson (2001), beskriver är frånvaron av "globala" kopplingar, (Kategori 3), i elevernas diskussion. Diskussionen om hur energianvändningen fördelas över jorden tycks inte ingå i fysikämnets kontext för eleverna i denna studie. Sociala och ekonomiska aspekter, som perspektiv inom hållbar utveckling, är inget som eleverna lyfter in i sina samtal trots att det inom energiområdet ligger nära till hands. Sociala dimensioner kan belysas bland annat genom energiproduktion och energianvändning på global nivå samt fördelningen av den tillgängliga energin och säkerhetsaspekter rörande energi. När det gäller den ekonomiska aspekten så berör eleverna den enbart vid något enstaka tillfälle, till exempel när Greta talar om kärnkraften och hur vi i Sverige blir tvungna att köpa kärnkraftsel utifrån om vi avvecklar den inhemska. Även gällande den ekonomiska dimensionen så finns många beröringspunkter inom energiområdet. Till exempel hur energipriset påverkas, hur elmarknaden fungerar, politikernas möjligheter att styra marknaden genom skatter. Detta är frågor som eleverna med all säkerhet har erfarenhet av och funderingar kring men de tycks inte ge dem utrymme inom fysikkontexten.

Det är en välkänd insikt inom forskningsområdet naturvetenskapernas och teknikens didaktik att elever har svårigheter med att överföra sina ämneskunskaper till andra sammanhang, att kunna diskutera verkliga problem med naturvetenskapliga argument. Mycket av det som framkommit i studien har också framlagts även i tidigare forskning. Areskoug (2006) och Andersson (2001) beskriver bl.a. hur elever förklarar energi vardagligt och vetenskapligt samt att de ha svårt att koppla samman perspektiven. Solomon (1992) poängterar att elevernas "vardagsföreställningar" inte kan suddas ut eftersom de hela tiden används och bekräftas i samhället. Elevernas har svårt att koppla ihop miljökonsekvenser och eget beteende (Gomez-Granell & Cervera – March 1993)

## IMPLIKATIONER OCH FÖRSLAG PÅ FORTSATT FORSKNING

Undersökningen som presenteras i denna artikel är en förstudie med ett mycket begränsat data-material. Tanken har varit att finna implikationer hur att gå vidare med fördjupade studier med samma intentioner.

I denna studie, samt i planerade fortsatta studier, finns nämligen föresatsen att söka förklaringar till varför det är svårt att använda sina fysikkunskaper i andra sammanhang. En framtida forskningsfråga kan vara; Vari ligger själva svårigheten? Brister i förståelsen av fysikbegreppen, eller brister i förståelse av problemen i den "verkliga" kontexten eller en brist i att lära sig fysik med syfte att överföra kunskapen...?

En slutsats i denna aktuella studie är att eleverna fastnar i fysikaliska förklaringar av begreppet Hållbara energisystem, grundat på deras kännedom om energisystem inom fysikkontexten och deras förklaring av ordet hållbart, att något håller bra. En implikation kan vara att undersöka hur elever utvecklar begreppet "hållbart energisystem" i en ämnesövergripande fysikkurs eller ett "teaching experiment".

Eleverna känner till en förklaring av hållbar, som har med miljö att göra, men de ser inte hur de ska kunna koppla ihop denna med de fysikaliska. De tycks inte heller vara helt säkra på vad den miljömässiga förklaringen innebär, de har inte tillräcklig insikt i det sammanhanget. Det kan även tolkas som att eleverna känner att det är "fel" att blanda miljö och fysik. En möjlig konsekvens av fysikämnets dilemma, som Andersson m.fl. (2003) talar om, när eleverna befinner sig inom fysikkontexten. Fysikundervisningen tycks inte ha erbjudit kunskaper som lett till ett helhetstänkande vilket uppmannas i kursplanen. Hur kan detta utvecklas inom fysikundervisningen? Hur kan det bli mer "tillåtet" att inkludera miljöaspekter och andra kontexter? En implikation kan även vara att göra en attitydundersökning om hur elever känner sig när miljöaspekter tas in i fysikundervisningen.

Att ha kännedom om begreppet energikvalitet och att kvalitén minskar för varje energiomvandling, enligt termodynamikens andra lag, är centralt för att förstå energieffektivisering, för att förstå hur energianvändning och energitillgångar kan anpassas till varandra för långsiktigt hållbar utveckling. Som vardagsexempel kan nämnas frågan om huruvida ett hus ska värmas med direktverkande el eller inte, en diskussion om kvantitet eller kvalitet, energiverkningsgrad eller exergiverkningsgrad. Kvantitativt är direktverkande el effektivt men kvalitativt är direktverkande el dålig exergihushållning. Naturskyddsforeningen exemplifierar med följande;

"Att använda el till att värma hus är som att skära smör med motorsåg" har den amerikanske fysikern och författaren Amory Lovins sagt. Vad han menar är att vi använder ett stort antal kWh 100 % -ig energi till att skapa lika många kWh av 3 % -ig energi. Man slösar bort över 95 % av exergin!"

En implikation kan vara att undersöka mer om hur eleverna efter en fysikkurs i energi använder fysikbegreppen och miljöbegreppen för resonemang kring relevanta energiproblem, till exempel att begrunda för- och nackdelar av två olika alternativ att värma upp ett hus. En fortsatt studie bör även undersöka hur specifikt energikvalitetsbegreppet, som framhålls i kursplaner, inom fysikundervisningen presenteras. Hur förklarar elever och hur relaterar de energikvalitet till hållbar energi?

Likaså är det viktigt att känna till innebörden i begreppen förnyelsebar och icke förnyelsebar energi samt ha förståelse för termodynamikens andra lag och dess praktiska tillämpningar t.ex. hur en värmepump fungerar. Hur möjliggörs detta inom ramen för fysikundervisning?



Det som är nytt i denna studie är fokus på begreppet hållbart energisystem som faktiskt kräver att kontexterna förenas. I att *effektivisera och minska energianvändningen* och i att *öka användningen av förnybar energi*. Intressant är att eleverna så tydligt, i sina förklaringar, fokuserar på effektivitetsbegreppet när det gäller att förklara hållbart energisystem. En implikation av detta är möjligen att effektivitetsbegreppet och resonemang om begreppet energikvalitet kan fungera som en överbyggande begrepp mellan naturvetenskapligt perspektiv och mer vardagligt perspektiv. Möjligen kan just energieffektivisering fungera som en logisk ingång till resonemang som sammanbinder miljö och fysik. Intressant är att undersöka vilka ytterligare begrepp och samband inom fysikundervisningen som kan möjliggöra ingångar till ökad insikt om hållbara energisystem. Rimligen torde termodynamikens lagar, energiomvandling och energiflöden genom naturen och samhället vara exempel på andra ingångar inom fysiken.

Överhuvudtaget är det intressant att fortsätta undersöka hur elever relaterar sina fysikkunskaper till begreppet hållbart energisystem eftersom det är ett mål i fysikämnets kursplaner. Men också undersöka hur lärare inom ramen för fysikundervisningen möjliggör detta samt hur undervisningen kan utvecklas.

## REFERENSER

- Andersson, B. (2001). Elevers tänkande och skolans naturvetenskap – forskningsresultat som ger nya idéer. Stockholm: Skolverket.
- Andersson, B. m.fl. (2003). Eleverna och naturvetenskapen – ett möte med många möjligheter. Retrieved October 15, 2003, from Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik och didaktik Web site: <http://na-serv.did.gu.se/nordlab>
- Areskoug, M. (2006). Miljöfysik – Energi för hållbar utveckling. Lund: Studentlitteratur
- Barab, S. A., & Luehmann, A. L. (2003). Building sustainable science curriculum: Acknowledging and accomodating local adaption. *Science Education*, 87(4), 454-467 // g8, CTL, g9.
- Beckman, O., Grimvall, G., Kjällerström, B., Sundström, T. (2005) Energilära – Grundläggande termodynamik. Stockholm: Liber
- Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2003). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science. Version 1.1 In: Research Evidence in Education Library. London: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.
- Bruntland, G. (Ed.) (1987). Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., Scott, P. (1996) Young People's Images of Science. Buckingham: Open University Press
- Duit, R. (2007). Bibliography - STCSE (Students' and Teachers' Conceptions and Science Education). Kiel: IPN. Retrieved 2007 from IPN Web site: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Energimyndigheten, Retrived Mars 22, 2007, from <http://www.energi kunskap.se/web/otherapp/Ekunskap.nsf>
- Gomez-Granell, C., Cervera-March, S. (1993), Development of conceptual knowledge and attitudes about energy and the environment. *International Journal of Science Education*, Special Issue: Environmental education and science education, Vol. 15 No.5, pp.553-65.
- Engelstam, L. (2004). *Kampen om kunskapen*. Stockholm: Lärarförbundet
- Naturvårdsverket. Retrived August, 2006, from <http://www.naturvardsverket.se/index.php3?main=/dokument/teknik/energi/strategi/fornybar/forny.htm>
- Persson, T., Persson, C. Nihlgård, B., Bramryd, T. (2003). Miljöstrategi och Hållbart ledarskap – ekologi och ekonomi i amverkan. Lund: Studentlitteratur.
- Regeringsskrivelse 2003/04:129. En svensk strategi för hållbar utveckling – ekonomisk, social och miljömässig. Regeringskansliet.

- Regeringsskrivelse 2005/06:126. Strategiska utmaningar – En vidareutveckling av svensk strategi för hållbar utveckling.
- Sandell, K. Öhman, J. Östman, L. (2003). *Miljödidaktik. Naturen, skolan och demokratin*. Lund: Studentlitteratur.
- Schoultz, J. Hultman, G. Lindqvist, M. (2003). *I början fick vi använda vår fantasi - Utvärdering av elevers och lärares lärande och utveckling inom NTA-projektet*. Linköping: Linköpings universitet
- Sjøberg, S. (2000). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.
- SKOLFS: 2000:49 kursplan i fysik FY1201 (Fysik A) FY1202 (Fysik B). Skolverket
- SKOLFS: 2006:12. Förordning om särskilda program mål för gymnasieskolans nationella program. Skolverket. Förordningen upphävdes enligt SKOLFS 2007:8
- Skolverket. Redovisning av regeringsuppdrag avseende ämnesbetyg för gymnasieskolan m.m. Dnr U2004/3307/G. Skolverket
- Skolverket. Kursplan i fysik för grundskolan. Retrieved Mars 22, 2007, from <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0607&infotyp=24&skolform=11&id=3880&extraId=2087>
- Skolverket (2002). *Hållbar utveckling i skolan*. Stockholm: Liber.
- Solomon, J., (1992). *Getting to know about Energy in school and society*. London: Taylor & Francis Group
- SOU. (2004:104). *Att lära för hållbar utveckling. Betänkande av kommitén för utbildning för hållbar utveckling*. Stockholm: FRITZES Offentliga Publikationer
- Svenska naturskyddsforeningen. Retrived Mars 22, 2007, from <http://www.snf.se/verksamhet/energi/energifakta-index.htm>
- Utbildningsdepartementet, (1994). *Läroplaner för det obligatoriska skolväsendet och de frivilliga skolformerna, Lpo 94 – Lpf 94*. Stockholm: Regeringskansliet.