

# NA-SPEKTRUM

STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I  
SKOLAN

Nr 12

## GYMNASIEELEVERS KUNSKAPER OM EKOLOGI OCH MÄNNISKOKROPPEN

EN PILOTSTUDIE ANGÅENDE  
DE TEORETISKA LINJERNA  
I LJUSET AV NATIONELLA  
RESULTAT FRÅN ÅRSKURS 9

Ingrid Jansson, Björn Andersson  
och Jonas Emanuelsson

Göteborgs universitet  
Inst för ämnesdidaktik  
Avd för naturvetenskap  
Box 1010, S-43126 MÖLNDAL  
Telefon: 031-7732000

Red: Björn Andersson    ISSN 1102-5492



GYMNASIEELEVENS  
KUNSKAPER OM  
EKOLOGI OCH  
MÄNNISKOKROPPEN

EN PILOTSTUDIE ANGÅENDE  
DE TEORETISKA LINJERNA  
I LJUSET AV NATIONELLA  
RESULTAT FRÅN ÅRSKURS 9

Ingrid Jansson, Björn Andersson  
och Jonas Emanuelsson

NA-SPEKTRUM

NR 12

## SAMMANFATTNING

Denna studie gäller kunskapsutveckling i naturvetenskap på N-, T-, E-, H- och S-linjerna i gymnasieskolan. Den går i första hand ut på att undersöka och analysera hur gymnasieelever besvarar de uppgifter, som användes i den Nationella Utvärderingen av Naturvetenskap i grundskolan vt 1992 (NUNA-projektet). Den centrala frågeställningen är i vilken utsträckning det sker en *kunskapsutveckling på gymnasiet teoretiska linjer* i relation till resultaten i årskurs 9 vad gäller områdena *ekologi med fotosyntes och människokroppen*.

Hur ser progressionen ut vad gäller elevernas naturvetenskapliga kunskaper?

Hur skiljer sig de olika gymnasielinjerna från varandra?

Hur skiljer sig kunskaperna på gymnasiet i åk 3 från åk 9?

På vilket sätt uppfyller gymnasieelever i åk 3 de mål, som ställts upp för åk 9?

Finns skillnad i begreppsförståelse mellan flickor och pojkar i åk 3?

Syftet är också att belysa konsekvenserna för gymnasieskolan av den funna kunskapsutvecklingen. Undersökningen genomfördes som en enkätundersökning i april 1993 med samtliga NUNA-uppgifter (40 st), kompletterade med 5 frågor av gymnasiekaraktär. Sammanlagt 32 klasser i fyra olika gymnasieskolor deltog. I varje skola valdes i princip en klass på varje linje och i varje årskurs ut av skolledningen för att delta i undersökningen. Designen (antal klasser) var följande:

Årskurser/linjer	N	T	H	E	S
åk 1	4	4			
åk 2	4	4			
åk 3	4	4	2	2	4

Resultaten visar att eleverna vid inträdet i gymnasieskolan har många brister i den grundläggande naturvetenskapliga begreppsförståelsen. Dock visar de årskurs 9-elever, som valt N- och T-linjen väsentligt bättre förståelse än de, som valt annan linje. Vid utträdet ur gymnasieskolan har enligt denna undersökning N- och T-eleverna väsentligt förbättrat sin begreppsförståelse men E- och H-eleverna inte alls och S-eleverna i ringa grad. N- och T-eleverna uppnår nästan de mål, som ställts upp för grundskolan, i motsats till årskurs 9-eleverna och gymnasieeleverna på E-, H- och S-linjerna. Denna studie pekar mot att gymnasielärarna i såväl det naturvetenskapliga programmet som i övriga program måste ägna stor uppmärksamhet åt elevernas grundläggande begreppsförståelse och inte ta för givet att detta är avklarat i grundskolan. Många elever har vardagsföreställningar som byggs på med den vetenskapliga vokabulären men ändras föga, om de inte bearbetas i undervisningen. Speciellt måste åtgärder övervägas för att förbättra begreppsinnläringen på områdena gaser och fasövergångar för att bl.a. nå bättre biologisk begreppsförståelse.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid

	SAMMANFATTNING	3
	INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
	FÖRORD	7
KAPITEL	1 BAKGRUND	9
	1.1 Uppläggnig av NUNA i årskurs 9	9
	1.2 Resultat av NUNA i årskurs 9	9
	1.3 Motiv i grundskolan för området ekologi med fotosyntes	10
	1.4 Mål i grundskolan för området ekologi med fotosyntes	14
	1.5 Motiv i grundskolan för området människokroppen	15
	1.6 Vad betyder elevers begrepp om materia för hur de uppfattar människokroppen?	16
	1.7 Mål i grundskolan för området människokroppen	17
	2 SYFTE OCH UPPLÄGGNING AV NUNA PÅ GYMNASIET	19
	2.1 Syftet med denna studie	19
	2.2 Metod	19
	2.3 Bortfall	21
	2.4 Timplaner för gymnasieskolan 1992/1993	21
	3 RESULTAT EKOLOGI MED FOTOSYNTES, MÄNNISKOKROPPEN (förteckning över uppgifter)	23
	3.1 Ekologi med fotosyntes	24
	3.2 Människokroppen	44
	4. ANALYS OCH DISKUSSION AV RESULTATET	55
	4.1 Generella tolkningar av resultatet	55
	4.2 N- och T-linjerna jämfört med åk 9NT	
	1. Ekologi med fotosyntes	56
	2. Människokroppen	61
	4.3 Validitet och reliabilitet	
	1. Urvalet	62
	2. Undersökningens genomgörande	64
	3. Bedömning av elevernas svar	64
	5. ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER, JÄMFÖRELSE MELLAN GRUND-SKOLAN OCH GYMNASIET	65
	5.1 Måluppfyllelse av grundskolans mål	
	1. Ekologi med fotosyntes	65
	2. Människokroppen	68
	5.2 Måluppfyllelse enligt NUNA:s kriterier för årskurs 9	71
	5.3 Flickor och pojkar	73
	5.4 Varför är ökningen i S-elevernas begreppsförståelse så liten?	74
	6. PEDAGOGISKA MÖJLIGHETER	79
	6.1 Vardagskunskaper kontra vetenskapliga kunskaper	79
	6.2 Förståelseinriktad undervisning	80
	6.3 Undervisningsförsök om fotosyntes	81
	6.4 Undervisningsförsök om gaser	83
	7. SLUTORD	85
	7.1 De viktigaste resultaten	85
	7.2 Konsekvenser för gymnasieskolan	85
	8. REFERENSER	86
	9. APPENDIX: Abstract in English	88

## FÖRORD

### Ärade läsare!

Du håller nu i din hand ett nummer av skriftserien NA-SPEKTRUM, som redovisar STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN. Dess hemvist är Avdelningen för naturvetenskap vid Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet. Serien är en fortsättning på ELEVPERSPEKTIV. Motivet för namnändringen är att förståelse för elevens perspektiv är nödvändigt men inte tillräckligt när det gäller hur skolans naturvetenskapliga undervisning skall utformas. Vi försöker nu gå vidare på olika sätt, t ex:

-Vi strävar efter att använda kunnande om hur eleven tänker till att konstruera, pröva och utvärdera nya undervisningssekvenser inom centrala begreppsområden.

-Vi försöker kombinera elev - och samhällsperspektiv till nya mål och nya begreppsstrukturer för olika åldrar.

-Vi strävar efter att samordna de olika naturvetenskapliga ämnena och att skapa länkar mellan naturvetenskap, teknik och samhälle.

De åsikter, värderingar och slutsatser som framförs i ett givet nummer är författarnas, och delas inte nödvändigtvis av kollegorna vid Avdelningen för naturvetenskap eller, i förekommande fall, av uppdragsgivaren.

Mölnadal, augusti 1994

Red

## FÖRFATTARFÖRORD

Elevens begreppsförståelse i naturvetenskap har under ca 20 års tid varit föremål för intensiv forskning för åldrarna upp till 16 år. När jag 1990 började arbeta med gymnasieläroplanen i kemi fann jag, att forskning gällande åldrarna över 16 år var betydligt mer begränsad. På svenska fanns en undersökning av Lybeck, Strömdahl och Tullberg (1985a, 1985b) om gymnasieelevers uppfattningar av storheten substansmängd, på norska fanns Ringnes' undersökningar om syra/basbegreppen och om redoxbegreppet (rapporten kom ut i färdigt skick 1992).

Jag var alltså intresserad av att ta reda på mer om gymnasieelevers begreppsuppfattning och lät tre klasser (N3, T3 och S3) besvara nationella utvärderingens problemhäften. Den manuella bearbetningen visade, att det kunde vara fruktbart att göra en större undersökning men fortfarande av pilotkaraktär. För att något vidga undersökningen adderade jag 5 frågor med mera direkt inriktning mot gymnasiet.

Professor Kjell Härnqvist konsulterades för att ge råd angående valet av klasser så att det blev någorlunda representativt. De preliminära resultaten presenterades för Skolverkets medarbetare. Skolverket har allt som allt beviljat medel för kodning, databearbetning och för färdigställande av tre rapporter. Föreliggande rapport är den andra i den serien.

I detta arbete har jag haft hjälp av många skolledare, lärare och elever på de aktuella skolorna. Jonas Emanuelsson har utfört kodningen av uppgift 3, 6, 7, 9, 13, 14 och 16 samt databearbetningen. Kollegorna på NA-avdelningen har välvilligt tagit del av manus och tillfört värdefulla synpunkter. Sist men inte minst har Björn Andersson, som fungerat som ledare för NUNA-projektet, varit en stimulerande diskussionspartner.

Till alla, som bidragit till att detta arbete blivit möjligt, vill jag framföra ett varmt tack.

Mölnadal 1994-08-31

Ingrid Jansson

## 1. BAKGRUND

Denna studie gäller kunskapsutveckling i naturvetenskap på N, T, E, H och S-linjerna i gymnasieskolan. Den går i första hand ut på att undersöka och analysera hur gymnasieelever besvarar de uppgifter, som användes i den nationella utvärderingen av grundskolan vt 1992 (NUNA-projektet). Den centrala frågeställningen är i vilken utsträckning det sker en kunskapsutveckling på gymnasiet i relation till resultaten för åk 9 och vilken karaktär den i så fall har. Denna rapport är en av tre delrapporter över pilotstudien.

NUNA (Nationell Utvärdering NAturvetenskap) i årskurs 9 har under åren 1990–1993 genomförts vid Institutionen för ämnesdidaktik i lärarutbildningen, Göteborgs Universitet, med Björn Andersson som projektledare. Resultatet vad gäller de olika ämnesområdena har rapporterats i två skrifter: Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist, (1993a) "Vad kan eleverna om materia?" och Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist, (1993b) "Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?"

### 1.1. Uppläggning av NUNA i årskurs 9

NUNA-gruppen valde att i undersökningen dels *fokusera begreppsförståelse*, dels att *utvärdera ett begränsat antal viktiga områden* samt att *enbart använda papper- och pennauppgifter*. Vidare gavs arbetet en *kvalitativ inriktning*.

De *viktiga områdena* valdes utifrån analys av läroplanen, Lgr 80, och precisering av dess mål. De valda områdena är:

#### MATERIA

Gaser

Fasövergångar

Ämnen

Kemiska reaktioner

#### EKOLOGI MED FOTOSYNTES

#### MÄNNISKOKROPPEN

För att hitta lämpliga uppgifter kombinerades överväganden av *begreppsforskningens* resultat med lärarerfarenheter samt ämneskunskaper i biologi, fysik och kemi. De ca 200 uppgifter, som konstruerades, utprovades i åk 9. Svaren bearbetades och kategoriserades. Högstadielärare bedömde uppgifternas relevans och värde. Först därefter konstruerades tre häften med 12–15 uppgifter per häfte. Dessa ingick i pilottestning med 250 åk 9-elever. Efter analys av resultaten utformades det slutgiltiga utvärderingsinstrumentet i form av tre problemhäften med sammanlagt 40 uppgifter, som användes vid nationella utvärderingen i åk 9 i början av vårterminen 1992.

### 1.2. Resultat av NUNA i årskurs 9

Resultatet av NUNA vad gäller *ekologi och människokroppen* sammanfattas i Andersson, Emanuelsson och Zetterqvist (1993b s. 55, 59, 62):

**Fotosyntes.** Ett bra resultat på fotosyntesuppgifterna är att ha alla rätt på ... Det är 1% av eleverna som uppnår detta. Man kan fråga sig varför siffran är så pass låg. Vi anser att förklaringen har att göra med att förståelse för fotosyntesen underlättas väsentligt om man har bra begrepp om kemiska reaktioner och gaser. Men med detta är det så och så när det gäller eleverna, vilket vi demonstrerat med andra uppgifter i den nationella utvärderingen (Andersson m.fl. 1993a). ...

**Ekologi.** Som framgått finns det åtskilliga brister i elevernas ekologiska begreppsbyggnad, att lägga till de svårigheter som redan konstaterats när det gäller fotosyntesen. Bara 8% av eleverna för in mikroorganismer för att förklara nedbrytning av en hög med gräs och löv. Ett fåtal elever nämner förbränning. Sambandstänkande angående energikedjor- och vävar tenderar att vara partiellt snarare än fullständigt, och när det gäller för biologisk förståelse nödvändiga begrepp från fysiken och kemin, så är dessa långt ifrån så väl förstådda som man önskar sig. ...

**Människokroppen.** Med tanke på att eleverna får utförlig undervisning om människokroppen i förskola, på lågstadiet, på mellanstadiet och på högstadiet bedöms de resultat vi fått som otillfredsställande. En analys och revidering av undervisningspraxis på de olika stadierna är därför väl motiverad. ...

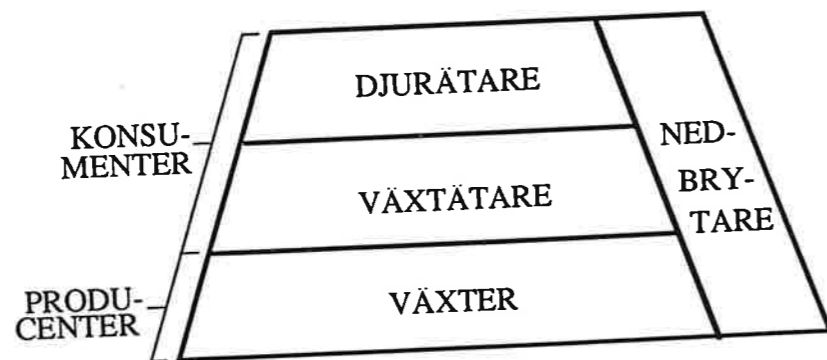
Resultatet från NUNA-utvärderingen i åk 9 visar således att det finns åtskilliga brister i elevernas begreppsforståelse (Andersson m.fl., 1993b).

### 1.3. Motiv i grundskolan för området ekologi med fotosyntes

Andersson m. fl. (1993b s. 15-17) har angett några viktiga ekologiska begrepp och modeller som bakgrund till motiv för ekologiundervisning. De återges nedan:

Ekologi är läran om samspelet mellan organismerna inbördes och mellan dem och deras miljö. En gren av ekologin studerar organismers förhållande till omvärlden. Givna arters toleransgränser, utbredning i förhållande till miljöfaktorer mm blir föremål för systematiskt studium. En annan gren gäller studier av olika ekologiska system. Båda dessa grenar finns med i grundskolans ekologi. Det kan t ex vara fråga om att göra enkla undersökningar av hur gråsguggor reagerar på olika miljöfaktorer. Vill de ha ljus eller mörker, varmt eller kallt, torrt eller fuktigt? I undervisningen är också miljöfaktorer inverkan på människan viktig, t ex arbetsmiljö och beroendeframkallande ämnen. Systemekologin kan introduceras med hjälp av t ex ett akvarium eller terrarium med djur och växter. Eleverna undervisas om att alla *populationer* av *organismer* inom ett område utgör ett *samhälle*. Tillsammans med den fysikaliskt-kemiska miljön i området bildar samhället ett *ekosystem*.

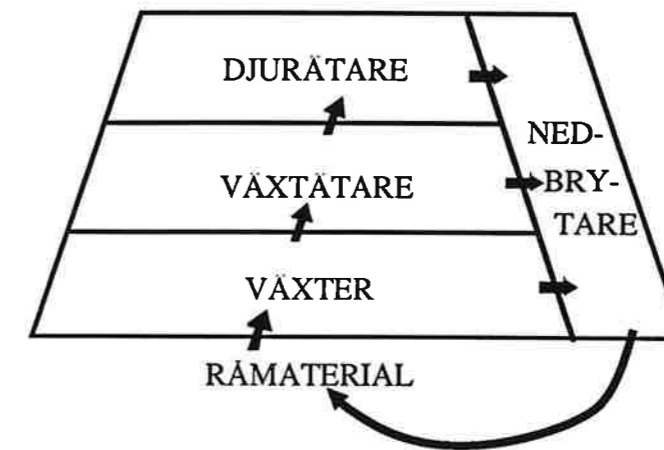
Figur 3.1 kan användas för att ordna några viktiga delar av ett samhälle.



Figur 3.1. Modell av ett samhälle

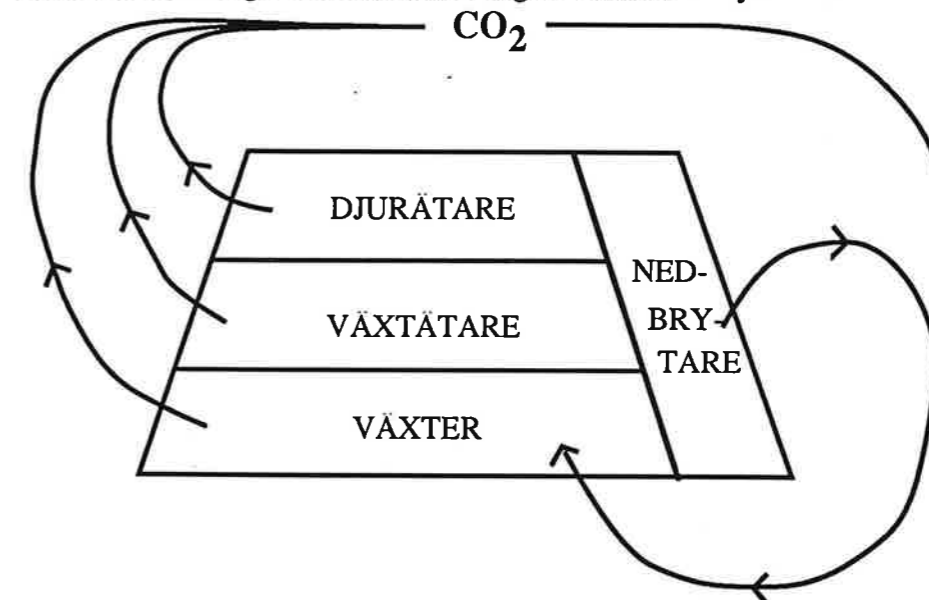
*Producenter* är växter som med hjälp av strålningsenergi omvandlar oorganisk materia till organisk, vilken utgör växtens föda. *Konsumenter* är organismer som utnyttjar andra organismer som föda. *Nedbrytare* är svampar och bakterier som till föda utnyttjar döda organismer.

Med figur 3.1 som grund kan man åskådliggöra näringskedjor och näringsvävar. Man kan också visa kretslopp. Ett exempel ges i figur 3.2. Mineralsalter finns tillgängliga i mark och vatten. Lösta i vatten tas de upp av växterna och byggs in i dem, och följer sedan näringskedjorna och byggs in i djurens vävnader. Då de olika organismerna dör frigörs de ånyo till följd av nedbrytarens verksamhet. De kan åter tas upp av växterna.



Figur 3.2. Modell för mineralämnens kretslopp

Utbytet av koldioxid mellan producenter, konsumenter och nedbrytare kan beskrivas som i figur 3.3. En liknande figur kan ritas för syre.

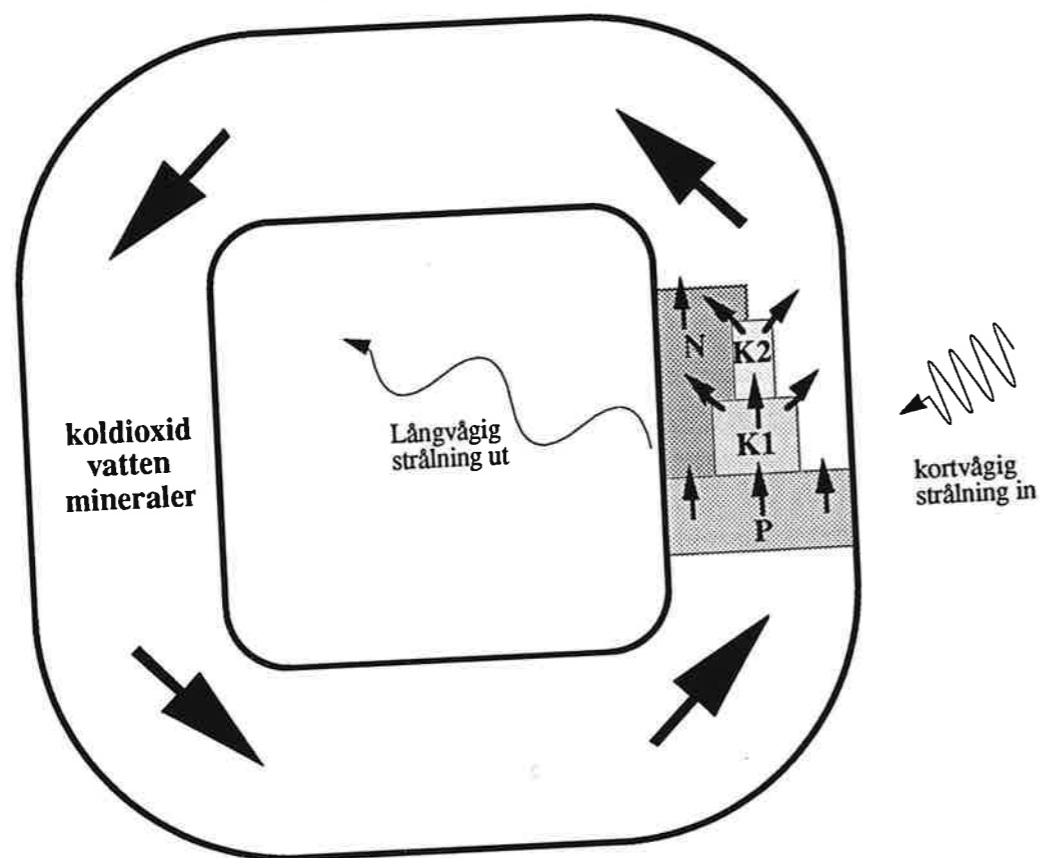


Figur 3.3. Modell för utbyte av koldioxid mellan olika organismgrupper.

Genom att rita ut pilar av olika bredd i figur 3.1 kan man klargöra huvuddragen av energiflödet genom ett ekosystem. Solen är den energikälla som driver de allra flesta ekosystem. Genom växternas fotosyntes omvandlas strålningen till kemiskt bunden energi. Växterna tillgodogör sig genom fotosyntesen cirka 1% av den infallande solenergin. En mindre del av den infångade energin förs vidare när växterna äts av växtätare. En ännu mindre del överförs när dessa i sin tur äts av rovdjur. En tumregel är att 10% av energin går vidare i varje steg. Övriga 90%

används för organismernas livsprocesser och avges sedan som värme till omgivningen.

Ett sätt att sammanfatta energins flöde och materians kretslopp i ett ekosystem visas i figur 3.4.



Figur 3.4. Kretslopp av atomer genom biotisk och abiotisk fas. P: producenter, K1, K2: första och andra ordningens konsument. N: nedbrytare. Den konstanta tjockleken på loopen illustrerar att massan/antalet atomer bevaras.

Med utgångspunkt från den genetiska informationen och med hjälp av energi sammanfogas råmaterial, dvs materia i form av  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  och mineraler till växter. Från växternas energirika materia byggs djuren upp. Organismerna lever en tid med bibehållen struktur för att sedan dö och brytas ned till  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  och mineraler, som åter kan tas upp av organismvärlden. Eftersom materian på jorden inte sprids ut i kosmos utan hålls ihop av gravitationen, så kan i princip loopen i figur 3.4 genomlöpas lika länge som solen avger sin energi, förutsatt att den genetiska informationen inte förstörs.

Ett hot mot livet är de ändringar av organismernas miljö som människan åstadkommer genom sina olika aktiviteter. Nya ämnen framställs och sprids efter användning i naturen: klorerade och bromerade kolväten, olika freoner etc. Efterhand kan ämnenas koncentration uppnå skadiga nivåer. I andra fall ändras koncentrationen av naturligt förekommande ämnen. Förbränning av fossila bränslen leder till att det blir mer koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider i atmosfären. Orsakssammanhangen är komplexa. Ozonlagret bryts ned av freoner och den ökande UV-

strålningen skadar alger i havet vid Antarktis. Ökad förekomst av svavel- och kväveoxider i atmosfären leder till surt regn som efterhand förändrar livsbetingelserna för växter och djur. Osv.

Andersson m. fl. (1993b, s 18) anger följande motiv för ekologiundervisning i grundskolan:

Ekologi kopplas i samhällsdebatten ofta till miljöproblem och överlevnadsfrågor, vilket ger studierna ett allvarsmättat drag. Därför finns det skäl att framhålla att ekologiundervisningen skall ge eleverna möjligheter att på ett positivt sätt uppleva naturen och förstå hur den fungerar. Denna upplevelse ökar rimligtvis elevens benägenhet att på ett konstruktivt och optimistiskt sätt börja arbeta för miljöproblemens lösning. Om eleven dessutom blir medveten om olika miljöfaktorer och att en given organism trivs bäst inom vissa intervall av de faktorer som påverkar den, så kan detta leda till eftertanke och aktsamhet när det gäller handlingar som bidrar till att miljöfaktorer ändras. Visserligen sker anpassning genom naturligt urval, men det finns gränser för vad en art kan klara av på kort tid, vilket är ytterligare ett skäl till försiktighet när det gäller att påverka naturen.

Ett annat motiv är att kunskapen om ett ekosystems struktur och funktion kan tydliggöra människans fundamentala beroende av fungerande system för att få föda. Det är fråga om att förstå vad energikedjan sol  $\rightarrow$  växt  $\rightarrow$  djur  $\rightarrow$  människa betyder, liksom fotosyntesens nyckelroll. Detta bedöms ha stor betydelse i ett samhälle som vårt, där beroendet inte är lika påtagligt för var och en som t ex i det gamla bondesamhället. Maten finns i stora snabbköp, och dess förhistoria syns inte på hyllor och i frysboxar.

Många ekosystem som ger oss mat och bränsle är styrda av människan. Vi behöver bara tänka på jordbruk och skogsbruk. Men detta betyder inte att vi är frikopplade från naturen, bara att vi utnyttjar den. Erfarenheten visar att detta är förenat med olika svårigheter (energiinsats, bekämpningsmedel, jorderosion etc.)

Följande lista över 'varor' och 'tjänster' som människan erhåller från ekologiska system är i detta sammanhang tankeväckande (Emmelin, 1982, s 77):

#### Varor

Vegetabiliska livsmedel  
Animaliska livsmedel  
Fibrer av olika typer  
Bränslereserver av olika typer  
Vitaminer  
Antibiotika  
Färskvatten  
Proteiner  
mm

#### Tjänster

Fixering av solenergi  
Näringsämnesupplagring, koncentrerande processer  
Näringsämnesomvandling, kvalificerad substanssyntes  
Substanscirkulation, nedbrytning  
Reproduktion  
Vidmakthållande och förnyelse av genetiska bibliotek  
mm

Till detta kan läggas att ekosystem inte är kända i alla sina aspekter och detaljer. Vi har helt enkelt inte vetenskap om alla naturresurser ('varor' och 'tjänster') som vi utnyttjar. Andra är ofullständigt förstådda. Detta till synes negativa konstaterande har likväl stor betydelse. Det manar till principiell försiktighet när det gäller att styra och ställa i naturen.



#### 1.4. Mål i grundskolan för området ekologi med fotosyntes

Andersson m. fl. (1993b s.14-18, 21-22, 26-27) har vägt samman analys av ekologiska begrepp och modeller (ovan angivna), motiv för undervisning om dem (ovan angivna) med kunnande inom begreppsforskningen samt lärarefarenheter och därefter formulerat mål för grundskolan. Huvudpunkterna återges nedan:

Eleven skall känna till och vid problemlösning kunna använda följande:

1. Växter tar upp koldioxid och vatten. Med hjälp av solenergi omvandlas dessa ämnen till socker, som behålls av växten, och syre, som avges. Denna process kallas fotosyntes.

Ur energisympunkt innebär fotosyntesen att strålningsenergi delvis omvandlas till kemisk energi (som finns i systemet socker-syre). ...

Ur materiesympunkt innebär fotosyntesen att växter bygger upp sin biomassa genom att från omgivningen ta upp koldioxid och vatten och omvandla dessa ämnen till socker, som i sin tur kan omvandlas till stärkelse, cellulosa och andra ämnen. ...

2. Solstrålningen är växternas enda energikälla. Växterna (producenter) är i sin tur djurens (konsumenter) enda energikälla, direkt (växtätare) eller indirekt (djurätare). Organismernas energiberoenden kan illustreras med energikedjor och energivävar (ibland kallade näringskedjor och -vävar). Förändringar i en väv kan orsakas av förändringar av populationer och av den oorganiska miljön. Förändringar av en population i en energiväv kan påverka alla andra populationer i väven.

I målet ingår insikten att människan är helt beroende av växternas fotosyntes för att tillgodose sitt biologiska behov av energi. ...

3. Nedbrytare är svampar och bakterier som utnyttjar död organisk substans som föda. Nedbrytningens huvudsakliga slutprodukter är koldioxid, vatten och mineralsalter.

Alla förmultnings- och förruttnelseprocesser är resultatet av nedbrytarens verksamhet. Genom dem kommer huvuddelen av atomerna i biomassan att ingå i nya kretslopp. Vid nedbrytning, liksom vid alla andra kemiska processer, gäller att massan bevaras. Atomärt innebär detta att atomerna (i betydelsen samma atomnummer) bevaras....

Andersson, m. fl. (1993b s. 67) har utarbetat kriterier för godkända svar och godkänd nivå för resultaten på de olika målområdena. Enligt dessa kriterier når inte eleverna målen för *ekologi med fotosyntes*. Pojkar når bättre resultat än flickor på den uppgift, som är relaterad till gasbegreppet medan flickor når bättre resultat på en uppgift, som är relaterad till samband mellan organismer. I övrigt är det små skillnader i resultat mellan könen.

#### 1.5. Motiv i grundskolan för området människokroppen

Andersson m. fl. (1993b) urskiljar några betydelsefulla teman när det gäller att förstå kroppens komplicerade dynamik:

-*Kroppen utgör ett system av väl integrerade delsystem.* Matspjälkningssystemet växelverkar t ex med blodsystemet. I tunntarmens väggar absorberas enkla sockerarter och aminosyror för transport av blodet till kroppens olika delar. Blodsystemet växelverkar också med andningssystemet. Koldioxid avges till, och syre upptas från luften i lungorna.

-*Kroppen och dess delar hålls i jämvikt av återkopplingsmekanismer.* Kroppstemperaturen stiger, porerna öppnas, vi svettas, temperaturen sjunker. Vi kliver snett, detta registreras och automatiskt skickas nervimpulser ut till musklerna, som kompenserar. Hjärnan har en avgörande roll när det gäller att reglera. Sensoriska nerver upplyser den om tillstånd. Med motoriska signaler den kompensatoriska åtgärder.

-*Kroppen beskrivs och förstås på olika organisationsnivåer:* organ, vävnad, cell, organell, molekyl. En enhet på en viss nivå är underordnad helheten på närmast högre nivå, samtidigt som den har autonomi. Undervisningen på högstadiet växlar mellan olika nivåer.

Andersson m. fl. (1993) anger flera motiv för undervisning om människokroppen i grundskolan:

Varför skall vi undervisa om allt detta? Ett skäl är att tillgodose den naturliga nyfikenhet på sin egen kropp som eleven har. Frågorna är många och varierar med åldern. Vad är det som bultar i bröstkorgen? Varför blöder man då man skär sig? Vad är kurr i magen? Varför slår hjärtat fortare då man springer än då man går? Varför blir man förkyld, och hur går det till då man blir frisk igen? Osv.

Ett annat motiv kan vara att skapa förståelse för skillnader och likheter mellan människan och andra organismer. På cellnivå finns stora likheter. Våra celler har samma behov som ormens och spindelns. Denna insikt kan ha betydelse för attityder till andra levande varelser. Till människans unika drag hör hennes betydande förmåga att tänka, skapa och att använda verktyg.

Måhända är kunskaper om människans anatomi och fysiologi en lämplig didaktisk utgångspunkt för att gå vidare till olika djurs byggnad och funktion. Man kan utgå från att varje cell behöver energi och ämnen/molekyler samt ett system att föra bort avfall. Sedan kan man fundera över olika lösningar som finns på dessa problem.

Kunskaper om den egna kroppen bedöms som viktiga för individens hälsa. Det gäller t ex att efter avslutad skola veta något om hur kosten påverkar kroppen och hur man väljer mat som är riktigt sammansatt med avseende på näringsämnen och energiinnehåll. Det gäller också att som vuxen ha kunskap om olika miljöfaktorer och deras inverkan, bl a hur skadliga ämnen kan komma in, och spridas, i människokroppen. Om vi t ex tvättar oss med lösningsmedel kan skyddande komponenter i huden brytas ned och lösningsmedlet tränga in i kapillära blodkärl, varefter det transporteras runt i hela kroppen. Medlet kan då växelverka med olika organ på ett skadligt sätt. Ju bättre kunskaper om allt detta, desto större möjligheter att aktivt delta i diskussioner om hälsa och arbetsmiljö.

Ännu ett motiv har med sjukvården att göra. Vi är under vårt liv många gånger patienter. Våra läkare förklarar för oss vilka sjukdomar vi lider av och vad som kan göras för att förebygga, lindra och bota. Rimligtvis underlättas kommunikationen om patienten har goda baskunskaper om sin kropp och hur den fungerar.

Också kommunikationen människor emellan angående sjukdomar kan på olika sätt bli bättre om man har kunskaper om dessa och hur de inverkar på kroppen. Det gäller att förstå och att bli förstådd. Vad är en pacemaker och varför får man den? Varför måste en del personer gå i dialys, och hur går den till? Vilka orsaker kan finnas till psykosomatiska besvär? Osv.

### 1.6. Vad betyder elevers begrepp om materia för hur de uppfattar människokroppen?

Andersson m. fl. (1993b) refererar en amerikansk undersökning av Crider om elevers (6-12 år) begrepp om människokroppen. I denna finns formulerat sju olika nivåer från ingen koppling alls mellan observerbar funktion och inre organ till en begynnande vetenskaplig uppfattning där en elev t. ex. säger: "Man andas in syre och ut koldioxid. Syre går till lungorna och går in i blodströmmen. Lungorna har små luftsäckar. Det är där syre går in i blodet. Det går in i cellerna. Sen kommer det tillbaka som koldioxid." Andersson m. fl. (1993b) lägger till en åttonde nivå som innebär en medvetenhet om molekylära skeenden, t. ex. kemiska reaktioner.

Andersson m. fl. (1993b) skriver vidare:

Det är intressant att föra samman beskrivningar av elevers begrepp om sin kropp och om materia. Läsaren erinrar sig, att från och med nivå 6 i Criders system, så kan ämnen enligt eleven transformeras. "Maten går till magen och blir mosad. Sen blir det vätska, sen blod, och det går till armar och ben". Detta är, skulle man kunna säga, ett tecken på en intuitiv kemi i elevens tänkande om människokroppen. Givetvis är det en av grundskolans avsikter att ersätta den intuitiva kemien med en elementär vetenskaplig, men detta lyckas inte så bra. Andersson (1984) har t. ex. konstaterat, att högstadielärover förklarar kemiska reaktioner med bl. a. modellerna 'förflyttning' och 'transmutering'. Rosten på spiken anses t. ex. ha funnits inuti densamma. När spiken blir fuktig kryper den ut och sätter sig på utsidan. Rost är alltså ett ämne som existerat hela tiden. Den bara förflyttar sig då omständigheterna är de rätta. Ett exempel på 'förflyttning' av oföränderliga ämnen när det gäller elevers tankar om människokroppen är svar som uttrycker att 'små bitar spenat' och 'små bitar morot' går till armar och ben (Contento, 1981).

Transmutation står för en kemiskt sett omöjlig materiaomvandling. Ett exempel är att järn enligt en del elever blir till kol när stålull brinner. Ett annat är att maten mosas och blir till vätska och sen blod.

Allt detta innebär problem inte bara för ämnet kemi utan också biologi. Undervisningen om kropp, kost och hälsa innehåller diskussioner om protein, fett, kolhydrater, enzymers inverkan, förbränning av enkla sockerarter i cellerna etc. Detta förutsätter förståelse av kemiska begrepp. Relativt få elever når denna nivå på högstadiet. Undervisning om t. ex. matspjälkning och näringslära blir därför främmande för elevens kunskapsdomän kemi, som är vardaglig, inte vetenskaplig. Två saker kan hända. Antingen memoreras undervisningen tillfälligt, eller också tolkas den i enlighet med vardagskemin, och missförstås.

En undersökning av Simpson ... illustrerar båda dessa förhållanden. Åttiotvå skotska högstadielärover fick i uppgift att skriva en kortfattad redogörelse för varför matspjälkning (det engelska ordet är digestion) är nödvändig, och hur den går till i kroppen. Av eleverna avgav 34 % vad Simpson kallar "primary school answers", t. ex. "Matspjälkning är nödvändig för att göra maten till mos, så att den lätt kan passera igenom kroppen i stället för att vara i klumpar, som kanske fastnar någonstans. När maten är i munnen påverkas den av saliv som gör den mjuk. När den passerar genom kroppen blir den mycket mjuk, och absorberas slutligen i blodströmmen. Detta kallas absorption. Detta blod pumpas runt i kroppen och ger oss energi". Karaktäristiskt för denna typ av svar är att de är konkreta och beskrivande.

Om man inte har förståelse för kemiska reaktioner och att dessa kan leda till att energi frigörs, så torde undervisningen om cellkemi snabbt glömmas bort. Men maten ger oss ju den energi vi behöver. Hur skall då eleven förklara hur det går till och var det sker? Simpson framhåller följande: "Digestion (not respiration) is frequently conceived as the energy releasing process; this occurs therefore in the stomach (not in the cells)." Här är ett exempel på ett elevsvar: "Spjälkning av mat är nödvändig därför att den bryter ned mat i kroppen så att energi bildas, vilken behövs för att vi skall överleva. Den (eleven syftar på spjälkningen) inträffar på olika ställen i kroppen med början i munnen, där saliven inverkar. Sen sker den på olika ställen i tarmarna, varvid energin i maten utvinns, lagras och används".

Alla de nu redovisade resultaten understryker hur intimt kemi och biologi hänger samman, och denna omständighet, liksom de vunna resultaten, bör enligt vår mening präglade den fortsatta diskussionen om hur man kan förbättra undervisningen om människokroppen.

### 1.7. Mål i grundskolan för området människokroppen

Andersson, m. fl. (1993b s.19-20, 22-25, 27) har vägt samman motiv för undervisning om människokroppen (ovan angivna), kunnande inom begreppsforskningen (delvis återgivet ovan) med ämneskunnande och lärarerfarenheter och därefter formulerat mål för grundskolan. Huvudpunkterna återges nedan:

Eleven skall känna till, och för problemlösning kunna använda följande:

1. *Kroppens grundläggande byggsten är cellen. Varje cell behöver olika ämnen/molekyler dels som byggmaterial, dels som energikälla. Cellen behöver alltid syre och socker för sin energiförsörjning, som tillgodoses genom kemiska reaktioner i cellen. En av restprodukterna vid denna reaktion är koldioxid som cellen behöver göra sig av med.*

2. *Transport av ämnen till och från kroppens olika delar ombesörjs av blodsystemet. Förutom blod utgörs dess delar av hjärta, artärer, kapillärer och vener. Hjärtat är en muskel som pumpar blod. Blodomloppet är dubbelt. Det lilla kretsloppet går till lungorna, där syre upptas och koldioxid avges. Det stora kretsloppet transporterar syre till och koldioxid ifrån kroppens olika delar.*

3. Vi äter och andas in för att få energi och material. Ämnen som tillsammans med syre ger mycket energi är fetter, kolhydrater och proteiner. Matspjälkningen går ut på att sönderdela födan till så små beståndsdelar att de kan absorberas i tunntarmens vägg och via blodet tas upp av kroppens olika delar.

Mål 2 och 3 kan uppnås på makroskopisk nivå men även på cellnivå. ... I denna utvärdering betraktar vi dock mål 2 och 3 som enbart makroskopiska. Cellnivån berörs av mål 1.

4. Det finns olika medicinska hjälpmedel som används vid sjukdomstillstånd kopplade till blod, hjärta och cirkulation.

Andersson, m. fl. (1993b s. 67) har utarbetat kriterier för godkända svar och godkänd nivå för resultaten på de olika målområdena. Enligt dessa kriterier når inte eleverna målen för människokroppen. Pojkar når bättre resultat än flickor på två uppgifter om hjärtat och blodets cirkulation. I övrigt är det små skillnader i resultat mellan könen.

## 2. SYFTE OCH UPPLÄGGNING AV NUNA PÅ GYMNASIET

### 2.1. Syftet med denna studie

Mot bakgrund av att åk 9 eleverna inte uppfyller de mål, som analyserats fram och bedömts som rimliga för grundskolan framstår det som intressant att ta reda på hur gymnasieelever på de teoretiska linjerna uppfyller målen. Detta kunskapsintresse finns både på gymnasieskolan och inom gymnasieläroutbildningen men sådan kunskap torde också vara intressant för alla mottagande universitetsinstitutioner inom den naturvetenskapliga sektorn.

Mer preciserat är syftet med denna delstudie är att få en uppfattning om elevers *kunskapsutveckling på gymnasiets teoretiska linjer* vad gäller områdena *ekologi med fotosyntes och människokroppen*

Hur ser progressionen ut vad gäller elevernas naturvetenskapliga kunskaper?  
Hur skiljer sig de olika gymnasielinjerna från varandra?  
Hur skiljer sig kunskaperna på gymnasiet i åk 3 från åk 9?  
På vilket sätt uppfyller gymnasieelever i åk 3 de mål, som ställts upp för åk 9?  
Finns skillnad i begreppsförståelse mellan flickor och pojkar i åk 3?

Syftet är också att belysa konsekvenserna för gymnasieskolan av den funna kunskapsutvecklingen.

### 2.2. Metod

Undersökningen har genomförts som en enkätundersökning i april 1993 med samtliga NUNA-uppgifter (40 st), kompletterade med 5 frågor av gymnasiekaraktär. Tre av dessa frågor har använts av Nurrenbern och Pickering (1987) i en undersökning på ett USA-universitet av nybörjarstudenters begreppsliga uppfattning av gaser och av kemisk reaktionsformelskrivning jämfört med problemlösning. En fråga har använts i Norge i åk 9 (Ringnes, 1985). En fråga har konstruerats på basis av ett tredimensionellt diagram, som återger koldioxidens variation som funktion av tid och latitud (Andersson & Jönsson, 1989, s.18). Svaren på dessa frågor redovisas, analyseras och kommenteras i en särskild rapport liksom uppgifterna rörande *materia och kemiska reaktioner*. (Jansson, 1994)

#### 2.2.1. Hur säkerställa jämförbara grupper?

Elevenkäten i åk 9 gav möjlighet att dela upp grundskoleeleverna i tre populationer, nämligen de, som valt att söka till N- eller T-linjen, de som sökt annan gymnasielinje och de, som inte angivet något gymnasieval. Den första populationen borde kunna jämföras med N- och T- eleverna i gymnasieskolan om åk 9-betygen för båda grupperna var desamma. Däremot gav åk-9 materialet ingen möjlighet att urskilja den population elever, som sökt till E-, H- och S-linjerna på gymnasiet.

#### 2.2.2. Referensgrupp (åk 9 vt 92)

Bakgrundsinformation från NUNA:

Betyg i åk 9 (av eleverna uppgivet ht-betyg, samt av skolorna inlämnat vt-betyg) i fysik, kemi, biologi och NO-teknik eller NO (sk blockbetyg), samt i matematik.

Ålder

Kön

Sökt N- eller T-linje alternativt annan gy-linje

### 2.2.3. Experimentgrupp (gymnasieskolan april 1993)

Sammanlagt 32 klasser i fyra olika gymnasieskolor har deltagit i undersökningen. Dessa skolor ligger i Göteborg och Mölndal och har valts därför att de har komplett eller i det närmaste komplett uppsättning teoretiska linjer. Urvalet av skolor grundar sig på en närmaste komplett rekryteringsområden för varje skola är någorlunda konstant för de olika bedömning att rekryteringsområdet för varje skola är någorlunda konstant för de olika årskurserna. Undersökningen har administrerats av skolledningen på respektive skola och genomförts under två lektionstimmar. I varje skola har i princip en klass på varje linje och i varje årskurs valts ut av skolledningen. Eleverna har informerats dels av skolledningen, dels genom särskilt informationsblad.

Bakgrundsinformation, som tagits in:

- Betyg i åk 9 i Fy, Ke, Bi och Tk alt. NO (blockbetyg) samt Ma
- Gymnasiebetyg i Fy, Ke och Bi alt. Nk
- Poäng i CP-fysik och kemi (gäller åk 3 på N- och T-linjen)
- Ålder
- Kön

### 2.2.4. Design (antal klasser)

Tabell 2.1. Antal gymnasieklasser, antal elever på varje linje, antal elever, som besvarat problemhäftet samt antal frånvarande elever.

Årskurser/linjer	N	T	H	E	S
åk 1	4	4			
åk 2	4	4			
åk 3	4	4	2	2	4
antal elever	324	337	50	56	107
antal svar	295	286	42	48	85
frånvaro	29	51	8	8	22

Anm.1. Eleverna i T3 utgöres av två klasser på elteknisk gren, en klass på byggteknisk gren och en klass med blandat grenval (el- bygg- och maskinteknisk gren).  
Anm.2. En av S-klasserna kommer från ytterligare en skola, eftersom en av de tilltänkta klasserna tidigare medverkat i pilotundersökning.

Tonvikten i studien ligger på N- och T-linjerna, där alla årskurser finns representerade. Årskurs 3 på E- H- och S-linjerna har tagits med som kontrast och för att få en ungefärlig uppfattning om skillnader mellan de naturvetenskapliga och de icke naturvetenskapliga teoretiska linjerna. Dessutom ger NUNA-materialet från årskurs 9 möjlighet att få fram referensgrupper grundade på elevernas val av gymnasielinje. Avsikten har ej varit att studera skillnader mellan E- H- och S-linjerna och en sådan analys har heller ej gjorts.

### 2.3. Bortfall

Frånvaron i gymnasieklasserna vid teststillfället var i genomsnitt 13,5%. Fyra klasser hade avsevärt större frånvaro än övriga: en klass av vardera T1, T2 och T3 på samma skola och en S3:a på en annan skola. Frånvaron i dessa fyra klasser var 39%. Om dessa icke medtages, var frånvaron i övriga 28 klasser i medeltal 11,5%.

Bortfall i form av överhoppade uppgifter redovisas i samband med varje uppgift som "ej besvarat".

I grundskolan besvarades de tre NUNA-häftena vid olika tillfällen. Antalet svarande elever är därför olika på uppgifterna.

### 2.4. Timplaner för gymnasieskolan 1992/1993

Tabell 2.2. Elevtimmar/vecka i olika ämnen och årskurser i det "gamla gymnasiet".

Linje	N-linjen			T-linjen			E-linjen	H-linjen	S-linjen
	Bi	Fy	Ke	Bi	Fy	Ke	Nk	Nk	Nk
Årskurs 1	—	2,5	3,5	—	2,5	3,5	(4) <sup>1</sup>	4	4
Årskurs 2	2	4	3	2	4	3	—	4	4
Årskurs 3	3	4	2	(3) <sup>2</sup>	4	—	—	—	—

<sup>1</sup> Ämne, som kunnat väljas till, markeras med parentes  
<sup>2</sup> I T3 är det endast ett fåtal elever, som väljer till biologi

### 3. RESULTAT: EKOLOGI MED FOTOSYNTES MÄNNISKOKROPPEN

I resultatredovisningen har uppgifter, som rör samma ämnesområde, förts ihop. Ordningsföljden mellan uppgifterna är alltså ändrad jämfört med problemhäftet. I rapporten har varje uppgift fått en överskrift, som ej fanns med i problemhäftet. Ämnesområdena och uppgifterna är följande:

OMRÅDE	NR	UPPGIFT	SID
<b>Ekologi med fotosyntes</b>	1.	Var sker fotosyntes?	24
	2.	Hur ändras gasblandningen?	25
	3.	Varifrån kommer biomassan?	26
	4.	Vilka är producenter?	29
	5.	Vilken näringskedja är omöjlig?	30
	6.	Hur ändras näringsväven?	31
	7.	Vilka följder får larvangreppet?	33
	8.	Vad händer med atomerna i det döda djuret?	36
	9.	Varför blir komposthögen mindre och varm?	39
<b>Människokroppen</b>	10.	Vad gör hjärtat?	44
	11.	Var blir det en blodpropp?	45
	12.	Hur cirkulerar bloddroppen?	45
	13.	Vad händer med inandningsluften?	46
	14.	Varför ökat syrebehov?	48
	15.	Vad ger energi till kroppen?	52
	16.	Var frigörs energin i maten?	53
	17.	Medicinska hjälpmedel.	53

Först återges frågeställningen för varje uppgift. Därefter redovisas i tabell elevernas svar på flervalsfrågor. Godtagbara svar markeras med fetstil. För öppna-svars-uppgifter anges först exempel på gymnasieelevers svar (följt av klassbeteckning och elevnummer) under de olika kategorierna och därefter tabell över fördelningen av svar på de olika kategorierna. Svartsfördelningen illustreras på några uppgifter med diagram. Resultatet på uppgifterna kommenteras i nästa kapitel.

Elevsvaren från årskurs 9 har delats upp efter elevernas val av gymnasielinje. De elever, som valt N- eller T-linjen betecknas "åk 9NT" och de elever, som valt annan gymnasielinje än N- och T-linjen betecknas "åk 9annan".

Av praktiska skäl har E- och H-eleverna förts samman till en population med ungefär samma antal elever som övriga grupper.

### 3.1. Ekologi med fotosyntes

#### 1. Var sker fotosyntes?

Var kan fotosyntes ske? Om Du anser att fotosyntes kan ske i ett björklöv så kryssar Du i JA. Om Du anser att fotosyntes inte kan ske i ett björklöv, så kryssar Du i NEJ. Fortsätt på samma sätt med resten av listan!

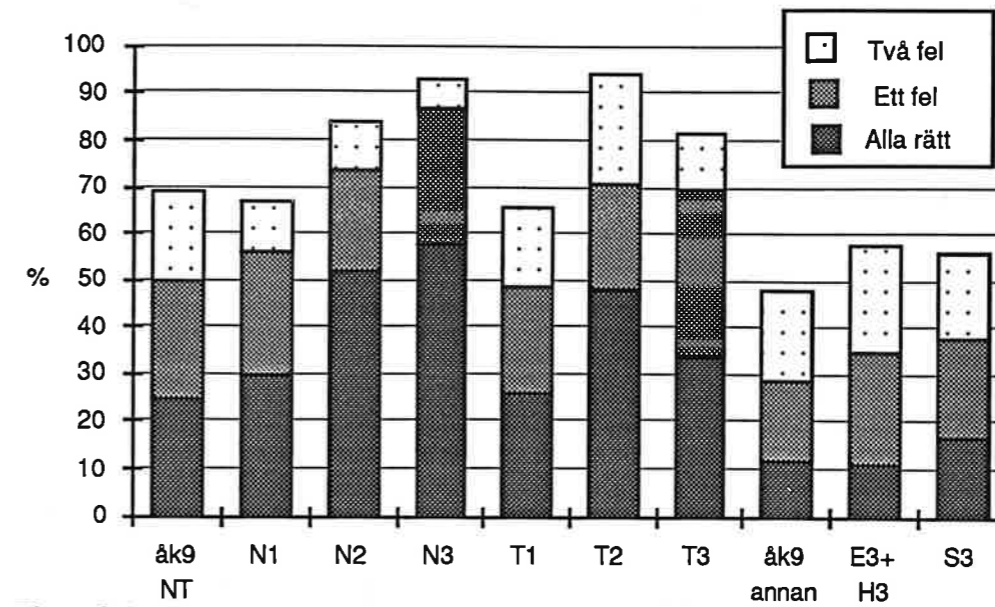
	JA	NEJ		JA	NEJ
björklöv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	granbarr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
björnmossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kantarell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
granrot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kaktus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
maskrosblad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	tallbark	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### RESULTAT

Tabell 3.1. Var sker fotosyntes? Procentuell fördelning av elevernas ja-svar på olika alternativ

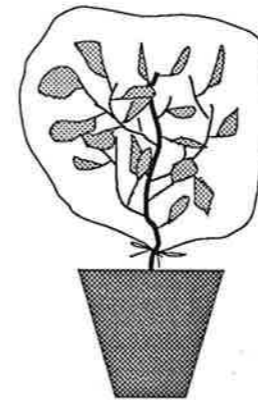
Alternativ	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Björklöv	91	93	99	98	93	98	94	83	92	89
Maskrosblad	91	86	98	96	89	98	94	83	90	92
Kaktus	75	74	85	97	75	88	82	65	61	69
Björnmossa	67	69	76	80	64	83	80	60	68	64
Granbarr	72	71	86	91	71	83	79	58	72	61
Kantarell	34	30	13	10	35	16	35	45	50	38
Tallbark	25	18	19	13	21	17	16	36	39	27
Granrot	14	12	4	3	18	5	7	28	20	26

#### VAR SKER FOTOSYNTES?



Figur 3.1. Var sker fotosyntes? Procentuell fördelning av eleverna på olika antal rätta svar

#### 2. Hur ändras gasblandningen?



Karin fyller en plastpåse med vanlig luft (luft är en blandning av olika gaser). Sedan trär hon påsen över en krukväxt och knyter till den om stammen så som figuren visar. Knytningen är helt tät. Växten får stå i solen en dag. Här följer ett antal påståenden om vad som händer med gasblandningen i påsen. Ange för varje förslag om det är rätt eller fel.

	RÄTT	FEL
Mängden syre ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden syre ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid ökar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid minskar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mängden koldioxid ändras ej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## RESULTAT

Tabell 3.2. Hur ändras gasblandningen? Procentuella andelen elever, som anser att olika alternativ är rätt.

Alternativ	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Syre ökar	70	70	75	83	74	81	75	50	48	57
Syre minskar	23	25	23	13	20	17	15	40	37	32
Syre ändras ej	8	7	3	4	6	2	11	15	7	8
Koldioxid ökar	29	29	22	13	28	23	19	50	41	52
Koldioxid minskar	64	68	74	78	66	75	76	40	43	37
Koldioxid ändras ej	6	4	3	6	6	2	5	14	6	8

Tabell 3.3. Hur ändras gasblandningen? Procentuell fördelning av eleverna på olika antal naturvetenskapligt godtagbara ("rätta") svar.

Hur ändras gasblandningen?	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Alla deluppgifter rätt	58	65	64	73	61	69	71	26	26	32
Alla rätt på "syre"	64	68	70	78	70	78	74	43	40	49
Alla rätt på "koldioxid"	62	68	71	75	64	71	74	35	34	35

## 3. Varifrån kommer biomassan?

*På ett kalhygge planteras små tallplantor. Efter trettio år har de vuxit upp till en stor skog. De vuxna träden väger tusentals ton tillsammans. Varifrån har dessa tusentals ton kommit? Förklara hur Du tänkte!*

## RESULTAT

Elevernas förklaringar till de valda alternativen har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

A. EJ BESVARAT

B. EJ MOTIVERAT

C. TRÄDEN HAR VÄXT

- Ju större de blir desto mer väger de. (S3, 5 592)
- Träden har genom assimilation bildat massa (tusentals ton) stärkelse (ex. druvsocker) som utgör massa på träden. (N2, 4 151)
- Celldelning Trädet får någon slags energi och cellerna kan klara av att dela på sig till mångdubbelt mycket fler. (T2, 3 245)
- Då tallplantorna växer, "tilkommer" atomer (materia) genom att antal celler ökar hela tiden. Ju mer celler desto mer materia, desto högre massa. (i detta fall!) (N2, 3 154)

## D. FRÅN NÄRING/JORD/VATTEN, VAR FÖR SIG ELLER I KOMBINATIONER

- Växer från näring från jorden. Man växer från näring. (S3, 5 589)
- Plantorna tar sin näring från marken och bygger hela tiden på innifrån. (T2, 3 251)
- Träden suger upp näring från marken precis som vi äter mat och växer. Trädet använder alltså näringen till att tillverka nya trädceller. (T2, 3 246)
- Tallplantorna tar upp näring genom rötterna och bildar socker genom fotosyntesen som den byggs upp av. Efter 30 år har den växt och "tagit vikt" från dessa källorna. (N1, 3 110)

## E. FRÅN SOL/SOLLJUS/LJUS, IBLAND ENBART, MEN OFTAST I KOMBINATION MED NÄRING/JORD/VATTEN

- Trädet har producerat dem med energi från mark och sol (Assimilation) (T2, 3 252)
- Genom energi dom får ifrån solen o marken, kan dom öka i växten. (T2, 3 255)
- Från vatten och sol <— näring för trädet —> har vuxit (S3, 5 591)

## F. FRÅN LUFT/OSPECIFICERADE ÄMNEN I LUFT, IBLAND ENBART MEN OFTAST I KOMBINATION MED NÄRING/JORD/VATTEN OCH EVENTUELLT LJUS

- Från näringen i jorden och luften. (S3, 3 592)
- Från luften, marken. Träden tar ju upp olika ämnen från jord och luft. (T1, 3 225)
- Jorden, luften, solen Växterna får näring och "byggstenar" från marken och luften osv. Precis som människor får näring och byggstenar från maten. (T2, 3 257)
- Växterna hämtar energi från marken, luften och vatten och med hjälp av detta byggs trädet upp. (S3, 3 585)
- Solen har gett dem energi som de har omvandlat till massa. Marken har gett dem vatten och mineraler. Träden består till viss del av H<sub>2</sub>O. (N3, 3 175)
- Ämnena som bildat dessa träd har kommit från luften och från marken och vattnet. (T2, 3 241)
- Träden suger upp mineraler och vatten ur marken och bildar livsviktiga ämnen genom fotosyntesen. Trädet tar alltså upp atomer. Detta gör att trädet växer och blir större och större och tyngre. Vikten kommer alltså från luften, marken och ur vattnet. (T2, 2 146)

## G. SYRE ELLER ANNAN FELAKTIG GAS OCH NÄRING/JORD/VATTEN OCH EVENTUELLT SOLLJUS

- Trädet gör om syret i luften till näring. Kallas väl fotosyntes. (E3, 2 469)
- Från syre, solen och näringen i marken. (T3, 3 287)
- Med hjälp av solen + vatten + syre så har träden växt och för varje millimeter ökar ju den sammanlagda vikten. (T3, 3 277)

## H. KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING, VATTEN OCH SOL/LJUS

- Från koldioxiden i luften och vatten och mineraler i marken. (T2, 3 242)
- Luften (syre-koldioxid m.m.) Jorden (näringämnen m.m.) och vattnet (N1, 3 116)
- De växer med hjälp av vatten och koldioxid och solljus (S3, 3 581)

- I KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING, VATTEN OCH SOL/LJUS SAMT ANSATS TILL NATURVETENSKAPLIG FÖRKLARING
- I träden sker hela tiden en reaktion mellan H<sub>2</sub>O och CO<sub>2</sub> som bildar cellulosa, som trädet består av. Trädens massor kommer alltså från koldioxid och vatten. (T1,4 119)
- Träden samlar in CO<sub>2</sub> från luften och H<sub>2</sub>O från marken. Dessa ämnen sätts sedan ihop till C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (Glukos) som lagras i trädet i form av cellulosa. De tusentals tonnen kommer således från luft & mark. (N1, 3 113)
- Med hjälp av koldioxid (solljus mm.) har träden kunnat bearbeta andra atomer i marken och efter kemiska reaktioner har nya ämnen byggts upp. (T1, 3 212)
- Massan kommer från regnvattnet och luften. Koldioxid och vatten omvandlas genom fotosyntes till socker som trädet använder för att bygga upp sig. Det blir alltså ingen grop där trädet står. (N2, 2 149)
- Träden har vuxit och tatt vatten och mineralämnen ur marken och CO<sub>2</sub> från luften och solenergi → kolhydrater har bildats, dessa bygger upp stammen som cellulosa, omvandlas till bark, frön mm. De 1000-tals ton har kommit från jorden, luften och solen (N2, 3 145)
- Vid fotosyntesen tas vatten, koldioxid och energi upp. Det omvandlas till stärkelse och syre. Syret återgår till luften men stärkelsen stannar och omvandlas delvis till cellulosa vilket trädet till stor del består av. (N3, 3 189)

- J. ÖVRIGT
- Alla molekyler som finns i träden o som har gjort träden för vad dom är. (S3, 3 582)
- Från ämnen som träden har använt för uppbyggnaden av sig själva. Det är omvandlingar till fibrer etc. som sedan används av träden för att bygga på träden. (T2, 3 254)
- Kvävet och syret i luften samt koldioxid ur jorden. Och mineraler ur jorden Tar upp och bildar kol genom fotosyntesen. (N2, 2 134)
- Trädet "suger" till sig molekyler som den behöver och bygger upp trädet. Ett träd kan liknas vid en tvättsvamp. Svampen suger upp vatten (i stället för molekyler) och ökar då i vikt. (N2, 3 156)
- För att träden skall leva krävs energi=mat. Trädet tar upp energin och vid frigörelsen är en celledelning möjlig. Trädet väger. (N3, 2 194)
- Plantorna "snor" energi m.m. från andra saker i skogen. Som de omvandlar till energi som de använder för att växa. (T1, 3 219)

Tabell 3.4. Varifrån kommer biomassan? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller ej motiverat	10	9	9	3	19	14	6	19	31	21
C.Trädet har växt	15	6	10	7	9	9	7	26	29	27
D.Från näring/jord/vatten	32	27	25	31	35	30	26	27	27	25
E.Från sol/ljus ev. näring etc	16	22	4	11	15	13	18	9	3	13
F.Från luft ev. näring o ljus	7	12	17	19	11	10	11	5	2	5
G.Från syre/felaktig gas ev. näring.	7	8	7	3	1	3	3	5	2	4
H.Från koldioxid och ev.näring/ljus	7	8	15	13	8	16	14	3	3	4
I.Ansats till naturvetenskaplig förklaring	4	8	9	10	1	2	8	1	1	
J.Övrigt	4	2	4	2	2	3	6	5	1	2

#### 4. Vilka är producenter?

I biologin får Du lära Dig om producenter och konsumenter. Vilka i listan nedan är producenter? Om Du anser att en spindel är en producent, så sätter Du ett kryss för JA. Om Du anser att en spindel inte är en producent så sätter Du ett kryss för NEJ. Fortsätt på samma sätt med resten av listan!

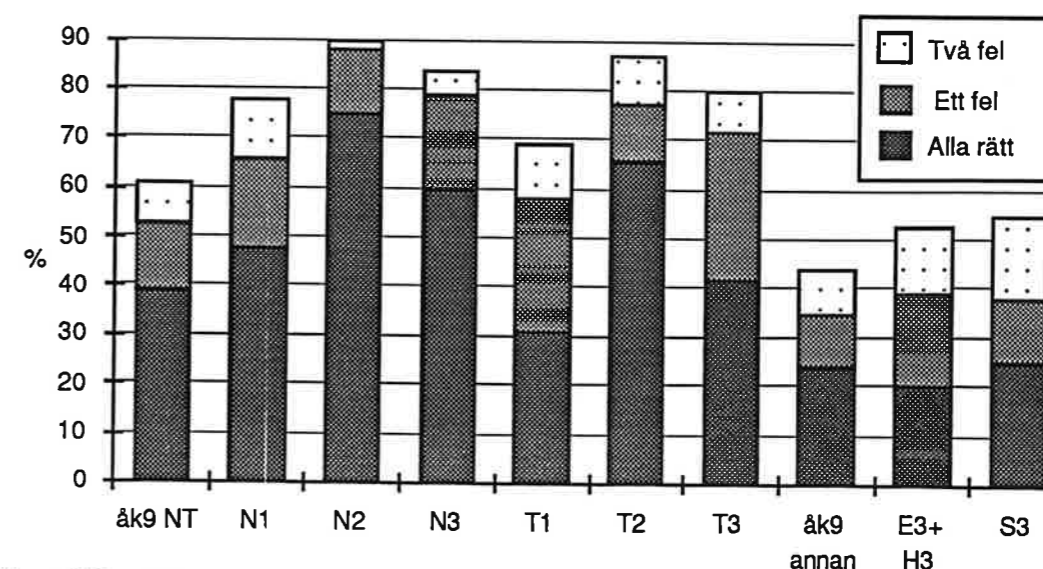
	JA	NEJ		JA	NEJ
spindel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gran	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
björnmossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	alg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sill	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	daggmask	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
björk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	huggorm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### RESULTAT

Tabell 3.5. Vilka är producenter? Procentuella andelen elever som anser att olika organismer är producenter.

Organism	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Björk	80	85	96	93	80	90	86	68	77	81
Gran	80	80	95	92	80	91	85	68	73	82
Alg	77	80	89	91	77	86	83	67	74	80
Björnmossa	70	80	90	89	66	88	82	55	67	62
Daggmask	40	33	13	27	36	18	32	48	51	54
Sill	33	18	10	17	29	15	17	46	33	46
Spindel	32	13	9	11	31	5	17	46	42	38
Huggorm	24	9	8	8	19	8	11	35	27	14

#### VILKA ÄR PRODUCENTER?



Figur 3.2. Vilka är producenter? Procentuell fördelning av eleverna på olika antal rätta svar.



## 5. Vilken näringskedja är omöjlig?

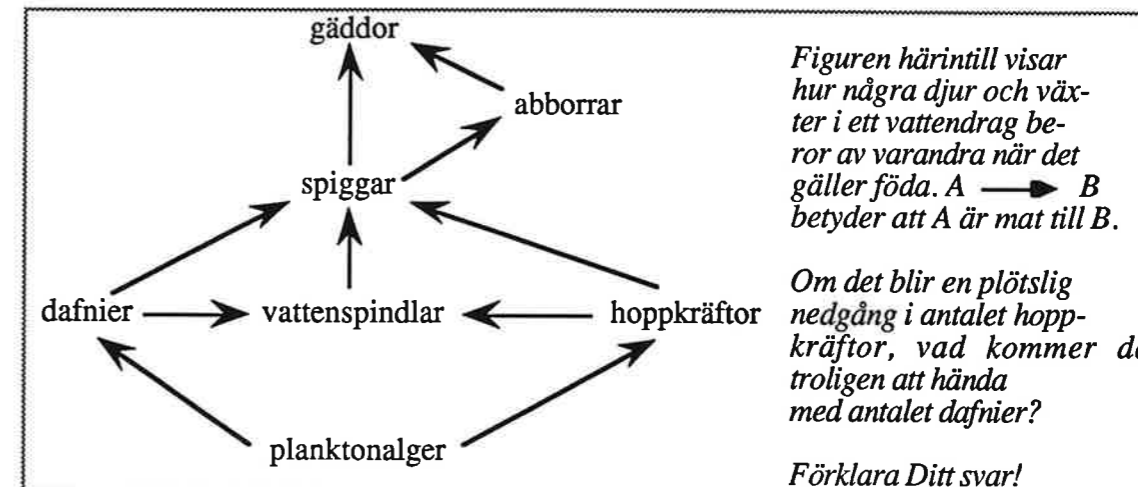
- A → B betyder att A är mat till B eller med andra ord att B äter A.  
 A → B → C betyder alltså att A är mat till B, som i sin tur är mat till C.  
 A → B → C kallas en näringskedja.  
 Nedan följer fem näringskedjor. En är omöjlig. Vilken? Sätt ett kryss!
- alg → hoppkräfta → sill → makrill → tonfisk  
 nektar → fjärlil → sädesärla → sparvhök  
 gran- och tallfrö → ekorre → berggöv  
 hoppkräfta → växtplankton → mört → gädda  
 blad → bladlus → myra → gröngöling

## RESULTAT

Tabell 3.6. Procentuella andelen elever som anser att olika näringskedjor är omöjliga.

Näringskedja	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Hoppkräfta-växtplankton-mört-gädda	73	74	74	71	64	76	71	58	57	64
Alg-hoppkräfta etc.	9	6	6	2	10	10	6	11	9	11
Bladbladlus etc.	4	6	8	6	7	2	8	10	9	9
Nektar-fjärlil etc.	5	3	4	6	7	7	1	9	9	6
Frö-ekorre etc.	5	5	7	14	6	3	12	7	7	5
Övrigt	3	2	1		6		1	3	1	6
Ej besvarat	1	6	1		2	1	1	2	9	

## 6. Hur ändras näringsväven?



## RESULTAT

Elevernas förklaringar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

- A. EJ BESVARAT
- B. EJ MOTIVERAT  
 -Att alla hoppkräftor som är över minskar i ant. (T2, 2 234)  
 -Det blir lite kvar. (E3, 2 478)
- C. ANTALET DAFNIER ÖKAR
- Ej förklarat  
 -Öka i antalet (T2, 2 239)
  - Större tillgång på föda/planktonalger  
 -Dafnier kommer att öka. Det finns mer mat till dem. (T2, 2 236)  
 -Antalet dafnier kommer troligen att öka eftersom det inte längre är någon konkurrens om planktonalgerna. (N2, 2 134)
  - Minskat predationstryck  
 -det blir mer dafnier eftersom spiggar och vattenspindlar som äter dafnier inte får tillräckligt med mat och kanske dör när hoppkräftor minskar. (N1, 2 115)  
 -dom kommer att öka då deras naturliga fiender kommer att minska p.g.a. brist på mat. (N3, 2 177)  
 -Antalet vattenspindlar minskar vilka äter dafnier => Dafnierna kommer att öka! (T3, 3 268)
  - Större tillgång på föda, minskat predationstryck  
 -minskning hoppk. betyder ökning pl.a. vilket betyder ökning dafnier. minskning hoppk. betyder också minskning vattens. o minskning spiggar vilket betyder ökning dafnier. Alltså stor ökning av dafnier. (N2, 2 144)  
 -Eftersom det blir mindre spindlar och spiggar får dafnierna färre fiender, blir då fler plus att det blir mindre konkurrens om maten, algerna (T2, 2 244)
- D. ANTALET DAFNIER MINSKAR/DAFNIERNA DÖR
- Ej förklarat  
 -Det blir mindre (T2, 2 241)  
 -De blir ferre. (T2, 2 261)

2. Ökad predation allmänt  
 -Antalet dafnier minskar eftersom efterfrågan ökar på dem. (T2, 2 243)  
 -Eftersom hoppkräftsantalet minskar kommer också dafnierna att minska. För finns det inte tillgång till hoppkräftor så äts desto fler dafnier. (N2, 2 135)
3. Ökad predation från spiggarna  
 -Även dafnierna kommer att minska p.g.a. att spiggarna kommer att äta fler av dem. (N1, 1 105)  
 -Även vattenspindlar minskar samtidigt som dafnier minskar, då spiggarna måste äta mer dafnier. (T2, 1 236)
4. Ökad predation från vattenspindlar  
 -Kommer att minska också eftersom vattenspindlarna får äta dafnier i stället. (T2, 2 246)  
 -Spindlarna äter mer dafnier vilket leder till minskning av totala antalet individer i ekosystemet (T2, 2 252)
5. Ökad predation från vattenspindlar och spiggarna  
 -även dafnierna kommer att minska eftersom både spiggarna och vattenspindlarna som förut ätit både hoppkräftor och dafnier nu bara kan äta dafnier (N2, 2 140)  
 -antalet dafnier kommer att minska kraftigt eftersom både spiggarna och vattenspindlar nu bara äter dafnier. (N2, 2 147)  
 -de kommer också att minska för vattenspindlarna och spiggarna behöver lika mycket mat som förut (T2, 2 235)
6. Minskad födotillgång  
 -De kan dö eftersom de inte har nått att äta. (T1, 2 207)  
 -De minskar också p.g.a. att de har samma huvudföda. (T3, 2 282)
- E. FÖDOTILLGÅNG OCH PREDATION KAN KOMPENSERA VAR-ANDRA (MEDVETENHET DELS OM ÄNDRAD TILLGÅNG PÅ FÖDA, DELS ÖKAT PREDATIONSTRYCK)
1. Allmänna motiveringar  
 -de kommer också att minska. två djur äter dafnier medan de bara får dubbelt så mycket mat. (N2, 1 145)  
 -Öka. Mycket mer föda, förvisso också fler fiender men snabb förökning då föda finns => ökning. (T3, 3 281)
2. Detaljerade motiveringar  
 -Dafnier får färre konkurrenter om matfödan så de borde ju öka i antalet. ty det finns ett överflöd av smådjuren så att de andra ska kunna få mat. Men nu minskar ju också de andras mat så beståndet kanske bara jämnas ut att ökningen äts upp av rovdjuren men som sakt dafnierna finns ju i ett överflöd. (N2, 2 136)  
 -Då minskar antalet dafnier eftersom vattenspindlarna då fångar mer sådana men de får samtidigt "monopol" på planktonalger och får det bättre och förökar sig. Då fångar vattenspindlarna mer dafnier och mindre hoppkräftor eftersom de är mer tillgängliga. (N2, 2 139)  
 -Dafnierna kommer att få större tillgång till mat när deras konkurrenter minskar. De kommer dock även gå åt fler dafnier för det är därifrån vattenspindlarna och spiggarna hämtar sin mat när hoppkräftorna minskar. (N2, 2 142)  
 -Om hoppkräftor minskar måste vattenspindeln äta mer dafnier för att klara sig, spiggarna likaså. Men dafnierna får mer plankton, men det räcker inte när påde spiggen och vattenspindeln jagar mer dafnier. Dafnierna kommer alltså troligtvis minska i antal. Succesivt minskar resten av arterna också (N2, 2 146)  
 -Populationen kommer att öka. Tillgången av plankton ökar —> dafnierna blir fler. Mängden dafnier stabiliseras av att vattenspindlarna och spiggarna kommer att äta större andel dafnier än hoppkräftor. (T2, 2 245)

- F. ÖVRIGT  
 -Ingenting. (T2, 2 254)  
 -Absolut ingenting — dom är nämligen inte i behov av hoppkräftor (S3, 3 573)  
 -Vattenspindlarna får mindre mat, och slutligen kommer planktonen att föröka sig och ta syret i vattnet för resten av organismerna = ÖVERGÖDNING. (N2, 2 138)  
 -Om hoppkräftorna plötsligt minskar i antal kommer dafnierna att bli andra djurs huvudföda och också minska i antal. Snart kommer dafnierna att föröka sig snabbt för att motverka denna minskning. (N2, 2 153)
- 9G. FELTOLKAD BILD  
 -Till att börja med så kommer vattenspindlarna o spiggarna att vilja äta ännu fler dafnier. Dafniernas egen mat: planktonalger kommer att minska eftersom dessa också lever av hoppkräftor. Alltså: Dafnierna kommer att bli hungriga o de kommer att jagas mer. (N2, 2 155)

Tabell 3.7. Hur ändras näringsväven? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier (översiktligt).

Kategorier	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	12	14	11	4	20	8	7	23	33	13
C.Antal dafnier ökar	24	19	29	23	17	28	29	18	9	15
D.Antal dafnier minskar	38	28	25	26	36	44	28	38	38	38
E.Medvetenhet om kompensatoriska effekter	16	31	26	42	16	11	32	7	6	11
Övrigt eller feltolkad bild	11	8	9	5	11	8	4	15	14	24

## 7. Vilka följder får larvangreppet?

*Ett lövträd blir utsatt för ett larvangrepp. Larverna äter upp bladen på trädet. Inte bra för trädet. Bra för larverna. Men leder larvangreppet till att också andra organismer än larver och träd påverkas? En del kanske får det bättre, andra sämre. Skriv ned dina tankar om detta!*

## RESULTAT

Elevernas tankar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

### A. EJ BESVARAT

### B. EJ MOTIVERAT

- Jag är glad över att vi inte har biologi längre. (T3, 3 285)  
 -Sämre material vid trähusbyggen. (N2, 3 135)  
 -Bra!!! Det bildas ett "kretslopp". Om bara larverna skulle ha det "bra", så skulle det inte finnas så många organismer. (T1, 3 211)

C. MILJÖFAKTORER ÄNDRAS, VILKET PÅVERKAR DJUREN  
(NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN NÄMNS EJ)

- Mindre syreproduktion  
-Om några träd blir förstörda produceras inte lika mycket syre. Detta är dåligt för oss. Om larverna äter upp vissa träd så att de förstörs sker en naturlig gallring, vilket är bra. (N2, 3 146)  
-Det blir bara sämre. Bladen måste ju till för att prod. syre. Annars kan livet inte fortgå. Inga andra djur vill leva med ett så'n träd. Odugligt! (N1, 3 112)
- Bättre sikt, mindre skugga, mindre skydd mm (en eller flera aspekter)  
-Ja så är det, om trädet dör så förändras microklimatet runt det vilket ger förändrade förutsättningar för diverse organismer (N3, 3 172)  
-Andra träd kan få mer vatten och ljus fåglar mindre ställen att gömma sig på och äta larver. (T3, 3 270)  
-När trädet förlorar sina blad ger det inte lika mycket skydd på marken för de djur som skyddar sig där, tex en igelkott. Ej skydd för ekorrar och småfåglar i träden. Inga blad kan leda till att trädet dör. Inga fågelbon, inget hem för alla de insekter som bor där. Ingenstans för skägglaven att sitta. (N3, 3 179)

D. NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN ÄNDRAS

- Sämre för djur som är direkt länkade till löven  
-Andra djur som äter bladen och främst svampar får ingen näring (T3, 3 271)  
-Det finns massa andra djur i trädet också som oftast påverkas negativt. (T3, 3 277)  
-Bladlössen får det sämre inga blad ingen fotosyntes (T3, 3 293)
- Bättre för djur som är direkt länkade till larverna  
-Fåglar får äta välnärda larver. (T1, 3 217)  
-Djur som äter larver får det bättre. Människan får sämre virke. (N2, 3 138)
- Bättre för nedbrytare  
-Trädet kommer att brytas ner av bakterier som gynnas. (T3, 3 292)  
-De organismer, som behöver syre hämmas. Nedbrytare får fördel i och med att trädet kan dö (N3, 1 173)
- Sämre/bättre också för djur indirekt länkade till löv/larver (antingen en 'sämre kedja' eller en 'bättre kedja')  
-Det finns ju fåglar som äter upp larverna. De får det ju bra, sedan kanske de blir uppätta... (T2, 3 234)  
-Djur som livnär sig på lövträd, kommer ju att få det sämre. Eftersom bladen har blivit angripna av larver är ju dessa oätliga. Dessa djur kanske dör ut. Rovdjur som i sin tur livnär sig på de växtätande djuren, kommer nu indirekt påverkas av larvangreppet. (N3, 3 190)  
-Var skola de små bladlössen då leva om de får sina löv uppkäade, och om bladlössen voro utdöda då får ju den lilla nyckelpigan inga bladlös att käka. Då kan ju ingen pippifågel mumsa i sig fru nyckelpiga och då har ju inte fabbror räva någon pippi att ta. Och vem skall människan då äta om monsieur räva äro död. Då dör den hela mänskligheten ut och jorden kan inte bli mer förstörd. Det vore ju bra. (T1, 3 218)
- Sämre och bättre, direkta länkar till löv respektive larver  
-Om antalet larver ökar är det bra för de djur som äter larverna. Däremot, om det finns andra djur som äter bladen, får de det sämre, eftersom de utsätts för konkurrens (N3, 3 167)  
-De som äter larverna gynnas. De som konkurrerar m. larverna om trädet missgynnas. (N3, 3 174)

- Sämre och bättre, också indirekt länk/indirekta länkar till löv/larver  
-Larverna tar död på lövträden och djur som gillar lövträd blir lidande, däremot kan barrträden kanske överleva och de tar över och en del andra djur tar vid. (N3, 3 170)  
-Trädet kanske dör — sämre för alla djur förutan nedbrytare och hackspettar. Bra för larverna att äta bladen —> gott larvår —> fåglar får mycket mat —> fler fåglar (T3, 3 267)  
-Blir larverna stora och tjocka och förökar sig bra är detta positivt för de fåglar som har dem som föda och detta är i sin tur positivt för de rovdjur som äter fåglar. Men mår inte träden bra så kanske de dör och många insekter förlorar födan och fåglarna förlorar boplatser och det är negativt. Så det måste finnas balans. (N3, 3 171)

E. MILJÖFAKTORER OCH NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN ÄNDRAS

- Uppräkning  
-En hackspett kan få föda! Svampar likaså. De omkringliggande träd och växterna får mer energi och vatten. (N3, 3 175)  
-Djuren som lever i trädet påverkas. Trädet kanske blir så skadat att andra organismer kan angripa det. Om larverna frödas sprider de sig till flera växter. Fåglar får mer föda, solen lyser ner bättre på marken mm. (N3, 3 182)  
-Skogsägaren får det sämre. Den tvååriga lönnen under trädet får det bättre. Hela den flora och fauna som trivs i och utnyttjar levande friska träd missgynnas. Organismer i tex nedbrytarledet gynnas. (N2, 3 140)
  - Ansats till dynamiskt tänkande  
-Fåglar kan äta upp larverna och bli mätta och bajsas i närheten av trädet och gödsla jorden vilket i sin tur gynnar trädet. (T2, 3 257)  
Efter sådana larvangrepp leder det till att dem blir till mat ex. för fåglar. Mindre bra: bladens försvinner, fotosyntesen som just detta träd utförde försvinner (S3, 5 578)
- F. ÖVRIGT  
-De starka överlever, Darwin (T3, 3 278)  
-Inte i detta fall då dör bara trädet. Det finns ju mer lövträd. (S3, 5 577)

Tabell 3.8. Vilka följder har larvangreppet? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier (översiktligt)

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	28	21	25	14	40	30	23	47	65	42
C. Miljöfaktorer ändras	8	6	4	10	5	3	9	7	4	8
D. Näringsförhållanden ändras	37	65	59	64	45	56	58	27	30	41
E. Miljöfaktorer och näringsförhållanden ändras	15	6	9	10	5	8	8	6		5
Övrigt	13	3	2	1	5	3	2	13	1	4

## 8. Vad händer med atomerna i det döda djuret?

Tänk på ett vilt djur i skogen. Det består av många atomer. Djuret dör och det börjar ruttna. Vad händer med atomerna när djuret ruttnar och till sist inte syns alls? Förklara hur du tänkte!

## RESULTAT

Elevernas förklaringar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

## A. EJ BESVARAT

## B. EJ MOTIVERAT

## C. KONKRETA, BESKRIVANDE SVAR (ATOMER NÄMNS EJ)

- Kroppen är död blodet cirkulerar inte längre. Får inget syre och då förintar kroppen sig själv. (E3, 1 472)
- Djuret bruts ner pga att bakterier och små djur förtär djuret. Till slut finns inget kvar av djuret förutom kanske lite jord som är avföring från larver och andra smådjur. (T3, 4 272)
- Djuret har brutits ner till jord som tar vara på näring som t.ex. mineraler från djurets skelett. (N2, 1 143)

## D. TECKEN PÅ ATT ATOMERNA EJ BEVARAS (ELLER I VARJE FALL 'OTILLÅTNA' ATOMÄRA FÖRÄNDRINGAR, ELLER 'DET SOM GÄLLER MAKROSKOPISKT GÄLLER OCKSÅ FÖR ATOMERNA')

1. Atomerna dör
  - Atomerna dör sen i sin tur, om djuret ruttnar kan ju inte atomerna överleva. (H3, 1 369)
  - Jag tror att de kanske försvinner på någon annan ställe, eller så dör de också med djuret. (E3, 1 480)
2. Atomerna bryts ner/ruttnar/multnar/blir jord
  - Atomerna blandar sig med andra atomer runt omkring och bryts ned och bildar jord (T3, 1 285)
  - Atomerna omvandlas till jord. Detta sker med hjälp av små djur och bakterier. (T1, 1 217)
  - Atomerna omvandlas, förmultnar, det är en vanlig process då det gäller organiskt material, kroppen blir vad vi kallar mull, det blir så att säga jord. (T3, 2 270)
  - De bryts ner av organismer i omvärlden. Man brukar tala om halveringstid  $\rho$  C14 metoden i dessa sammanhang om man skall tidsbestämma djurets ålder. (E3, 2 494)
  - Atomerna halveras särskild C14 och resten av skiten eller en del av dom blandar väl sig med luft eller nåt (T1, 4 219)
  - Atomerna sönderdelas. Vissa delar äts av bakterier och andra djur. Kol 12 atomerna sönderdelas i benen. (T2, 4 235)
  - De bryts ner och tas upp av växter el. djur, som behöver dem. (N2, 1 141)
3. Atomerna försvinner/dör och försvinner/dunstar/löses upp mm
  - Atomerna bryts ner så småningom i mindre delar tills det inte finns något kvar. (H3, 1 387)
  - När djuret dör, så får inte atomerna vad de behöver utan tynar bort (bryts ner) så till slut finns inget kvar. Ungefär som en muskel som inte får träning tvinar också bort. (N3, 2 190)
  - Atomerna, som finns i djuret kommer att försvinna i luften som minsta beståndsdelar. (N3, 1 193)

- Dom försvinner genom att atomerna strålas ut från kroppen. 1C-4. Fast det tar mycket långt tid. (T2, 2 247)
- De atomer blir energi till en massa andra saker. Maskar och insekter äter upp djuren. Fåglar i sin tur äter insekterna o.s.v. (T2, 4 250)
- Atomerna förvandlas till "förorengra" och försvinner i jorden och vissa av atomerna försvinner i luften. (T1, 1 208)

## E. TECKEN PÅ ATT ATOMERNA BEVARAS

1. Atomerna är kvar i djuret

- Det händer inget med atomerna. Atomer har mycket svårt för att ändra på sig. (T1, 3 203)
- Inget händer med själva atomerna. Det är bara djurets celler som bryts ner. (T1, 4 218)
- De förvandlas till molekyler som inte syns alls. (S3, 3 580)
- Bindningarna mellan atomerna löses upp och celler sönderfaller eftersom dessa inte får tillräckligt med näring. (T3, 4 288)

2. Atomerna går ut i luften, jorden mm /omgivningen ospecificerat

- Atomerna lösgör sig & sprids. (S3, 4 572)
- Atomerna "lämnar" kroppen och försvinner ut i luften där de svävar omkring. (E3, 1 468)
- Jag tror att atomerna "löser" sig från varandra och blandar sig med luften och jorden. (N1, 1 113)
- Atomerna delar på sig och blir till olika gaser. Vissa atomer går ner i jorden. (T2, 1 251)
- Antalet atomer är alltid konstant, men under nedbrytningen fördelas de på en mängd olika ställen. (N3, 1 180)
- Nedbrytare bryter ner djuret till mindre beståndsdelar "atomerna" går in i ett annat kretslopp dvs. atomerna separeras från molekylerna och går sin egen väg. (N3, 1 181)

3. Atomerna går vidare till andra organismer

- Atomerna äts upp av bakterie eftersom djurets immunförsvar upphör efter döden. (T2, 1 256)
- Ett djur består av atomer innehållande "stor" mängd energi. Då djuret dör angrips den först av något större djur och sedan avflugor och bakterier och parasiter. Dessa djur tar upp energin som fanns i den döda djuren och förbrukar den själva. Atomerna går på detta sätt till andra småkryp och djur. (N2, 2 139)

4. Atomerna går vidare till omgivningen och andra organismer

- En del hamnar i småkryp, andra försvinner som gaser, rinner iväg som vätskor, bebländar sig med jorden. Kort sagt, dom blir "borttransporterade", blandar sig med omgivningen, övergår till energi, men dom försvinner inte. (T2, 1 250)
- Eftersom atomerna aldrig försvinner så måste atomerna återgå till något annat. Atomerna kan förflytta sig till växter och jord som finns på området, där den döda kroppen ligger. (N1, 1 118)
- Atomerna tas upp av andra organismer, de förstörs alltså inte. Djuret äts av tex maskar och bakterier. Det som finns kvar övergår till att bli mull med näring åt växterna i. Det bildas ett kretslopp. (N1, 1 106)

5. Ansats till kretsloppstänkande

- Atomerna blir jord eller gaser eller vatten. Då kan nya växter få näring av det f.d. djuret. De nya växterna kanske äts upp av ett annat djur. Allting måste ju gå runt, eftersom vi varken kan skapa eller förstöra materia. (N1, 1 114)
- Djuret bryts ner av nerbrytare. Mineraler tas upp från jorden som näring för växter som i sin tur äts av ett annat vilt djur. Atomerna kommer alltså att kretsa runt i en näringskedja. (N2, 1 154)

F. ATOMERNA GRUPPERAR OM SIG, REAGERAR, BILDAR NYA MOLEKYLER MM

- Atomerna frigörs och ombildas till andra ämnen. (H3, 1 373)
- Atomerna finns fortfarande kvar men bildar nya ämnen som t.ex. jord. (T3, 1 293)
- Atomerna är bundna i molekylform. När djuret ruttnar bryts dessa molekyler ned till  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $(\text{NO}_3)^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  samt diverse proteiner som nedbrytarna behöver. Dessa molekyler tas upp i marken, av nedbrytare el. blandas med luften. (N3, 4 182)
- Atomerna finns alltid kvar, men genom olika kemiska reaktioner omvandlas de till nya ämnen. Dessa kan upptas av marken, luften eller andra organismer. (N3, 1 182)
- De mesta av djurets molekyler är kolföreningar. Kolföreningarna bryts ner i flera steg till koldioxid. Koldioxiden tas upp som energi av växter. Det finns också vissa mineraler. De kommer att stanna kvar i jorden. Obs! Koldioxid är en osynlig gas. (N3, 1 191)

G. ÖVRIGT

- Atomerna förvandlas till syre och blandas med luften. (S3, 4 588)
- Aset blir näring till marken och atomerna reagera med luften det är därför att det luktar illa nära ett dött djur. (N3, 1 184)
- Energirika atomer tas till vara av naturen. (T3, 1 269)
- Atomernas rörelseenergi minskar. Ju mer djuret rör sig desto mer rörelseenergi. Djuret rör sig mindre och mindre när det dör, därför ökar atomernas rörelseenergi. (T3, 1 280)
- Dessa atomer äts upp av småorganismer och de omvandlas till nya atomer hos organismerna. Eftersom atomer inte kan försvinna. (N2, 1 153)
- Atomerna bryts ned till grundämnen igen. (E3, 2 489)
- Atomerna har byggt upp något annat i stället. En atom försvinner bara inte. Den kan kanske omvandlas till ett annat grundämne men inte bara gå upp i rök. (N2, 2 158)

Tabell 3.9. Vad händer med atomerna i det döda djuret? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier (översiktligt)

Kategori	åk9 NT (632) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2190) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	12	8	4	3	16	10	14	23	20	31
C.Konkreta svar (ej atomer)	6	7	9	10	14	10	13	7	6	5
D.Atomer omvandlas (otillåtet)	25	8	7	10	10	10	13	27	18	18
E.Atomer bevaras	42	60	52	58	42	58	44	37	46	44
F.Atomer bildar nya ämnen	11	15	25	17	13	8	14	4	8	1
Övrigt	3	2	3	2	6	3	3	3	3	2

9. Varför blir komposthögen mindre och varm?

Malin lägger en mängd gräsklipp och löv i en stor hög i trädgården (en så kallad komposthög). Ganska snart märker hon att högen blivit varm inuti. Efter en tid har högen minskat i storlek. Förklara så noga du kan vad som hänt med högen!

RESULTAT

Elevernas förklaringar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

A. EJ BESVARAT

B. EJ MOTIVERAT

-Naturgas, energi. (T2, 4 252)

C. DET RUTTNAR, MULTNAR, BLIR JORD MM

1. Inget sägs om orsaken till värmen

-Högen håller på att brytas ner till jord. (S3, 3, 582)

-Det förmultnar, ruttnar. Det blir jord igen, en väldigt näringsrik jord. (S3, 3 581)

-Den har återbildats till jord och genom detta har den minskat. Jorden är mycket näringsrik. (S3,3 574)

2. Fysisk orsak (solen, jordvärme, isolering packning mm) till värmen

-Gräsklippen och löven förmultnar detta fortskyndas av värme, löven i komposthögens mittpunkt förmultnar snabbt eftersom mittpunkt är varmare eftersom yttre lager fungerar som ugn. (N3, 2 171)

3. Biologisk orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen)

-Växterna bryts ner till jord, det bildas värme. (T2, 3 259)

-Löv och gräsklipp förmultnar. Då bildas värme. Och den blir mindre. (T1, 3 209)

-Löven och gräsklippen har förmultnat och den lagrade energin i det har blivit värme (T1, 3 226)

-Högen börjar multna. När det packas ihop så så bränner det bort. Det övergår till jord (S3, 5 592)

D. MAKROSKOPISKA ORGANISMER DELTAR I NEDBRYTNINGEN

1. Inget sägs om orsaken till värmen

-Högen har blandats med daggmaskar och fukt och har med tiden blivit jord. (S3, 5 590)

-Små insekter har omvandlat löv till jord, och jorden är mer komprimerad än löven. (N1, 4 123)

-Det finns djur som livnär sig på ruttna grenar och djur och det är dem som bryter ner högen (T1, 3 214)

-Det bildas energi i komposten. Gräset och löven övergår så småningom i jord. Detta kan ske genom att maskar äter löven och deras avföring blir jord. Samtidigt sker en förmultning. Högen minskar i storlek eftersom jorden är kompaktare än löven. (S3, 3 576)

2. Fysisk orsak (solen, jordvärme, isolering, packning mm) till värmen

-Maskarna har väl ätit upp en del. Högen är porös, fylld av luft som isolerar värme. (N1, 1 126)

- Massa småkryp har kommit och mumsar på högen. När de äter, bryter ner och rör på sig blir det varmt. Mängden gräs o. löv funkar ju som isolering. Värmen som bildas stannar kvar i högen. (T3, 3 286)
- Den är varm inuti pga att alla lager löv & gräs isolerar. Maskar & andra djur bryter ned löven & gräset => högen minskar i storlek. (N3, 2 180)

3. Biologisk' orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen)
- Löven och gräsklippet har börjat brytas ner av svampar och djur. Detta bildar värme. (N1, 3 109)
  - Den förmultnas larver maskar käckar och gräver som gör att det bildas energi i form av värme. Gräset omvandlas till jord som är kompaktare (E3, 2 487)
  - Värme: Nedbrytningsprocessen. Minskad storlek: Maskar, bakterier osv bryter ned högen och för den med sig. En del av det sönderbrutna förs ned i marken. (T1, 3 207)

Anmärkning: Problemet med denna kategori är om eleverna med ord som 'organismer', 'djur', 'små kryp' etc refererar till mikroorganismer, makroorganismer eller båda. Vår tolkning är att de refererar till makroorganismer.

#### E. MIKROSKOPISKA ORGANISMER DELTAR I NEDBRYTNINGEN

1. Inget sägs om orsaken till värmen
- Den har förmultnat. Bakterier har krypigt ner i marken, de har ätit upp (brutit ner) komposthögen. (T1, 3 211)
  - Nedbrytare har attackerat högen, och livnär sig och bor i den. De äter upp och bryter ner kompostinnehållet. (T2, 3 235)
  - Med sol + syre och angripande svampar och bakterier så ruttnar högen bort (T3, 3 277)
  - I komposthögen finns mängder av bakterier maskar och andra djur som vi kallar nedbrytare. Dessa djur suger ut näringen ur löven och gräset så att de bryts ner. (T2, 3 246)
  - Den har förmultnat. Högen har minskat. Bakterier mikroorganismer o maskar som har bakterier o sådant i sig kåkar upp det o skiter ut det som jord. (T2, 3 255)
2. Fysisk orsak till värmen (solen, jordvärme isolering, packning mm)
- Först bildas värme p.g.a. att löven o gräsklippet är så nära varandra. Sedan kåkar bakterier upp en del. (N1, 2 107)
  - Löven etc. bryts ner. Mikroorganismer bryter ner ev löv etc. Värmen hålls inne som i en myrstack. (H3, 1 386)
3. Biologisk' orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen)
- Förmultning pågår. Djur och bakterier avger värme när de äter löven (T2, 3 252)
  - Det finns destruerare i komposthögen. De bryter ned gräs och löv till jord igen, det bildas värme och högen krymper eftersom jord tar mindre plats. (N1, 1 110)
  - De har förmultnat m.h.a. nedbrytare. Nedbrytarna alstrar energi när de förbränner maten. (N2, 3 142)
  - Bakterier bryter ner det organiska materialet och på så sett återförs näringsämnen till jorden. Värmen kommer från förmultningen och skapas genom att bakterierna har cellandning. (N3, 4 167)

#### F. GASBILDNING

1. Gasbildning, förmultning (+ ev. annat) (uppräknig)
- Kolatomerna i löven går ut i luften (N1, 3 108)
  - Bildas gaser. Därför kan det vara farligt med jättesopstationer. (E3, 2 489)

2. Gasbildning pga nedbrytning (länk)
- Löven har förmultnat och blivit jord, luft och vatten. (N1, 2 129)
  - Smådjurens arbete med nedbrytning avger värme och gaser. (N3, 2 193)
  - Mikroorganismer bryter ned högen. En del blir gaser och försvinner (koldioxid, metan tex) (T2, 2 250)

#### G. (KEMISK) REAKTION, FÖRBRÄNNING

1. Bara något av orden, eller som separat aspekt
- Kemisk reaktion sker. (T2, 3 248)
  - De har multnat bort. Löv m.m. reagerar med (solen) luften och multnar. (T1, 3 216)
  - Den ruttnar det sker en kemisk reaktion syret reagerar med materian. (T1, 3 217)
  - Löven förbränns så att koldioxid och jord bildas. (T1, 3 223)
2. (Kemisk) reaktion/förbränning ger värme mm
- Det blir en kemisk reaktion där det går åt högmateriale och bildas värme (T1, 3 203)
  - Komposten bryts ner och det är en reaktion som blir varm. (T2, 3 239)
  - När löven etc bryts ned så har produkterna av den reaktionen ett lägre energi innehåll än reaktanterna. Den energin som skiljer återfinns som värme i högen. (N3, 3 172)

#### H. ANSATS TILL INTEGRERAD FÖRSTÅELSE

1. Ej koppling till metabolism
- Komposten bryts ner med hjälp av bakterier. De "äter" molekyler och bildar mindre som blir t. ex. näring, mineraler, gas. (T2, 3 242)
  - Högen förmultnar. Det sker reaktioner med ämnen i högen eller med lyften, djur och insekter äter upp högens innehåll och det bildas näring. (T1, 3 215)
  - Gräset och löven förmultnar och då frigörs energi, därför blir högen varm inuti. Vid förmultningen bryts det organiska materialet ned av bakterier och små djur. Materialet blandas med jorden och vissa ämnen frigörs och går ut i luften. (N3, 3 167)
  - När högen blir varm reagerar de organiska ämnena i högen (under nedbrytningen), och blir till mindre energirika föreningar (exoterm reaktion). Dessa reaktioner bryter ned stickor och strån till en halvt jordliknande massa som tar upp mindre utrymme i högen, luften som förut låg mellan blad o strån har pressats ut; högen sjunker ihop. (T2, 3 240)
2. Koppling till metabolism.
- Organismer av olika slag håller på att bryta ned ämnena i högen. Då utvecklas värme p.g.a. detta slit. Volymen minskar då de komplicerade ämnena bryts ned till enklare, och även när de förbränns av organismerna. (N3, 4 172)
  - Bakterier och andra organismer bryter ned högen med löv och dyl. Under denna förbränningsprocessen utvecklas värme (T2, 3 241)
  - Det har "flyttat" in bakterier och djur in i komposthögen. Dessa äter och lever där nu. Värmen kommer med hjälp av dessa djurs kemiska reaktioner. (T1, 3 204)
  - Bakterier och dyl har ätit upp gräset o löven och förbränt dessa vid förbränningen bildas värme o koldioxid. (högens storlek minskar) (N2, 3 148)
  - Bakterier, svampar och maskar m.m. bryter ner de organiska ämnena. När de håller på blir det överskottsvärme och gas. Gasen försvinner i luften om man inte tar vara på den. Högen blir mindre eftersom jorden som bildas inte tar lika mycket plats som löven. Dessutom försvinner de ämnen som bildar gasen. (N2, 3 149)

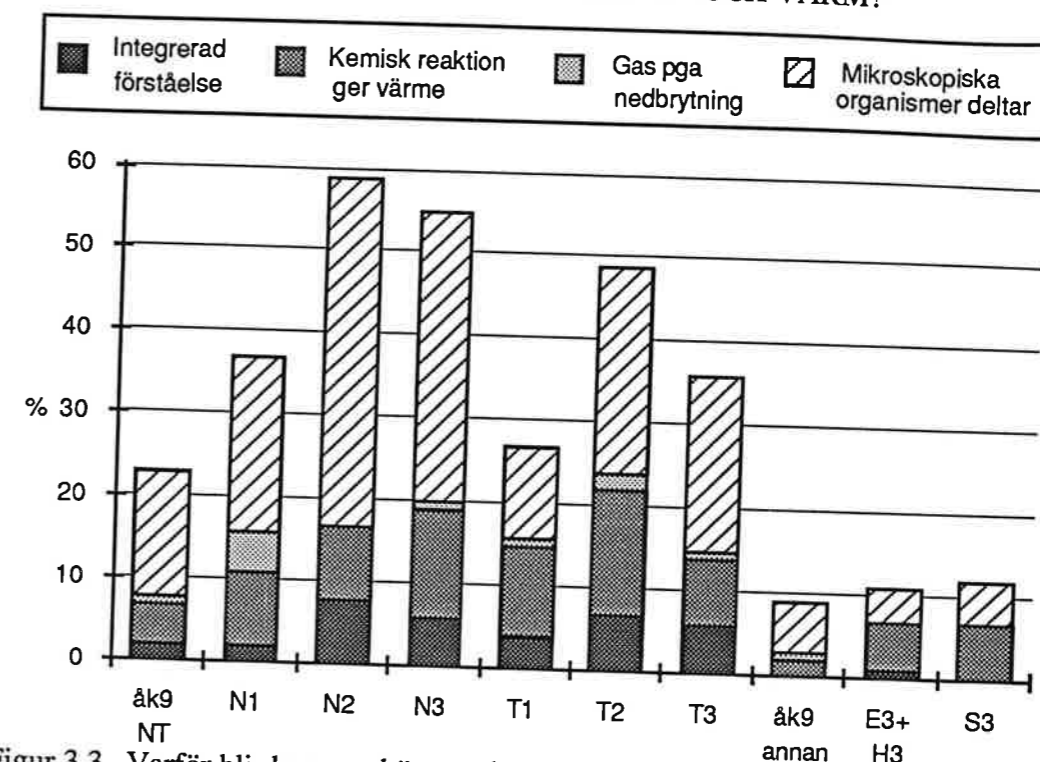
## I. ÖVRIGT

- Högen börjar avdunsta vatten och det gör att högen blir varmare. ((T1, 1 206)
- Allt i komposten ligger så kompakt att det bildas värme i den och värmen gör att allt förbränns och försvinner. (H3, 2 372)
- Maskar äter på den och då blir den mindre. Maskarna äter i mitten av högen och eftersom dagmaskar är varma blir högen varm i mitten. (H3, 2 384)
- Högen av "bösa" håller på att förmultna och omvandlas till jord denna process kräver mycket energi, därav värmen. (S3, 3 573)
- Små djur har ätit upp innehållet och vattnet har kondenserat och molekyler delats upp och försvunnit (S3, 3 580)
- Den har ruttnat och blivit utan tex klorofyll (S3, 3, 584)
- Högen har brytits ner och en del massa har omvandlats till värme. Högen har komprimerats och blivit energirikare. (N3, 3 175)
- förmultnat. reaktion pågick när det kom värme. Löven bröts ned, och molekylerna gick sönder och jorden tog vara på dem och till slut försvann dem. (T3, 3 293)
- Innehållet i löven går upp i ånga, förtätning orsakar värmen och oxidering orsakar förminskning. (N3, 2 187)
- Bakterier har angripit högen och brytit ned den till kol väte o syre. Kolet ligger kvar och syret o vätet stiger upp i luften. (N2, 4 139)
- Den bryts ned av bakterier och maskar. Kvävgas bildas. (Nitrifikation) Den processen bildar värmen. (T2, 3 236)
- En mängd ämnen har börjat bryta ner växterna. Det åtgår en massa energi och det är därför den är varm. Ämnena som bryter ner växterna vill bryta ner växterna till så litet som möjligt. (N2, 3 139)

Tabell 3.10. Varför blir komposthögen mindre och varm? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	7	16	10	5	21	9	9	13	30	18
C. Det ruttnar, blir jord m.m.	32	18	8	16	27	15	26	41	24	39
D. Makroskopiska organismer deltar	16	10	11	12	11	10	14	14	13	13
<b>E. Mikroskopiska organismer deltar</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>42</b>	<b>35</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
F1. Gasbildning (uppräkning)	2	2	1	2		1	1	2	1	
<b>F2. Gas pga nedbrytning</b>	<b>1</b>	<b>5</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		
G1. Kemisk reaktion	4	7	2	1	9	5	3	2	6	2
<b>G2. Kemisk reaktion ger värme</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
H. Ansats till integrerad förståelse	2	2	8	6	4	7	6		1	
Övrigt	15	11	10	7	7	11	11	18	14	17

## VARFÖR BLIR KOMPOSTHÖGEN MINDRE OCH VARM?



Figur 3.3. Varför blir komposthögen mindre och varm? Diagram över godtagbara svar.

### 3.2. Människokroppen

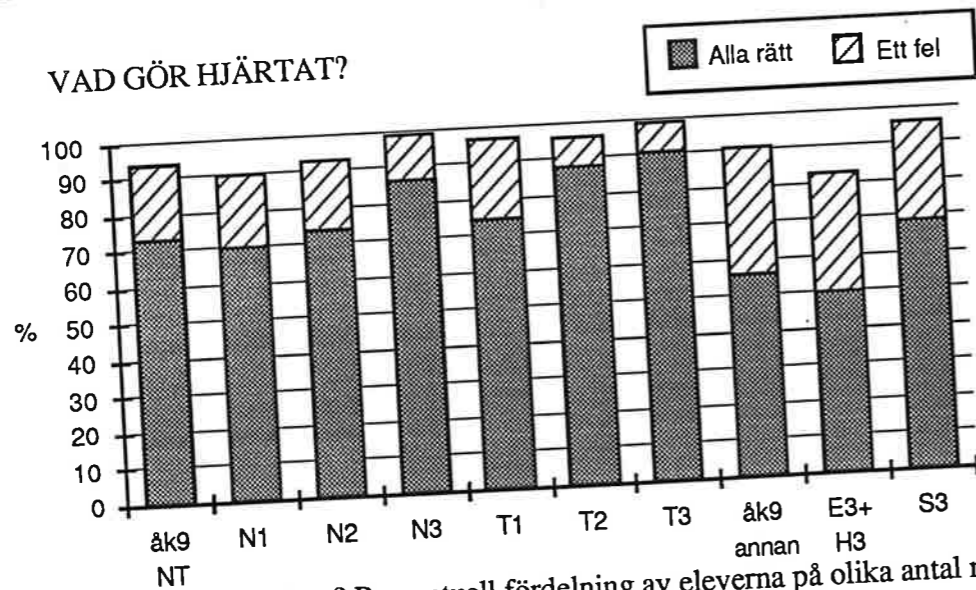
#### 10. Vad gör hjärtat?

Rätt eller fel? Sätt kryss!	Rätt	Fel
Hjärtat renar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjärtat tillverkar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjärtat pumpar blod	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man andas med hjärtat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjärtat är en muskel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabell 3.11 Vad gör hjärtat? Procentuell fördelning av elevernas ja-svar på olika alternativ

Alternativ	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Hjärtat pumpar blod	99	94	98	100	100	99	100	99	93	98
Hjärtat är en muskel	98	95	97	99	99	99	100	97	92	99
Hjärtat renar blod	16	18	15	9	14	5	6	28	30	20
Hjärtat tillverkar blod	8	9	10	1	9	2	4	16	13	6
Man andas med hjärtat	2	4		1	3	2		5	3	5

#### VAD GÖR HJÄRTAT?



Figur 3.4. Vad gör hjärtat? Procentuell fördelning av eleverna på olika antal rätta svar.

#### 11. Var blir det en blodpropp?

En person får en sk blodpropp i en ven i benet. En del av blodproppen lossnar och följer med blodströmmen. Den bit som lossnar är så stor att den fastnar i det första mindre blodkärl som den kommer in i. Var fastnar den då?

- I hjärtat       I hjärnan  
 I en lunga       Längre ned i benet

Tabell 3.12. Var fastnar blodproppen? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ.

Alternativ	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
I hjärtat	35	28	43	27	26	16	33	28	19	32
I en lunga	18	18	8	27	15	23	22	15	18	11
I hjärnan	9	9	12	4	10	10	8	12	11	13
Längre ned i benet	37	39	35	41	47	49	37	43	44	40
Övrigt		2	1	1				1	1	4
Ej besvarat	1	4	1		2	2		1	7	1

#### 12. Hur cirkulerar bloddroppen?

I skolan får du lära Dig att blodet cirkulerar i kroppen. Men hur cirkulerar en droppe blod som passerar stortån? Sätt ett kryss!

- Droppen lämnar hjärtat, går ner till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.  
 Droppen lämnar hjärtat, går ner till stortån, sedan till en lunga och därifrån tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.  
 Droppen lämnar hjärtat, går först till hjärnan, därifrån till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.  
 Droppen lämnar hjärtat, går först till en lunga, därifrån tillbaka till hjärtat, sedan ner till stortån och därifrån tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.  
 Droppen lämnar hjärtat, går först till en lunga, därifrån till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. Så kan den göra samma färd igen.



## RESULTAT

Tabell 3.13 Hur cirkulerar bloddroppen? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ

Aternativ	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Hjärta-stortå-hjärta	7	10	15	7	13	13	6	14	16	14
Hjärta-stortå-lunga-hjärta	19	18	15	12	10	16	16	18	16	20
Hjärta-hjärna-stortå-hjärta	12	13	8	2	8	14	16	18	13	26
Hjärta-lunga-hjärta-stortå-hjärta	40	36	40	56	33	34	40	21	9	21
Hjärta-lunga-stortå-hjärta	21	19	20	23	33	21	20	26	32	18
Hjärta-lunga-stortå-hjärta	1				1			1	2	
Övrigt	1	4	2		4	3	2	1	12	1
Ej besvarat										

## 13. Vad händer med inandningsluften?

Tänk dig att du andas in en viss mängd luft i ett andetag på vanligt sätt. Luften går ned i lungorna. Berätta vad som sedan händer med denna luftmängd!

## RESULTAT

Elevernas förklaringar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

A EJ BESVARAT

B. EJ MOTIVERAT  
-Vad menar ni? (N3, 4 170)  
-orkar ej besvara (T1, 4 207)

C. INGA TECKEN PÅ ATT LUFTEN KOMMER LÄNGRE ÄN TILL LUNGORNA

1. Luften kommer in i, och (oftast) ut från lungorna (luften förflyttas bara,inga andra processer nämns)  
-Luften pumpas in i lungan som blåses upp och därefter blåser ut luften. (S3, 4 597)  
-När den är förbrukad kommer den ut i ett desarmerat skick. (S3, 4 596)  
-En liten del av luftmängden stannar kvar i lungorna men det mesta andas ut. (S3, 4 574)
2. Luften (del av luften) lagras, ersätter gammal luft, renas, används mm  
-Den blandar sig med den luft som redan finns där. (N3, 4 168)  
-En del lagras en liten stund, den andra andas ut igen. (S3, 4 567)  
-Luften "renas" & ut kommer det som inte kroppen vill behålla (S3, 4 572)
3. Luften omvandlas till koldioxid  
-Andas ut igen fast bildas koldioxid. (S3, 4 570)  
-Det luft (O<sub>2</sub>) som vi använder går det ut från våra kroppar som CO<sub>2</sub>. (N3, 4 173)

4. Lungorna tar upp/tar vara på syret  
-Syret upptas och luften andas ut. (T1, 4 223)  
-Den blandas med den andra luften i lungorna. En del syre i blandningen tas upp och en del koldioxid avges till den. (N3, 4 188)

## D. LUFTEN KOMMER KROPPEN TILLGODO

1. Luften/syret går ut i kroppen/delar av kroppen (inga transportmekanismer nämns)  
-Tja, den omvandlas väl i kroppen. (S3, 4 580)  
-Den går ut i kroppen för katalysera eller delta i kroppens olika reaktioner. (N3, 4 187)  
-Människan utviner alla ämnen, farliga eller ej. & blåser senare ut den syrefattiga luften. (S3, 4 577)  
-Syret tas upp av kroppen och luftmängden ut ur kroppen ökar eftersom jag har så mycket CO<sub>2</sub> i mig som vill ut. (N3, 4 190)  
-Det blir till syre för cellerna i kroppen. (T1, 3 210)
2. Luften/syret i luften går ut i blodet  
-Syret går till blodet, resten andas jag ut. (N3, 4 171)  
-Den används till att syresätta blod och till att oxidera olika ämnen. (N3, 4 175)  
-Syret omhändertags i lungan och förs ut i blodet. Vi andas ut koldioxid. Luftmängden är densamma. (N3, 4 176)
3. Luft/syre transporteras med blodet ut i kroppen/delar av kroppen  
-Renas, tas upp av blodet. Skickas ut till hela kroppen. (S3, 4 584)  
-Blodet syresätts och transporterar ut detta i hela kroppen (N3, 4 167)  
-Luften går vidare ut i luftblåsorna som tar åt sig syre från luften. Syret transporteras sedan med hjälp av hemoglobin som finns i blodet ut till hela kroppen. (T1, 4 217)
4. Luft/syre transporteras med blodet ut till kroppens celler  
-Luften tas upp av blodet (som samtidigt lämnar koldioxid). Blod → hjärta → runt i kroppen → tas upp av en cell. (T1, 4 215)  
-Lungblåsorna för över syret i luften till blodet som transporterar syret till cellerna som behöver syret för att förbränna glukos och fett i cellerna. (T1, 2 223)  
-Luften följer med blodet i blodomloppet. Och tas upp av de processer som behöver det, det syre behövs sedan tex i cellandningen. Det går ut och in i celler genom diffusion/osmos. Det behövs säkerligen syre också i nedbrytningsprocesserna. (N3, 4 169)  
-Den transporteras av blodet till cellerna, där den binds till det väte som blir över när cellandningens olika stadier genomgåtts — blir vatten. (N3, 4 172)  
-Luften går ut i lungornas lungblåsor, där den tas upp av hemoglobin, och transporteras ut till kroppens celler och dess syrekrävande reaktioner. Därvid bildas koldioxid, som av hemoglobinet återförs till lungorna, och vi andas således ut koldioxid. (N3, 4 177)  
-O<sub>2</sub> binds vid hemoglobin, kommer till hjärtat, ut till nån cell, kopplas ihop med H<sup>+</sup> och e<sup>-</sup> (O + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub>O + ΔH) och avger då energi. Luften berikas med vattenånga och CO<sub>2</sub> från cellerna och andas ut igen. (N3, 4 182)

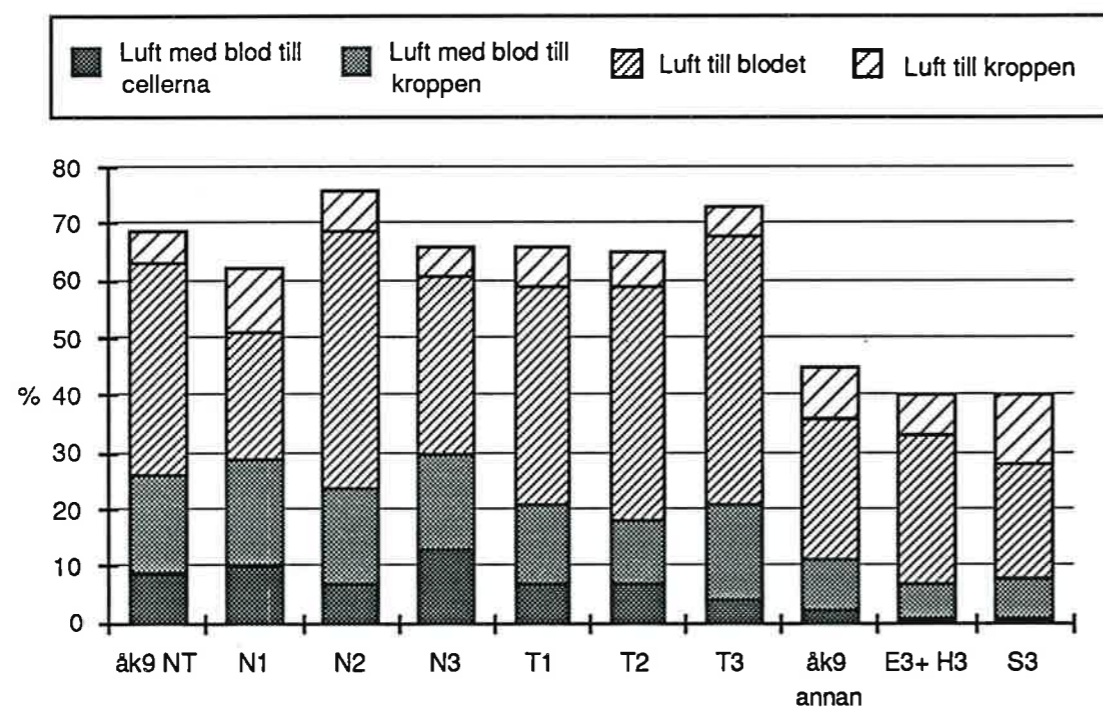
## E. ÖVRIGT

- Den reduceras. (S3, 4 569)  
-Syret tas ut. (T1, 4 225)  
-Den ger syre och "näring" så att vi orkar mer. (S3, 4 588)  
-Syret behövs i kroppen för cellerna och hjärtat. Syret konsumeras av oss. Vår utandning blir kväve och koldioxid Väte som vi ej behöver. (S3, 4 582)  
-Syret minskar, koldioxiden ökar, vattenmängden ökar. (T3, 1 290)

Tabell 3.14 Vad händer med inandningsluften? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	8	11	11	8	10	8	7	17	31	20
C. Luften till lungorna	19	23	13	24	23	25	12	33	28	33
D1. Luft/syre till kroppen	6	11	7	5	7	6	5	9	7	12
D2. Luft/syre till blodet	37	22	45	31	38	41	47	25	26	20
D3 Luft/syre med blod till kroppen	17	19	17	17	14	11	17	9	6	7
D4. Luft/syre med blod till cellerna	9	10	7	13	7	7	4	2	1	1
Övrigt	4	4	1	2	3	2	7	6	2	7

### VAD HÄNDER MED INANDNINGSLUFTEN?



Figur 3.5. Vad händer med inandningsluften? Diagram över i åk9 godtagbara elevsvar.

### 14. Varför ökat syrebehov?

Förklara varför kroppen behöver mer syre när man springer än när man går!

### RESULTAT

Elevernas förklaringar har kategoriserats enligt NUNA [1]. Här nedan återges ordagrant och utan rättning av stavfel exempel på gymnasieelevers svar.

- A. EJ BESVARAT  
 B. EJ MOTIVERAT  
 -Du blir trött och syreförbränningen ökar. Din hjärna behöver samt dina lungor. (T2, 1 243)

### C. ÖKAT BEHOV PÅ MAKRONIVÅ (I MOTSATS TILL CELLNIVÅ)

- Ökad hjärtverksamhet och/eller andning kräver mer syre/leder till att mer syre behövs**
  - Bloden rör sig snabbare i kroppen. (E3, 1 469)
  - Hjärtat är mer aktiverat när man springer än när man går. (N3, 1 171)
  - Hjärtat pumpar mer blod som i sin tur behöver mer syre. (N3, 1 192)
  - Man andas fortare eftersom kroppen och hjärnan arbetar mer. Då andas vi ut mer CO<sub>2</sub> och alltså går syre åt. (N3, 1 175)
- Ökad (allmän) ansträngning kräver mer syre**
  - Den arbetar mer då. (N3, 1 177)
  - lungorna arbetar mer kräver mer syre. kroppens energi ökar mer syre till kroppen behövs för att hålla kroppen funktionsduglig. (N3, 1 181)
- Ökad muskelansträngning kräver mer syre**
  - Musklerna behöver mer syre för att de ska årka. (N3, 1 168)
  - Musklerna behöver mer energi då. Vid den reaktionen krävs mer syre. När hjärtslagen ökar, behöver hjärtat mer syre. Blodet syresätts. N3, 1 169)
- Förbränningen ökar**
  - Organiska ämnen förbränns vid springningen, till detta behövs mer syre (N3, 1 182)
  - Därför att man behöver mer syre för att kunna förbränna fett. (H3, 1 380)
  - Jag gör åt med mer energi Energi får jag genom att förbränna mat Ju mer mat jag förbränner, desto mer O<sub>2</sub> går åt (N3, 1 186)
- Förbränningen ökar i musklerna**
  - För då arbetar musklerna mer och behöver mer syre, för att kunna förbränna mer kolhydrat (bränsle) (N2, 1 150)
  - Musklerna kräver syre i proportion till hur mycket de arbetar. Vid aktivitet vidgas blodkärlen så mer blod lättare kan ta sig fram. Syret förbränns i en muskel. Energin gör så att vi kan hålla oss aktiva (N3, 1 178)
- Mer syre förbränns**
  - Musklerna förbränner mer syre. (T1, 1 214)
  - för att den måste förbränna mer syre till koldioxid (T1, 2 204)
  - Syre förbränns när man förbränner energi i musklerna. När man springer förbränns mera energi och mera syre behövs. (T3, 1 286)
  - Kroppen förbränner/behöver mer syre när den skall anstränga sig musklerna behöver mer syre för att arbeta. Musklerna i arbete när man springer => behov av mycket syre. (T3, 1 285)
- Mer energi förbrukas/behövs**
  - Man förbränner energi. När kroppen bygger upp mer krävs syre (N3, 1 180)
  - metabolismen tar mer energi när man anstränger sig. (N3, 2 174)
  - När man springer så förbrukar man mer energi än när man går i normal takt. Detta medför att koldioxidhalten i utandningsluften minskar och kroppen behöver därmed mer syre för att kompensera för syreförlusten. Syre omvandlas som bekant till koldioxid. (T3, 1 268)
- Musklerna behöver mer energi**
  - Musklerna jobbar mera och behöver mer energi. Det får dom av syren. (N1, 1 113)
  - Förbrukning av syre ökar musklerna behöver mer energi. (T3, 1 275)

9. Syre ger/är energi/kraft

- Syret ska ut i blodet som energi, och när man springer behövs mer energi och blodet pumpas fortare. (H3, 1 375)
- Man arbetar mer och kroppen behöver mer energi som den kan få ur syret (N1, 2 113)

10. Syre hjälper till att lösgöra/framställa energi

- Energiomsättningen ökar när jag springer. För att kroppen skall kunna utvinna energi ur födan krävs syre. (T2, 1 255)
- I musklerna går det åt syre. Man förbränner kolföreningar med hjälp av syre till CO<sub>2</sub> och H<sub>2</sub>O. Om man springer måste man förbränna mer kolföreningar eftersom det går åt mer energi. Då går det också åt mer syre. (N3, 1 191)
- Syre måste till för att spjåka ATP till ADP och fosfater. Denna spjåkningsprocess ger energi och när vi springer behöver vi mer energi alltså mer syre. ((N2, 2 154)

11. Övrigt

- Mer syre går åt då reaktionerna sker snabbare. (N3, 1 167)
- Hjärtat förbrukar mer syre när det tillverkar blodet. (T3, 2 290)
- Ju mer kraft som används ju mer bränsle behövs Springa kräver mer kraft än att gå (N3, 2 177)
- Vi förbränner mer materia till energi och till förbränning behövs syre (T2, 1 250)
- För att du svätas/andas ut mycket koldioxid och måste därför få in mycket syre. C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub>. (T2, 1 251)

## D. ÖKAT BEHOV PÅ CELLNIVÅ

1. Cellerna behöver/förbrukar mer syre/energi

- Kroppens muskelceller arbetar hårdare och måste förbränna mer energi., till detta behövs syre. (N3, 1 187)
- Eftersom cellerna förbrukar mer energi när man springer måste de ha mycket syre. (N1, 1 109)

2. Cellerna förbränner mer syre

- Cellerna förbränner mer syre. ((N2, 1 136)
- Syret ingår i en del utav bränslet till cellerna och när cellerna får en ökad verksamhet då ökar syreförbrukningen. (T2, 3 238)

3. Förbränningen ökar i cellerna

- ett större utbyte i cellerna (förbränning) (E3, 1 487)
- Den behövs för förbränning i muskelcellerna. (T3, 1 290)
- Då ökar hjärtats slag och det måste ut mer syre till cellerna för förbränning. (N3, 1 170)
- Därför att förbränningen av fett och kolhydrater i cellerna ökar. (N2, 1 146)

4. Mer syre behövs för att frigöra mer energi ur ämnen i cellen

- Muskelcellerna förbränner syre för att få energi att kontraheras, eftersom muskelarbetet är större vid jogging behövs mer syre. (T3, 2 280)
- Cellerna behöver mer syre för att få fram den extra energi som behövs när du anstränger dig. (N3, 1 190)
- För att kunna röra dig snabbare går det åt mer energi och energi kommer från cellerna som förbränner näring och vid förbränning behövs alltid syre. Springa → Mer energi → Mer förbränning → Mer syre (N2, 2 135)

5. Ökad cellaktivitet

- Cellerna arbetar hårdare och behöver därmed mer syre. (T2, 1 247)
- Kroppen, cellerna, arbetar under ett snabbare tempo och behöver därför mer syre för att kunna klara av arbetet. (T2, 1 253)

6. Övrigt celler

- När man springer pumpas hjärtat mer och då behöver man mer syre till cellerna. (E3, 1 483)
- Cellerna måste ha mer syre för att kunna arbeta fortare. (N1, 2 124)

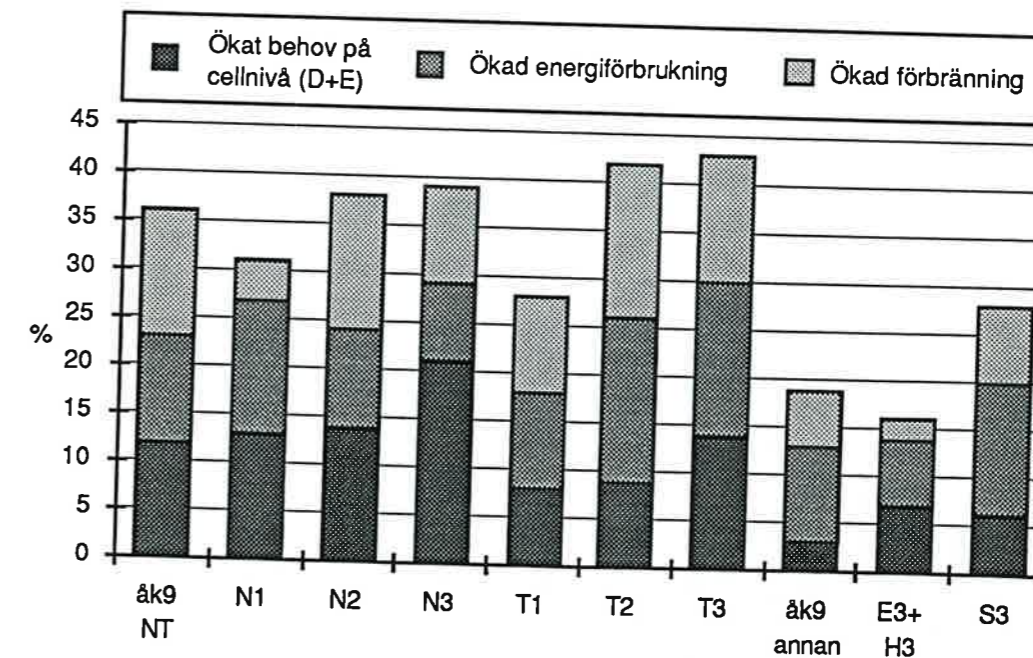
## E SYRE FÖRHINDRAR MJÖLKSYRABILDNING

- Det bildas mjölksyra. Ju mer syre desto mindre mjölksyra. (E3, 1 467)
- För att musklerna behöver det. Får de för lite producerar de mjölksyra. (T1, 1 218)
- Mer pyruvatjoner bildas i glykolysen. Mer syre åtgår att bryta ner dessa och förhindra att de bildar mjölksyra. (N1, 4 191)

Tabell 3.15. Varför ökat syrebehov? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier.

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Ej besvarat eller motiverat	10	9	9	7	7	9	12	13	20	11
C1-C3. Ökad ansträngning	46	53	35	31	58	35	37	59	61	54
C4-C6. Ökad förbränning	13	4	14	10	10	16	13	6	2	8
C7-C9. Ökad energiförbrukning	11	14	10	8	10	17	16	10	7	14
D1-D6. Ökat behov på cellnivå	12	12	14	15	5	9	13	3	3	6
E. Mjölksyra förhindras		1		5	3		1		3	
C10. Energin ökar	2	5	14	18	4	8	8	1		2
C11. Övrigt	6	2	3	5	5	6	1	8	3	5

## VARFÖR ÖKAT SYREBEHOV?



Figur 3.6. Varför ökat syrebehov? Diagram över godtagbara elevsvar

## 15. Vad ger energi till kroppen?

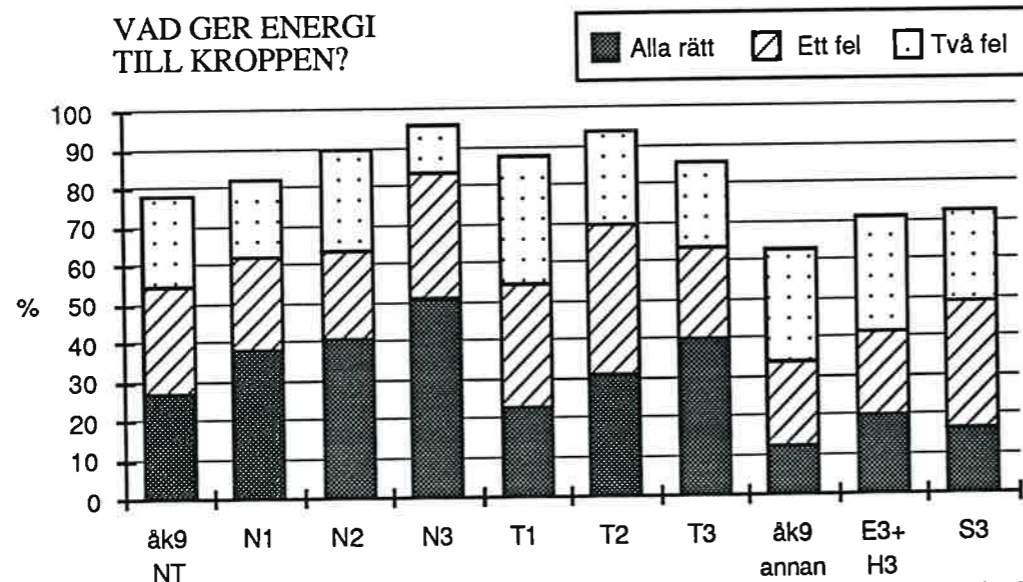
Vilka av följande ger energi till Din kropp? Om Du anser att fett ger energi till kroppen så kryssar Du i JA. Om Du anser att fett inte ger energi till kroppen så kryssar Du i nej. Fortsätt på samma sätt med resten av listan!

	JA	NEJ		JA	NEJ
fett	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	stärkelse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C-vitamin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	järn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
protein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	socker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

## RESULTAT

Tabell 3.16 Vad ger energi till kroppen? Procentuell fördelning av elevernas ja-svar på olika alternativ

Alternativ	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Socker	90	90	98	98	94	91	95	83	89	91
Fett	83	84	90	96	88	89	83	70	77	78
Protein	78	83	78	76	83	83	79	79	77	80
Stärkelse	65	73	84	86	68	75	75	56	61	66
C-vitamin	39	31	26	17	34	28	23	64	50	57
Jäm	32	26	26	11	33	17	21	55	49	58
Vatten	30	26	24	14	39	31	23	47	36	33



Figur 3.7. Vad ger energi till kroppen? Procentuell fördelning av eleverna på olika antal rätta svar (svaren på "C-vitamin" är ej medräknade)

## 16. Var frigörs energin i maten?

Maten Du äter ger Dig energi. Var i kroppen frigörs den energi som finns i maten?

Tabell 3.17. Var i kroppen frigörs energin i maten? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika kategorier

Kategori	åk9 NT (604) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2107) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Tarmarna	36	18	13	9	19	22	24	25	12	20
Magsäcken, magen	18	21	21	19	27	19	23	26	30	25
Cellerna	12	20	28	51	10	17	16	5	8	9
Musklerna	8	16	13	7	19	17	18	5	3	6
Andra inre organ	6	2	1		1	2	3	7	3	4
Blodet	5		6	4	1	1	1	8	11	13
Överallt/hela kroppen	1	4	2	2	3	5	1	2		2
Övrigt	9	5	3	3	3	3	1	8	8	6
Ej besvarat	6	15	13	5	17	14	13	13	24	15

## 17 Medicinska hjälpmedel

I sjukvården används olika tekniska hjälpmedel. Nederst är tre sådana hjälpmedel angivna, nämligen pacemaker, respirator och dialysmaskin. Du ska ange vad respektive hjälpmedel gör.

Välj bland följande:

- A. Hjälper människor med dålig lever att rena blodet.
- B. Ger hjärtat elektriska impulser så att det slår jämnt och lagom fort.
- C. Hjälper människor med dåliga njurar att rena blodet.
- D. Hjälper till att stödja en dålig rygg
- E. Hjälper svårt sjuka att andas bättre

Hjälpmedel      Vad det gör  
(ange rätt bokstav!)

pacemaker      \_\_\_\_\_

respirator      \_\_\_\_\_

dialysmaskin      \_\_\_\_\_

## RESULTAT

Tabell 3.18 Vad gör en pacemaker? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ

	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Renar blod åt lever	2	2	1		1		1	7		2
<b>Ger elektriska impulser till hjärtat</b>	<b>88</b>	<b>83</b>	<b>91</b>	<b>94</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>93</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>87</b>
Renar blod åt njurarna	2	1	1		2	1		4	3	4
Stödjer dålig rygg	2	3		2	1	1		3	4	1
Ger andningshjälp	4	1	3	2	3	1		5	2	4
Övrigt	2	1	2	1	1	1	2	2	1	2
Ej besvarat	2	9	1	1	3	7	4	2	13	

Tabell 3.19 Vad gör en respirator? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ.

	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Renar blod åt lever	4	2	2	2	7		1	4	1	1
Ger el. impulser t. hjärtat	5	3	4	2	3	2	5	9	3	5
Renar blod åt njurarna	4		3		4	1	1	4	2	
Stödjer dålig rygg	4	6	1		5	1		5	2	4
<b>Ger andningshjälp</b>	<b>79</b>	<b>76</b>	<b>86</b>	<b>94</b>	<b>77</b>	<b>85</b>	<b>88</b>	<b>73</b>	<b>78</b>	<b>88</b>
Övrigt	3	4	2	1	2	2	1	3	2	2
Ej besvarat	1	10	1	1	3	8	3	2	11	

Tabell 3.20. Vad gör en dialysmaskin? Procentuell fördelning av elevernas svar på olika alternativ

	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Renar blod åt lever	32	38	39	33	38	28	47	33	34	35
Ger el. impulser t. hjärtat	3	3	1	1		1	1	7	3	
<b>Renar blod åt njurarna</b>	<b>50</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>64</b>	<b>49</b>	<b>59</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>57</b>
Stödjer dålig rygg	5	3	2	1	5	2	1	7	3	5
Ger andningshjälp	6	6	2		4		1	7		2
Övrigt	4	4	6		2	2	3	5	3	1
Ej besvarat		9	1	1	3	7	4		17	

Tabell 3.21. Medicinska hjälpmedel. Procentuell fördelning av eleverna på olika antal rätta svar.

	åk9 NT (609) %	N1 (106) %	N2 (91) %	N3 (97) %	T1 (104) %	T2 (88) %	T3 (95) %	åk9 annan (2132) %	E3+ H3 (90) %	S3 (85) %
Medicinska hjälpmedel										
<b>Alla deluppgifter rätt</b>	<b>44</b>	<b>35</b>	<b>45</b>	<b>61</b>	<b>40</b>	<b>56</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>48</b>
En deluppgift fel	35	42	41	33	39	30	50	35	39	39

## 4. ANALYS OCH DISKUSSION AV RESULTATET

I detta kapitel ges först en sammanställning av vad eleverna är hjälpta av att kunna för att svara på uppgifterna. Därefter följer generella tolkningar samt tolkningar uppgift för uppgift för N- och T-linjerna.

För att kunna svara tillfredställande på NUNA:s uppgifter om *ekologi med fotosyntes* och *människokroppen* bör eleverna:

- kunna ordna atom, molekyl och cell hierarkiskt
- ha en enkel materiamodell (atom, jon, molekyl)
- behärska några aspekter av gasbegreppet
  - gaser existerar
  - gaser har massa
  - ej instängda gaser tenderar att sprida sig
  - gaser (syre, koldioxid) kan lösas i vatten (blod)
  - gaser kan delta i kemiska reaktioner
- behärska några aspekter av fasövergångar
  - massan bevaras då materia genomgår fasövergångar
  - ämnena behåller sin identitet vid fasövergångar
- behärska enkla aspekter av kemiska reaktioner
- kunna skilja mellan kemiska reaktioner och andra förändringar
- veta att massan bevaras vid kemiska reaktioner
- inse att de reagerande ämnena upphör att existera men att de i ämnena ingående atomerna bevaras och bildar helt nya ämnen vid en kemisk reaktion
- behärska några grundläggande biologiska begrepp
  - producent
  - konsument (växtätare, djurätare)
  - nedbrytare
  - näringskedja, näringsväv
  - energikedja, energiväv
- ha grundläggande kunskaper om människokroppen vad gäller
  - olika organs funktion
  - cellernas funktion
  - medicinska hjälpmedel
- ha elementära kunskaper om energiflöde och materiaflöde (atom-, jon-, molekylnivå) vid:
  - fotosyntes
  - livsprocesser i växter och djur
  - nedbrytning av växter och djur
- behärska några grundläggande ekologiska samband

## 4.1. Generella tolkningar av resultatet

Svaren från *åk 9NT* (elever, som valt N- eller T-linjen) och *åk 9annan* (elever, som valt annan gymnasielinje än N eller T) skiljer sig kraftigt åt på så gott som samtliga uppgifter. Åk 9NT-eleverna har grovt räknat 50-100 % bättre resultat än åk 9annan-eleverna.

Resultaten i *åk 9NT*, *N1* och *T1* skiljer sig obetydligt från varandra.

*N2:s* och *T2:s* resultat ligger på högre nivå än *åk 9NT-elevernas*. *N2-elevernas* begreppsförståelse är i allmänhet något bättre än *T2-elevernas*. *T2* och *T3* befinner sig på ungefär samma nivå, vilket kan förväntas eftersom endast en mindre del av *T3-eleverna* väljer till biologi i åk3.

*N3* har avsevärt bättre resultat än *N2* och därmed också bättre än *T2/T3*.

E3- och H3-elevernas begreppsförståelse är ungefär jämförbar med åk 9annan-elevernas.

S3-elevernas resultat ligger totalt sett på en något högre nivå än åk 9annan-elevernas men når ej upp till åk 9NT-elevernas. Några uppgifter har för S3 sämre resultat än för åk 9annan.. Den största skillnaden i positiv riktning finns på uppgifterna 14–17, som har med ämnesomfattning och medicinska hjälpmedel att göra.

För E3, H3 och S3 hänvisas till den analys av svaren på de enskilda uppgifterna i årskurs 9, som gjorts av Andersson m.fl.(1993b, s. 54 – 62).

Vad gäller öppna svarsuppgifter återfinns samma kategorier av svar både på gymnasiet och i grundskolan. Det är en gradskillnad men inte en artskillnad. Inflytande från undervisningen visar sig i språkdräkten men inte nödvändigtvis i det reella innehållet. Gymnasieeleverna uttrycker sig med betydligt fler ord, men samma tankemönster kan skönjas bakom orden.

## 4.2. N- och T-linjerna jämfört med årskurs 9NT

### 4.2.1. Ekologi med fotosyntes

#### 1. Var sker fotosyntes?

Om eleverna vet, att fotosyntes sker i gröna växter eller växtdelar är det tillräckligt för att lösa uppgiften. 25% av eleverna i åk 9NT har alla deluppgifter rätt, 58% i N3 och 34% i T3 (48% i T2). Kaktus, björnmossa och granbarr! (fotosyntes sker) vållar svårigheter liksom kantarell och tallbark (ingen fotosyntes).

#### 2. Hur ändras gasblandningen?

Ett sätt att lösa uppgiften är att översätta ordformeln för fotosyntes: *koldioxid + vatten + energi (i närvaro av klorofyll) → kolhydrat (socker) + syre* till vad som sker med den instängda luften, då den tillsammans med krukväxten belyses av solen. Rimligen har alla elever kommit i kontakt med formeln men det är ändå c:a 30 % av eleverna på både N- och T-linjen mot 42% i åk 9NT, som missar någon eller några av deluppgifterna.

#### 3. Varifrån kommer biomassan?

Steget från att känna till fotosyntesen till att inse, att skogens tusentals ton har kommit från koldioxid och vatten, tycks vara oerhört långt. Runt 30 % av eleverna oberoende av årskurs och linje anser, att massan kommer från näring/jord/vatten. 11% av åk 9NT-eleverna, som högst 24% av N-eleverna och 22% av T-eleverna ger tillfredsställande svar. Utfallet är lägre än för uppgiften "Vad väger avgaserna?" (Jansson, 1994a), där 31% av N3- och 32% av T3-eleverna angav massan av avgaserna som högre än massan av bensinen. Båda uppgifterna kräver kunskaper om gasers egenskaper och massans bevarande vid kemiska reaktioner. Många elever har föreställningen, att gaser ingenting väger, vilket kan spela in, då de skall förklara biomassans ursprung.

Elevers uppfattningar om fotosyntes kan belysas med några internationella jämförelser. Simpson och Arnold (1982) anger några val av svarsalternativ på multiple-choice-test för 16-åriga skotska elever, som läst biologi 2 år:

Den mesta näringen till en grön växt erhålles från jorden	38% (N=637)
Det kol, som behövs för att bygga upp kolhydrater i växten kommer från andra källor än luften	60% (N=637)

Eisen och Stavy (citerad i Leach m. fl. 1992, s. 25) föreslår att problemen med lärande om fotosyntes kan delas upp i svårigheter av psykologiskt och svårigheter av undervisningsursprung. Leach m. fl. skriver (min översättning):

Följande svårigheter av psykologiskt ursprung föreslås:

- Nödvändigheten att behandla den levande kroppen som en kemisk enhet och beskriva biologiska fenomen i kemiska termer.
- Egocentricitet som resulterar i svårighet att se att människan (och djuren) är beroende av växternas existens.
- Nödvändigheten att integrera skilda delar av detaljerad information rörande fotosyntes till en meningsfull helhetssyn.

Följande svårigheter av undervisningsursprung föreslås:

- Missuppfattningar [misconceptions] om kemiska processer
- Missuppfattningar om respiration och en tendens att bygga in ny kunskap i existerande system av missuppfattningar
- Brist på kunskap om energi

Eisen och Stavy menar, att meningsfull inläring om fotosyntes uppnås inte, om tyngdpunkten i undervisningen ligger på detaljer i relationen mellan de specifika molekylerna i motsats till på de allmänna principerna för fotosyntes.

Den vetenskapshistoriska utvecklingen av begrepp kopplade till fotosyntesen beskrivs av Andersson m.fl.(1993b) på följande sätt:

Idén att växter får sin näring eller föda från marken finns formulerad av Aristoteles. Han ansåg att denna föda bildades i jorden under inverkan av värme. En förberedande "matsmältning" började i jorden, varefter födan togs upp av växternas rötter.

En intressant händelse i vetenskapshistorien är ett experiment av den flandriske läkaren Jean Babtista van Helmont, som utfördes i mitten på 1600-talet. Han lade 200 skålpund torkad jord i en kruka, och planterade så ett pilträd, som vägde 5 skålpund, i denna. Under fem år vattnade han krukans och skötte om växten. Därefter torkade han och vägde jorden igen. Den hade minskat i vikt med 2 uns. Trädet vägde nu 169 skålpund. Av detta drog han slutsatsen: "Därför uppstod och uppväxte 164 skålpund trä, bark och rötter av vatten allenast."

Varken Aristoteles eller van Helmont hade tillgång till det moderna gasbegreppet, som formulerades under 1700-talet. Ej heller visste de något om grundämnen och kemiska reaktioner, vare sig på makroskopisk eller atomär nivå. Dessa begrepp utvecklades under senare delen av 1700-talet och under 1800-talet. Eleverna verkar befinna sig i en liknande situation. I varje fall använder en stor del av dem inte de vetenskapliga begrepp som skolan undervisat om.

#### 4. Vilka är producenter?

Begreppen producent och konsument har också att göra med var fotosyntes kan ske (jämför med uppgift 1). Det är intressant att notera, att det är c:a 10 %-enheter fler elever på N-linjen, som anser, att björnmossa är producent än som anser, att det sker fotosyntes i björnmossa. Uppgiften har även att göra med skillnaden mellan växter och djur och kräver inte någon artkännedom. Alla rätt har 39% av eleverna i åk 9NT, 75% i N2, 66% i T2 medan N3 och T3 har lägre andel rätta svar, 60% resp.42%. T3-eleverna skiljer sig därmed obetydligt från åk 9NT-eleverna.

#### 5. Vilken näringskedja är omöjlig?

Uppgiften kan ses som en tillämpning av begreppen producent och konsument (utan att dessa begrepp nämns). För att lösa uppgiften räcker det dock att "veta" att växter inte äter djur d.v.s. att växtplankton inte äter hoppkräftor. Svaren från N- och T-eleverna skiljer sig inte alls från åk 9NT-elevernas — drygt 70 % ger rätt svar.

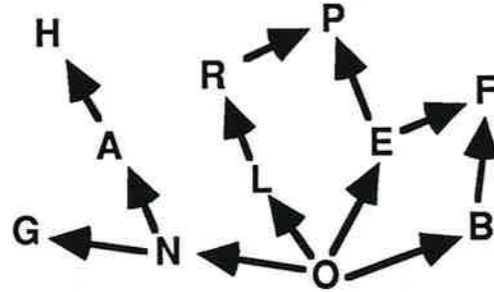
#### 6. Hur ändras näringsväven?

Även denna uppgift berör området producent och konsument. Förändringar för en population i näringsväven har följdverkningar för alla andra populationer, d.v.s. sambanden är komplexa. Detta svarar 16% av åk 9NT-eleverna, som högst 42% av N-eleverna och 32% av T-eleverna. Resten av eleverna ger ofullständiga svar, där de endast tar hänsyn till mindre delar av näringsväven.

#### 7. Vilka följder har larvangreppet?

Uppgiften ger utrymme för eleverna att spekulera om möjliga följder för andra organismer än larver och träd. Såväl ändrade miljöfaktorer som ändrade näringsförhållanden (vanligast) berörs i svaren. Knappt 10% av N- och T-eleverna nämner både ändrade miljöfaktorer och näringsförhållanden mot 15% av åk 9NT-eleverna.

Griffiths och Grant (1985) har undersökt hur 200 biologielever i åk 10 (grade 10) i high school svarar på 9 kvalitativt olika öppna frågor rörande hur förändringar av en population i en komplicerad näringsväv påverkar andra populationer. Näringsväven har följande utseende:



Figur 4.1. Näringsväv enligt Griffiths och Grant (1985)

I svaren har de identifierat flera icke vetenskapliga uppfattningar, "misconceptions". Nedan förtecknas dessa (min översättning):

1. Tolkning av dynamiken i en näringsväv i termer av en näringskedja.
2. I en näringskedja påverkar förändring av en population en annan population endast om de är direkt relaterade som predator och byte.
3. En population högre upp i en näringsväv är predator för alla populationer som befinner sig längre ner i näringskedjan.
4. En förändring i storlek av en bytespopulation har ingen effekt på predatorpopulationen.
5. Om storleken av en population förändras i näringsväven, ändras alla andra populationer på samma sätt.

Samma typ av förenklingar, som Griffiths och Grant anger, kan spåras i svaren på uppgift 6 och 7.

#### 8. Vad händer med atomerna i det döda djuret?

Uppgiften besvaras av eleverna på många olika sätt och nivåer. De enklaste svaren innehåller endast konkreta beskrivningar av nedbrytning, men ger ej besked om vart atomerna tar vägen. En del svar visar, att elever tillskriver atomer egenskaper, som hör till den makroskopiska nivån: *atomer omvandlas, atomer sönderdelas, atomer tynar bort, atomer dör*. Några svar pekar på icke vetenskapliga uppfattningar av C14-metoden för ålders-bestämning av fossil: *atomerna halveras, atomerna strålas ut från kroppen*. Huvuddelen av svaren pekar mot att eleverna har klart för sig, att atomerna på något sätt går vidare till omgivningen och/eller till andra organismer. I de mest avancerade elevsvaren förs resonemang om atomernas frigörande från varandra och deltagande i kemiska reaktioner för att bilda nya ämnen. Den senare typen av svar lämnas av 11% i åk 9NT, av 25% i N2 och 17 % i N3 samt av 8% i T2 och 14% i T3.

#### 9. Varför blir komposthögen mindre och varm?

Liksom uppgift 8 (början av problemläsningsdelen) har denna uppgift (slutet av problemläsningsdelen) med nedbrytning att göra. Kategoriseringen fokuserar dels materiaomvandlingen, dels orsaker till värmeutvecklingen. Även denna uppgift besvaras på många olika sätt och nivåer. Huvuddelen av eleverna avger biologiskt inriktade svar (kategori C, D och E). NUNA-gruppen har valt att kategorisera de biologiskt inriktade svaren efter om inga organismer nämns (kat.C), om makroorganismer nämns (kat.D) eller om mikroorganismer nämns (kat.E) med underkategorier för orsak till värmeutvecklingen. En omgruppering av svaren från kategorierna C, D och E med avseende på orsaker till värmeutvecklingen visas i följande tabell:

Tabell 4.1. Komposthögen. Elevsvaren i kategori C, D och E omgrupperade efter angivna orsaker till värmeutvecklingen.

9. Komposthögen.	åk9 NT	N1	N2	N3	T1	T2	T3
Kategorierna C + D + E.	(604)	(106)	(91)	(97)	(104)	(88)	(95)
Orsaker till värmeutveckling	%	%	%	%	%	%	%
Ingen orsak anges	44	23	30	34	33	34	42
Fysisk orsak anges	5	4		2	1	1	3
Biologisk + ev. fysisk orsak anges	15	23	31	28	14	15	16

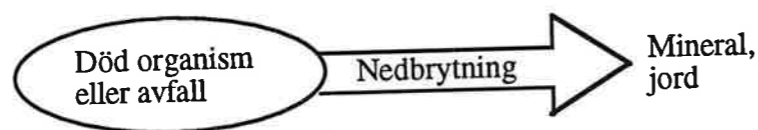
Mindre än hälften av de elever, som ger biologiskt inriktade svar, tar således också upp orsaker till värmeutvecklingen (se tabell ovan)

Kemiskt inriktade svar med förklaring till båda deluppgifterna avges av knappt 10 % av åk 9NT-eleverna, mindre än 20% av N-eleverna och mindre än 25% av T-eleverna.

Smith och Anderson (citerad i Leach m. fl., 1992) har angett två naiva uppfattningar om nedbrytning:

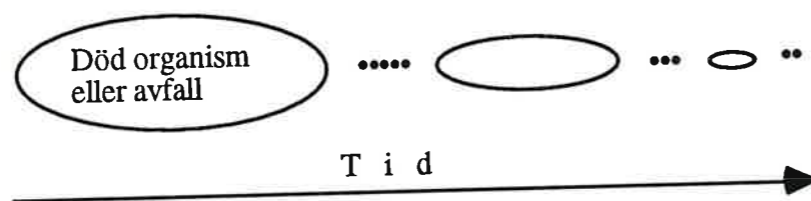
**Målbegrepp: Nedbrytning överför döda organismer till koldioxid, vatten och mineraler. Lite materia överförs till nedbrytarna själva.**

**Naiv uppfattning 1:**



Döda organismer omvandlas till mineraler och jord genom nedbrytningsprocessen

**Naiv uppfattning 2:**



Döda organismer ruttnar bort och berikar jorden under den processen

Figur 4.2. Naiva uppfattningar enligt Leach m. fl., 1992 s. 27 (min översättning).

Båda dessa naiva uppfattningar finns med i elevsvaren på uppgift 8 och 9.

Andersson m. fl. (1993b) kommenterar resultaten i årskurs 9 på följande sätt:

Ekologins betydelse i samhället och elevernas kunskapsbrister är kraftfulla argument för att förbättra undervisningen inom området. Detta arbete kan med fördel äga rum inom ramen för ett överordnat syfte, nämligen att utveckla en naturesyn för hållbar utveckling. Begreppet kommer från Brundtlandkommissionens rapport. Innebörden är att man försäkras om att utvecklingen tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter och behov. Det gäller t ex att grundvattnet skall förbli drickbart, fisken ätbar, marken behålla sin produktionsförmåga mm. Begreppet hållbar utveckling innebär inga absoluta gränser utan sådana som sätts av dagens teknologi och samhällsorganisation, av naturresurser och av biosfärens förmåga att tåla effekterna av människans olika verksamheter.

I en naturesyn för hållbar utveckling ingår vetenskapligt kunnande och beprövad erfarenhet. Ekologin har en viktig roll att spela ... men också andra ämnesområden blir viktiga. Fysiken kan bidra med kunnande om energins omvandlingar och utspridning. Kemins betydelse för att förstå biologiska processer har upprepade gånger framhållits. Historien kan lära oss att olika naturesyner avlöst varandra och även existerat parallellt. Skilda tiders behov och kunnande samt naturens egna begränsningar har utgjort ramarna

Dessa kommentarer har även giltighet för gymnasieskolan.

#### 4.2.2. Människokroppen

##### 10. Vad gör hjärtat?

Så gott som alla elever både på grundskolan och i gymnasiet vet att hjärtat pumpar blod och är en muskel men flera elever tillskriver hjärtat även andra funktioner. Således avger 27% av eleverna i åk 9NT något eller några felaktiga svar, liksom 13% i N3 och 9% i T3.

##### 11. Var blir det en blodpropp?

##### 12. Hur cirkulerar bloddroppen?

För att ge korrekt svar på dessa uppgifter måste man känna till att människan har ett dubbelt blodomlopp. För uppgift 11 måste man dessutom veta att blodet i en ven är på väg till lungorna via hjärtat för att syrsättas. Andelen korrekta svar skiljer sig inte mycket från åk 9NT-elevernas. Endast N3 har nämnvärt fler korrekta svar än årskurs 9NT på både uppgift 11 och 12, vilket troligen har att göra med innehållet i N3:s biologistudier.

##### 13. Vad händer med inandningsluften?

Uppgiften är öppen och svaren avges på många olika sätt och på olika nivå. I de enklaste svaren konstateras, att luftmängden går till lungorna och sedan ut igen. I mer utförliga svar diskuteras hur luften/syret kommer kroppen till godo. I de mest avancerade svaren följs syrets väg till kroppens celler, dess deltagande i kemiska reaktioner i cellerna, varvid bildas koldioxid, som sedan transporteras tillbaka till lungorna och följer med luften ut. I de svar, som godkänts för åk 9NT, beskrivs syrets transport med blodet till kroppen eller delar av kroppen eller till kroppens celler (kategori D3 + D4). 26% av åk 9NT-eleverna svarar så, som högst 30% av N-eleverna och 21% av T-eleverna. Svaren från de olika elevgrupperna skiljer sig inte särskilt mycket vad gäller inplacering i kategorier. Däremot är beskrivningen av vad som händer i t.ex. cellerna betydligt mer utförlig och avancerad på N- och T-linjen än i åk 9NT.

##### 14. Varför ökat syrebehov?

För att öka muskelaktiviteten krävs mer energi, som erhålls genom ökad förbränning i cellerna av kolhydrat tillsammans med syre enligt formeln:  $Kolhydrat (socker) + syre \rightarrow koldioxid + vatten + energi$ , d.v.s. omvändningen av fotosyntesen. I sina svar tar de flesta eleverna fasta på antingen den ökade ansträngningen eller den ökade förbränningen eller den ökade energiförbrukningen. Ganska få elever reder ut det ökade syrebehovet på cellnivå. Svar på cellnivå lämnar 12% av eleverna i åk 9NT, 21% i N3 och 14% i T3.

##### 15. Vad ger energi till kroppen?

Socker, fett, protein och stärkelse kan efter spjäkning förbrännas tillsammans med syre och ge energi till kroppen. I vardagslivet dricker vi vatten och tar järntabletter, när vi känner oss trötta. Det kan förklara, att 20–30 % av N- och T-eleverna (ej N3) och 30–50% av övriga elever anser, att vatten eller järn ger energi till kroppen. C-vitamin-tillförseln till kroppen är så liten att den saknar praktisk betydelse i detta sammanhang och har därför ej tagits med, då andelen elever med alla rätt har beräknats. 27% av eleverna i åk 9NT har alla rätt, 51% i N3 och 40% i T3. Det betyder, att mer än hälften av N- och T-eleverna inte har denna fråga helt klar för sig.

Boyes (1990) har i en undersökning i England visat, att 65% av eleverna i 11/12-årsåldern och runt 30% av eleverna i 15/16-årsåldern är säkra eller nästan säkra på, att djur får sin energi från vatten.

##### 16. Var frigörs energin i maten?

Den allt övervägande delen av energin i maten frigörs i cellerna. Detta svar ger 12% i åk 9NT, 51% i N3 och 16% i T3. Skillnaden mellan N3 och T3 kan troligen hänföras till att N3 men ej T3 läser biologi i åk3. Svaret i *musklerna* är naturligtvis delvis rätt men är ofullständigt. De elever, som svarar i *magen eller i magsäcken eller i tarmarna* tänker troligen mer på var maten hamnar och spjäkas än på var energi frigörs.



Resultaten på uppgift 13, 14 och 16 indikerar, att begreppet cell inte är en levande del av elevens tänkande.

De kommentarer Andersson m. fl. (1993b) gett för grundskolan gäller även för gymnasieskolan och återges här:

En öppen fråga är hur långt eleven kan komma i sin förståelse av kroppens anatomi och fysiologi. Problematiken kan formuleras så här: Förståelse av människokroppen har två huvudaspekter. Dels gäller det att förstå den som ett system av integrerade delsystem (hjärna-nerver, andning, matspjälkning, blodomlopp osv). Dels gäller det att förstå den på olika nivåer (molekyl, cell, vävnad, organ, organsystem). Allt hänger ihop. Funktionen hos en del förstås i relation till andra delar och till helheten. Funktionen på en nivå förstås i relation till funktionen på under- och överordnade nivåer. En hel del begrepp från fysik och kemi behövs - energi, gas, kemisk reaktion osv. Det är en empirisk fråga att ta reda på vad av allt detta som kan uppnås under normala undervisningsbetingelser.

Slutligen vill vi framhålla möjligheten att i större utsträckning än nu koppla ihop undervisningen om människan med ekologin, dvs studera människan som en del i ekosystemet. Detta leder till att en intressant problematik måste bearbetas. Ekologin har utvecklat sina begrepp på basis av studier av andra organismer än människan. Människan som kulturvarelse och samhällsbyggare finns inte med. Hennes förmåga till nyskapande, t ex tekniska innovationer, är inte beaktade. Ekologi är naturvetenskap. Människan i ekosystemet är något annat. Hur kan detta komma till uttryck i skolans undervisning?

### 4.3. Validitet och reliabilitet

#### 4.3.1. Urvalet

Generalisering av utfallet av denna studie måste göras med försiktighet. Dels är antalet elever i varje årskurs endast ca 100 (4 klasser spridda på fyra olika skolor). Lärarinflytandet i den enskilda klassen kan då ha stor genomslagskraft. Dels är endast fyra skolor inblandade. Dessa skolor får anses vara storstadsskolor även om en av skolorna rekryterar elever även från landsbygden.

För att resultatet skulle vara generaliserbart till riket borde eleverna ha valts ut slumpvis för varje linje och årskurs. Nu har i stället skolorna valts ut med avsikt att rekryteringsområdet skulle vara någorlunda stabilt och att därmed årskurserna skulle kunna jämföras med varandra inom varje linje samt att även linjerna skulle kunna jämföras med varandra. Elevpopulationen i årskurs 9 är däremot slumpvis utvald. Därför jämförs nedan betygen från åk9 för de olika elevpopulationerna.

Tabell 4.2. Medelvärden för årskurs-9-betyg i matematik och naturvetenskapliga ämnen alternativt i NO (blockbetyg) för NUNA-klasserna och för gymnasieklasserna.

	ma	bi	fy	ke	tk	NO
åk 9NT	3,7	3,8	4,0	3,9	3,7	3,9
(N + T)-linjerna (alla)	4,0	4,2	4,2	4,1	3,8	4,1
N1 + N2 + N3	4,1	4,3	4,3	4,3	3,7	4,2
T1 + T2 + T3	3,8	4,0	4,1	3,9	3,8	3,9
åk 9annan	3,1	3,2	3,0	3,0	3,1	3,1
E3 + H3 + S3	3,3	3,7	3,5	3,5	3,4	3,6

Gymnasiegruppernas betyg från grundskolan har jämförts med vårterminsbetygen för åk 9NT respektive åk 9annan. Resultatet visar (se tabell ovan) att T-eleverna nästan precis har samma betygsnivå och -fördelning som åk 9NT medan N-elevernas åk 9-betyg är något högre. C:a 7 % av gy-eleverna har ej redovisat något betyg. Differensen kan dock vara mindre än de redovisade värdena eftersom några av eleverna i åk 9NT kanske inte kom in på N- eller T-linjen.

E3 + H3 + S3-elevernas åk 9-betyg är något högre än åk 9annan-elevernas. För bi, fy och ke är betygen så mycket som en halv betygsenhet högre. C:a 10 % av dessa gy-elever har ej angett något betyg. Men för åk 9annan gäller, att denna grupp innehåller elever med vitt skilda gymnasieval, även yrkesinriktade sådana. Åk 9annan-populationen är ej direkt jämförbar med E3 + H3 + S3-populationen men har ändå fått tjäna som referensgrupp eftersom den skiljer sig stort från åk 9NT.

Tabell 4.3. Resultat (medelvärden) av Centrala Prov för N3 och T3 jämfört med riksurval.

	fysik (vt 1993)	kemi (vt 1992)
Riksurval N-linjen N3	16,4p 15,2p	18,0p 16,9p
Riksurval T-linjen T3	15,7p 15,8p	15,1p 16,0p

I centrala proven framstår N3 som något svagare än riksurvalet (Hofslagare & Mattsson, 1992 resp. Lindström & Ramstedt, 1993) medan T3 är något bättre än riksurvalet. Vid inbördes jämförelse mellan N3 och T3 är T3 något bättre i fysik och N3 något bättre i kemi.

Betygsjämförelserna tyder således på att gymnasieeleverna i undersökningen kan betraktas som tämligen representativa för landet. Årskurs 9-betygen för undersökningens urval av elever skiljer sig inte avsevärt från NUNA:s representativa urval. Resultaten i centrala proven skiljer sig inte heller i någon större grad från riksurvalet (möjligen med undantag av kemireultatet för N3).

Jämförelse mellan de *kvalitativa resultaten* för åk 9NT respektive åk 9annan och de olika gymnasiegrupperna visar gradskillnad men inte artskillnad. Samma kategorier av välgrundade svar liksom av alternativa uppfattningar och felaktiga svar, som finns i grundskolan, återfinns också i gymnasieskolan. N- och T-eleverna visar genomgående bättre resultat än åk 9NT-eleverna vilket är att förvänta. T-eleverna har på de flesta uppgifterna något sämre resultat än N-eleverna vilket stämmer med deras åk 9-betyg. Även dessa jämförelser tyder på att resultaten skulle kunna vara någorlunda generaliserbara.

#### 4.3.2. Undersökningens genomförande

Genomförandet rymmer flera felkällor. Dels kan frågeformuleringen vara oklar för eleverna så att de misstolkar uppgiften. Dels kan de sätta kryss i fel ruta eller hoppa över blad. De kan också tycka att frågan är så löjlig att de inte vill svara på den. Detta framskymtar i några kommentarer och ter sig inte orimligt med tanke på att de flesta uppgifterna ursprungligen formulerades för åk 9-elever. Eleverna kan också ha blivit trötta på slutet och därför struntat i att avge svar på de sista uppgifterna.

Elevfrånvaro kan vara en källa till snedvridning. För de fyra klasser, som hade störst frånvaro, har betygen erhållits från skolorna. Det visar sig, att betygsnivån var obetydligt lägre för de frånvarande eleverna i T1, T2 och T3 i naturvetenskapliga ämnen + matematik. I S3 :an med hög frånvaro var betygsnivån något högre för de frånvarande än för de närvarande eleverna (svenska, samhällskunskap, matematik).

Kodningen i olika kategorier rymmer också möjligheter till fel. Kodarens och elevens språkbruk kan skilja sig så mycket att kodarens tolkning av svaret ej stämmer med elevens intention. Kodaren kan under kodningens gång glida i inplacering i viss kategori och placera i en kategori i början av kodningen och sen gå över till en annan kategori i slutet av kodningen. Elevsvaret hamnar då troligen i närliggande kategori, vilket inte spelar avgörande roll för resultatet.

Alla dessa möjliga fel gör att resultatet måste tolkas med försiktighet vad gäller angivna procentenheter. Det viktiga är emellertid inte exakt vilken frekvens som erhållits för ett visst svar utan att undersökningen visat, att svaret förekommer i populationen.

#### 4.3.3. Bedömning av elevernas svar

Då eleverna ska svara på en öppet ställd biologisk uppgift utnyttjar de flera möjligheter till svar. De kan ge uttryck för vardagsuppfattningar (alternativt andra icke-vetenskapliga uppfattningar) eller för vetenskapliga uppfattningar. De kan välja att svara på makronivå eller på cellnivå eller på partikelnivå (atom, jon, molekyl).

	Makronivå	Cellnivå	Partikelnivå (atom, jon, molekyl)
Vardagsuppfattningar (alt. icke-vetenskapliga uppfattningar)			
Vetenskapliga uppfattningar			

Figur 4.2. Matris, som åskådliggör sex olika svarssätt:

Vilket eller vilka sätt eleverna väljer för sina svar beror bl.a. på vilka "nycklar" (eng. trigger) de ser i frågeställningen (jfr Solomon, 1992, s. 108–110). Värderingen av elevernas svar blir således vanskelig p.g.a. alla svarsmöjligheter, som står till buds och p.g.a. svårigheten att veta vilket eller vilka alternativ, som utlösts av frågeställningen.

## 5. ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER, JÄMFÖRELSE MELLAN GRUNDSKOLAN OCH GYMNASIESKOLAN

### 5.1. Måluppfyllelse av grundskolans mål

#### 5.1.1. Ekologi med fotosyntes

Andersson, m. fl. (1993b s.14–18, 21–22, 26–27) har vägt samman analys av ekologiska begrepp och modeller, motiv för undervisning om dem, kunnande inom begreppsforskningen samt lärarerfarenheter och därefter formulerat mål för grundskolan. Huvudpunkterna återges i början av denna rapport.

Nedan anges måluppfyllelsen i N3 och T3 jämfört med åk 9NT samt i E3+H3 och S3 jämfört med åk 9annan.

Tabell 5.1. Mål, uppgifter och andel godkända svar för området *ekologi med fotosyntes* (GYMNASIELINJERNA JÄMFÖRT MED ÅK 9NT RESPEKTIVE ÅK 9ANNAN)

MÅL	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR (%)					
			åk9 NT	N3	T3	åk9 ann an	E3+ H3	S3
1. Växter tar upp koldioxid och vatten. Med hjälp av solenergi omvandlas dessa ämnen till socker, som behålls av växten, och syre, som avges (fotosyntes)	1. Var sker fotosyntes?	Ett fel godtas	50	87	70	28	36	38
	2. Hur ändras gasblandningen?	Alla rätt	58	73	71	26	26	32
	3. Varifrån kommer biomassan?	Kategori H eller I	11	24	22	3	4	4
2. Solstrålningen är växternas enda energikälla. Växterna (producenter) är i sin tur djurens (konsumenter) enda energikälla, direkt eller indirekt. Förändringar av energikedjor och vävar kan orsakas av förändringar av populationer och den fysiska miljön. Förändringar av en population kan påverka alla andra i en väv.	4. Vilka är producenter?	Ett fel godtas	53	78	72	35	39	38
	5. Vilken näringskedja är omöjlig?	Rätt svar	73	71	71	58	57	64
	6. Hur ändras väven?	Kategori C, D eller E och korrekt motivering	57	76	65	32	30	45
	7. Vilka följer har larvangreppet?	Kategori C, D eller E	59	85	75	40	34	54
3. Nedbrytare utnyttjar döda organismer som föda. Denna omvandlas till koldioxid, vatten och mineralsalter.	8. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	Kategori F	11	17	14	4	8	1
	9. Varför blir komposthögen mindre och varm?	Kategori D3, E, F2, G2, H	27	58	39	10	13	15

Tabell 5.2. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål på området *ekologi med fotosyntes*

MÅL	Elever	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER (%)				
		0	1	2	3	4
EF						
1. Växter tar upp koldioxid och vatten. Med hjälp av solenergi omvandlas dessa ämnen till socker, som behålls av växten, och syre, som avges (fotosyntes). (3 uppgifter)	åk9 NT	27	34	31	7	
	N3	6	24	51	20	
	T3	17	23	41	19	
2. Solstrålningen är växternas enda energikälla. Växterna (producenter) är i sin tur djurens (konsumenter) enda energikälla, direkt eller indirekt. Förändringar av energikedjor och vävar kan orsakas av förändringar av populationer och den fysiska miljön. Förändringar av en population kan påverka alla andra i en väv. (4 uppgifter)	åk 9NT	9	16	23	29	23
	N3	2	5	17	33	43
	T3	3	10	21	35	32
3. Nedbrytare utnyttjar döda organismer som föda. Denna omvandlas till koldioxid, vatten och mineralsalter. (2 uppgifter)	åk 9NT	66	30	4		
	N3	35	56	9		
	T3	54	40	6		

Tabell 5.3. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål på området *ekologi med fotosyntes*.

MÅL	Elever	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER (%)				
		0	1	2	3	4
EF						
1. Växter tar upp koldioxid och vatten. Med hjälp av solenergi omvandlas dessa ämnen till socker, som behålls av växten, och syre, som avges (fotosyntes). (3 uppgifter)	åk 9annan	56	31	12	1	
	E3+H3	48	39	13	0	
	S3	46	35	19	0	
2. Solstrålningen är växternas enda energikälla. Växterna (producenter) är i sin tur djurens (konsumenter) enda energikälla, direkt eller indirekt. Förändringar av energikedjor och vävar kan orsakas av förändringar av populationer och den fysiska miljön. Förändringar av en population kan påverka alla andra i en väv. (4 uppgifter)	åk 9annan	21	28	26	18	8
	E3+H3	14	36	29	18	3
	S3	9	26	32	21	12
3. Nedbrytare utnyttjar döda organismer som föda. Denna omvandlas till koldioxid, vatten och mineralsalter. (2 uppgifter)	åk 9annan	87	12	1		
	E3+H3	80	19	1		
	S3	84	17	0		

### 5.1.2. Människokroppen

Andersson, m. fl. (1993b s.19–20, 22–25 och.27) har vägt samman motiv för undervisning om människokroppen, kunnande inom begreppsforskningen med ämneskunnande och lärar erfarenheter och därefter formulerat mål för grundskolan. Huvudpunkterna återges i början av rapporten.

Nedan anges måluppfyllelsen i N3 och T3 jämfört med åk 9NT samt i E3+H3 och S3 jämfört med åk 9annan.

Tabell 5.4. Mål, uppgifter och andel godkända svar för området *människokroppen*. (GYMNASIELEVERNA JÄMFÖRT MED ÅK 9NT RESPEKTIVE ÅK 9ANNAN)

MÅL	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR (%)					
			åk9 NT	N3	T3	åk9 a-n	E3+ H3	S3
1. Kroppens grundläggande byggsten är cellen. Den behöver alltid tillgång till syre och socker för sin energiförsörjning, som tillgodoses genom kemiska reaktioner. En av restprodukterna är koldioxid som cellen behöver göra sig av med.	13. Vad händer med inandningsluften?	Kategori D4	9	13	4	2	1	2
	14. Varför ökat syrebehov?	Kategori D	12	21	14	3	3	5
	16. Var frigörs energin i maten?	Svaret "i cellema"	12	51	16	5	8	11
2. Transport av ämnen ombesörjs av blodsystemet. Dess delar är blod, hjärta, artärer, kapillärer och vener. Hjärtat är en muskel som pumpar blod. Blodomloppet är dubbelt (stora och lilla kretsloppet)	10. Vad gör hjärtat?	Alla rätt	73	87	91	56	50	69
	11. Var blir det en blodpropp?	Rätt svar	18	27	22	15	18	11
	12. Hur cirkulerar bloddroppen?	Rätt svar	40	56	40	21	9	21
	13. Vad händer med inandningsluften?	Kategori D3 och D4	26	30	21	12	7	8
3. Vi äter och andas in för att få energi och material. Ämnen som ihop med syre ger mycket energi är fetter, kolhydrater och proteiner. Vid matspjälkningen sönderdelas föda så den kan tas upp av kroppens olika delar	14. Varför ökat syrebehov?	Kategori C4—C9 samt D1—D4	30	50	46	17	11	27
	15. Vad ger energi till kroppen?	C-vitamin utgår. Ett fel godtas	55	51	40	34	20	17
4. Medicinska hjälpmedel som används vid sjukdomstillstånd kopplade till blodsystemet	17. Medicinska hjälpmedel	Alla rätt	44	61	40	32	34	48

#### Anmärkning

Uppgift 13 och 14 kan besvaras antingen på makroskopisk nivå eller på cellnivå. Därför förekommer dessa uppgifter två gånger i tabellen ovan.

Tabell 5.5. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål på området *människokroppen*

MÅL	Elever	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER (%)				
		0	1	2	3	4
M						
1. Kroppens grundläggande byggsten är cellen. Den behöver alltid tillgång till syre och socker för sin energiförsörjning, som tillgodoses genom kemiska reaktioner. En av restprodukterna är koldioxid som cellen behöver göra sig av med. (3 uppgifter)	åk 9NT	77	13	7	2	
	N3	44	36	14	5	
	T3	74	20	6	0	
2. Transport av ämnen ombesörjs av blodsystemet. Dess delar är blod, hjärta, artärer, kapillärer och vener. Hjärtat är en muskel som pumpar blod. Blodomloppet är dubbelt (stora och lilla kretsloppet) (4 uppgifter)	åk 9NT	16	33	32	17	3
	N3	7	24	37	27	5
	T3	5	37	40	15	3
3. Vi äter och andas in för att få energi och material. Ämnen som ihop med syre ger mycket energi är fetter, kolhydrater och proteiner. Vid matspjälkningen sönderdelas föda så den kan tas upp av kroppens olika delar. (2 uppgifter)	åk 9NT	52	37	11		
	N3	33	33	34		
	T3	38	38	24		
4. Medicinska hjälpmedel som används vid sjukdomstillstånd kopplade till blodsystemet. (1 uppgift)	åk 9NT	56	44			
	N3	39	61			
	T3	60	40			

Tabell 5.6. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål på området *människokroppen*

MÅL	Elever	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER (%)				
		0	1	2	3	4
M						
1. Kroppens grundläggande byggsten är cellen. Den behöver alltid tillgång till syre och socker för sin energiförsörjning, som tillgodoses genom kemiska reaktioner. En av restprodukterna är koldioxid som cellen behöver göra sig av med. (3 uppgifter)	åk 9annan	91	6	2	1	
	E3+H3	89	10	1	0	
	S3	85	13	2	0	
2. Transport av ämnen ombesörjs av blodsystemet. Dess delar är blod, hjärta, artärer, kapillärer och vener. Hjärtat är en muskel som pumpar blod. Blodomloppet är dubbelt (stora och lilla kretsloppet). (4 uppgifter)	åk 9annan	29	44	21	6	0
	E3+H3	34	49	16	1	0
	S3	20	55	20	5	0
3. Vi äter och andas in för att få energi och material. Ämnen som ihop med syre ger mycket energi är fetter, kolhydrater och proteiner. Vid matspjälkningen sönderdelas föda så den kan tas upp av kroppens olika delar. (2 uppgifter)	åk 9annan	73	24	3		
	E3+H3	72	24	2		
	S3	61	34	5		
4. Medicinska hjälpmedel som används vid sjukdomstillstånd kopplade till blodsystemet. (1 uppgift)	åk 9annan	68	32			
	E3+H3	66	34			
	S3	52	48			

## 5.2. Måluppfyllelse enligt NUNA:s kriterier för årskurs 9

NUNA (Andersson, m. fl.1993b) använde följande kriterium för godkänd nivå i årskurs 9:

**Minst hälften av uppgifterna ska vara godkända för minst 75% av eleverna (min markering) för att målet skall anses ha uppnåtts. Om det bara finns en uppgift ska den ha lösts av minst 75% av eleverna**

Tabell 5.7. Översikt över procentuell andel elever, som uppnår grundskolans mål enligt NUNA:s kriterier (minst 50% av uppgifterna ska vara godkända)

MÅL	nr	åk 9NT	N3	T3	åk 9 annan	E3+H3	S3
Ekologi med fotosyntes	EF1	38	71	60	13	13	19
	EF2	75	93	87	52	60	65
	EF3	34	65	46	13	20	17
Människokroppen	M1	9	19	6	3	1	2
	M2	52	69	58	27	17	25
	M3	48	67	62	27	26	39
	M4	44	61	40	32	34	48

Av tabellen framgår, att målluppfyllelsen är högst för mål EF2 och lägst för mål M1 (som kräver svar på cellnivå).

N3:s målluppfyllelse (60–70 % för alla mål utom EF2 och M1) är högst, därefter följer T3 och sedan åk 9NT. Målluppfyllelsen för åk 9NT är väsentligt högre än för åk 9annan. E3+H3-elevernas målluppfyllelse skiljer sig inte särskilt mycket från åk 9annan-elevernas medan S3-elevernas är något högre.

För N- och T-eleverna borde emellertid kraven vara betydligt större än för grundskolans elever. Om kriterierna skärps till att 75% av uppgifterna ska vara godkända för 75% av eleverna blir bilden enligt följande tabell:

Tabell 5.8. Översikt över procentuell andel elever, som uppnår grundskolans mål enligt skärpta kriterier (minst 75% av uppgifterna ska vara godkända)

MÅL	nr	åk 9NT	N3	T3	åk 9 annan	E3+H3	S3
Ekologi med fotosyntes	EF1	7	20	19	1	0	0
	EF2	52	76	67	26	21	33
	EF3	4	9	6	1	1	0
Människokroppen	M1	2	5	0	1	0	0
	M2	20	32	18	6	1	5
	M3	11	34	24	3	2	5
	M4	44	61	40	32	34	48

De mål, som med dessa kriterier framstår som svårast att nå, gäller fotosyntesen (mål EF1), nedbrytning av döda organismer (mål EF3, som kräver svar på partikelnivå) samt ämnes- och energiomsättning (mål M1, som kräver svar på cellnivå). För dessa mål behövs kunskaper om materia, om energi och om kemiska reaktioner. Gaser deltar i flera av reaktionerna och, som framgår av rapporten om *materia* (Jansson, 1994), är kunskaperna därom bristfälliga. Dålig begreppsförståelse om gaser torde delvis kunna förklara utfallet för mål EF1, EF3 och M1. Detta stöds av annan forskning.

Anderson, Sheldon och Dubay (1990) har utvecklat och prövat nytt undervisningsmaterial i biologi för att förbättra collegestudenters (icke naturvetares) förståelse av fotosyntes och respiration. Omkring 30% av studenterna uppnådde avsedd förståelse medan resten visade partiell eller ingen förståelse. Anderson et.al. hänför resultatet delvis till bristande begreppsförståelse i fysik och kemi. Anderson et.al. skriver:

However, the number of students fully understanding the scientific conceptions remained relatively low. After putting a major effort into developing course materials designed to help students overcome these misconceptions, we are quite impressed by the resilience of some of the misconceptions described above.

We attribute that resilience partly to the fact that the students' difficulties in understanding the biological processes are rooted in misunderstandings about concepts in the physical sciences: *Conservation of matter and energy, the nature of energy, and atomic-molecular theory* (min kursivering). These difficulties with physical science conceptions were not adequately addressed by course instruction; thus student' understanding of biological conceptions remained incomplete.

### 5.3. Flickor och pojkar

För varje uppgift har skillnaden mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor med godkända svar enligt NUNA:s kriterier beräknats. I tabellen nedan redovisas endast de skillnader, som är statistiskt säkerställda på 5%-nivån d.v.s. de värden där det är 95% chans eller mer att skillnaderna finns i verkligheten. Positivt värde betyder, att pojkarna är bättre, negativt värde att flickorna är bättre.

#### 5.3.1 Ekologi med fotosyntes

Tabell 5.9. Signifikanta skillnader (5%-nivån) mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor med godkända svar på olika uppgifter

MÅL	UPPGIFT	åk9	N1+T1	N2+T2	N3+T3	åk 9	E3+H3
		NT	70 fl	50 fl	75 fl	annan	+S3
		214fl 457p	140 p	128 p	116 p	1334 fl 1002 p	130 fl 45 p
1	1 Var sker fotosyntes?		13	19			
	2 Hur ändras gasblandningen?					4	
	3 Varifrån kommer biomassan?				14		
2	4 Vilka är producenter?						17
	5 Vilken näringskedja är omöjlig?						
	6 Hur ändras väven?					-6	
	7 Vilka följer har larvangreppet?	-11	-13 <sup>1</sup>			-11	
3	8 Vad händer med atomerna i det döda djuret?			-13			
	9 Varför blir komposthögen mindre och varm?						

Av tabellen framgår, att pojkarna på gymnasiet har bättre resultat på några av de uppgifter, som har med fotosyntesen att göra. Detta kan möjligen ha samband med pojkarnas bättre begreppsförståelse vad gäller gaser (Jansson, 1994). Flickorna i åk 9

<sup>1</sup> Signifikans på 6%-nivån

och i N1+T1 men ej högre upp, har bättre resultat vad gäller larvangreppet. Flickorna i N2+T2 har bättre resultat på uppgift 8. I E3+H3+S3 finns skillnad mellan flickor och pojkar endast på uppgift 4, där pojkarna är bättre.

### 5.3.2. Människokroppen

Tabell 5.10. Signifikanta skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor med godkända svar på olika uppgifter.

M Å L	UPPGIFT	åk9	N1+T1	N2+T2	N3+T3	åk 9	E3+H3
		NT				annan	+S3
		214fl	70 fl	50 fl	75 fl	1334 fl	130 fl
		457p	140 p	128 p	116 p	1002 p	45 p
1	13 Vad händer med inandningsluften? 14 Varför ökat syrebehov? 16 Var frigörs energin i maten?						
2	10 Vad gör hjärtat? 11 Var blir det en blodpropp 12 Hur cirkulerar bloddroppen? 13 Vad händer med inandningsluften?	8 7 12	14	13	12 14	6 7	
3	14 Varför ökat syrebehov? 15 Vad ger energi åt kroppen?				18	-3	
4	17 Medicinska hjälpmedel.		9	17		-4	

Av tabellen framgår, att pojkarna i gymnasieskolan har bättre resultat på några av de uppgifter, som har med hjärta, blodomlopp och syrebehov att göra. Detta speglar möjligen att pojkar är mer intresserade av idrott.

### 5.4. Varför är ökningen i S-elevernas begreppsförståelse så liten?

Undervisningen i naturkunskap på S- och H-linjerna har omfattat 8 veckotimmar enligt de gamla kursplanerna. På E-linjen har eleverna i E1 kunnat välja till 4 veckotimmar naturkunskap.

#### 5.4.1. Behandling i undervisningen

En orsak till det funna resultatet skulle kunna vara, att de begrepp, som uppgifterna testar, inte har behandlats i undervisningen. För att få en uppfattning av uppgifternas relevans har 9 lärare i naturkunskap på de berörda skolorna + ytterligare 2 på en annan skola bedömt varje uppgift dels vad gäller behandling i undervisningen på S-linjen, dels vad gäller förväntad förkovran hos eleverna (skala 1-5, där 1 betyder ingen behandling respektive ingen förkovran och 5 betyder relativt utförlig behandling i undervisningen respektive avsevärd förbättring av resultat i S3 jämfört med åk9 annan).

Tabell 5.11. Lärarbedömning (medelvärden) av i vilken mån de begrepp, som provas i uppgifterna i problemhäftet NUNA GY behandlas i undervisningen i naturkunskap på S-linjen enligt gamla kursplanerna och i vilken mån eleverna förväntas ha förkovrat sig. (Skala 1-5)

OMRÅDE	NR	UPPGIFT	Behandling i undervisn. (11 lärare)	Förkovran i S3 (8 lärare)
Ekologi med fotosyntes	1.	Var sker fotosyntes?	4,4	3,9
	2.	Hur ändras gasblandningen?	4,4	4,0
	3.	Varifrån kommer biomassan?	4,5	3,8
	4.	Vilka är producenter?	4,4	3,6
	5.	Vilken näringskedja är omöjlig?	3,9	3,6
	6.	Hur ändras näringsväven?	3,8	3,3
	7.	Vilka följder har larvangreppet?	3,8	3,5
	8.	Vad händer med atomerna i det döda djuret?	4,7	4,1
	9.	Varför blir komposthögen mindre och varm?	3,4	3,1
			Medeltal för området ekologi med fotosyntes	4,1
Människokroppen	10.	Vad gör hjärtat?	4,1	3,6
	11.	Var blir det en blodpropp?	3,8	3,4
	12.	Hur cirkulerar bloddroppen?	4,0	3,3
	13.	Vad händer med inandningsluften?	4,1	3,6
	14.	Varför ökat syrebehov?	4,3	4,0
	15.	Vad ger energi till kroppen?	4,3	3,6
	16.	Var frigörs energin i maten?	4,3	3,6
	17.	Medicinska hjälpmedel.	3,4	3,1
		Medeltal för området människokroppen	4,0	3,5

Vad gäller medeltal för lärarnas bedömning av behandling i undervisningen och förväntad förkovran kan områdena rangordnas enligt följande (skala 1-5, där 1 betyder ingen behandling resp. ingen förkovran och 5 betyder relativt utförlig behandling resp. avsevärd förbättring):

Minst behandling		Minst förväntad förkovran
2,5	Gaser	2,2
3,0	Fasövergångar	2,7
3,2	Kemiska reaktioner	3,0
3,7	Ämnen	3,3
4,0	Människokroppen	3,5
4,1	Ekologi med fotosyntes	3,7
Mest behandling		Mest förväntad förkovran

Figur 5.1. Sammanfattning av lärarnas bedömning av behandling av olika områden i undervisningen i naturkunskap och förväntad förkovran i S3.

Alla områden behandlas således i undervisningen men området *gaser* behandlas minst. Lärarna förväntar sig också en förbättring i resultat i S3 jämfört med årskurs 9. Den uteblivna eller svaga förkovran kan således inte förklaras med att områdena inte behandlas i undervisningen. Den springande punkten kan möjligen vara att söka i undervisningens natur och dess effekt på elevernas sätt att besvara frågorna.

#### 5.4.2. Bristande förkunskaper och bristande motivation.

En annan orsak till den uteblivna förkovran skulle kunna vara, att elevernas förförståelse och förkunskaper från åk 9 inte räcker till för att utifrån undervisningen bygga upp en hållbar kunskapsstruktur.

Entwistle och Marton (1986, s. 297) skriver (med hänvisning till forskningsresultat):

I vissa uppgifter, särskilt inom naturvetenskaperna, kan en memorering av detaljer eller i alla fall en inriktning på dem och logiska förhållanden vara ett väsentligt första steg mot förståelse. I vissa ämnesområden kräver de första stadierna att man bygger upp en kunskapsbas, av t ex vetenskapliga termer och lagar, viss operationsinlärning<sup>1</sup> på låg nivå. Studenterna kan inte gå in för en förståelseinlärning<sup>2</sup>, kan inte få en översikt av eller se relationerna mellan idéerna förrän kunskapsbasen nått en viss "kritisk mängd" – vilket inte enbart ses som ett kvantitativt samlande av fakta utan som ett byggande av ett språk av precist definierade tekniska termer och av fakta som relateras till dessa termer.

Resultaten i materiarrapporten (Jansson, 1994) visar, att begreppsförståelsen av *gaser och fasövergångar* för E-, H- och S-eleverna är synnerligen bristfällig (c:a 25 % av eleverna visar godtagbar begreppsförståelse). Men förståelse av begrepp på dessa områden behövs för att förklara fotosyntes, nedbrytning och förbränning i cellerna. Svaren från lärarna tyder på, att *gaser och fasövergångar* behandlas styvmoderligt i undervisningen. Om undervisningspraxis förutsätter nyckelidéer, som eleverna saknar, kan de inte komma vidare i sin uppbyggnad av en hållbar naturvetenskaplig kunskapsstruktur. Eleverna får då ingen reell chans att förstå de biologiska skeendena trots att dessa behandlas mycket i undervisningen.

Man kan också spekulera över vad det betyder, att eleverna på S-linjen inte valt naturvetenskap i första hand utan har andra intressen. Entwistle (1986, s. 21) skriver om Carl Rogers (psykoterapeut och universitetslärare):

Han har kommit att tro att betydelsefull inlärning är möjlig endast när individen har tilltro till sin inlärningsförmåga och känner att inlärningen kommer att bli personligt lösnande och betydelsefull.

Entwistle (1986, s. 22) citerar Rogers:

Vi undviker ständigt att konstatera att mycket av det som eleverna får i klassrummet är, för eleven ifråga, lika förbryllande och meningslöst som listan på nonsensstavelser för oss. Det gäller i synnerhet för de underprivilegierade barn vars bakgrund inte ger något sammanhang för det stoff de möter. Men nästan alla elever finner att stora delar av läroplanen är meningslösa. Utbildningen innebär ett fåfängt försök att lära sig något som saknar personlig mening.

Om eleverna inte har eller förvärvar de mest elementära naturvetenskapliga begreppen och kunskaperna, kan de heller inte förstå innehållet i naturkunskapen. De blir då hänvisade till utantillinlärning eller ytlinlärning. De lär sig texten utan att begripa innehållet eller sammanhangen. Om de inte förstår, ser de inte denna inlärning som meningsfull. Sådan kunskap försvinner snabbt. Detta kan förklara, att resultaten i S3 ligger på ungefär samma eller bara lite över nivån i åk 9annan.

<sup>1</sup> Operationsinlärning (enligt Pask) innebär "att konstruera hypoteser, att använda sig av regler, tekniker, tillvägagångssätt, att hantera enheter i innehållsområdet" (Laurillard, 1986, s. 192)

<sup>2</sup> Förståelseinlärning (enligt Pask) innebär "beskrivningar av konstruktioner på båda nivåerna, den begreppsliga och den handlingsinriktade, tolkningar av innebörd, ett sökande efter analogier med liknande konstruktioner" (Laurillard, 1986, s. 192)

#### 5.4.3. Stoffträngseln i naturkunskapsböckerna.

En ytterligare orsak till den uteblivna förkovran skulle kunna vara stoffträngseln i läroböckerna. I t.ex. kemi ges i en av läroböckerna en minikurs av N- och T-linjens kemi. På 85 sidor går man kortfattat igenom atomteorin, periodiska systemet, isotoper, kemisk bindning, kemiska reaktioner, löslighet, beräkning av lösningars koncentration, energiutbyte vid kemiska reaktioner, reduktion och oxidation, kemiska reaktioners hastighet, syror och baser, pH, kolväten, alkoholer, karboxylsyror, estrar, aminosyror och proteiner, nukleotider och nukleinsyror, DNA och RNA, kolhydrater. Med det omfång, som naturkunskapen haft, har c:a 30 lektionstimmar kunnat avsättas för dessa kemimoment. Det säger sig självt, att en så koncentrerad framställning och så kort tid knappast kan leda till någon djupare begreppsförståelse.



## 6. PEDAGOGISKA MÖJLIGHETER

På flera håll i världen pågår undervisningsförsök för att förbättra elevernas naturvetenskapliga inläring. Några undervisningsförsök med infallsvinklar, som visat sig ge bättre resultat, refereras översiktligt nedan.

### 6.1. Vardagskunskaper kontra vetenskapliga kunskaper.

Joan Solomon (1992) i England har under många år studerat elevers vetande om energi och också reflekterat över hur inläring går till. Hon hävdar, med stöd av egna och många andras undersökningar, att elevernas vardagskunskaper är mycket stabila och robusta därför att de ständigt förstärks genom samtal med människor i omgivningen och genom massmedia. Vardagsorden kännetecknas av att de skall kunna användas i många olika sammanhang (contexts). De har ett starkt socialt inslag och är ofta vaga och odefinierade för att kunna tolkas positivt i samtal med andra. Tolkningen är mestadels starkt situationsbunden.

Vardagskunskaperna innehåller ofta flera uppenbara motsägelser. Så finns t.ex. på energiområdet föreställningen, att man får mer energi genom att träna kroppen jämsides med föreställningen att energi går åt då man tränar.

Vetenskapliga kunskaper å andra sidan är oberoende av den konkreta situationen, de är distanserade och generella (s. 112).

Vardagskunskaperna spelar också stor roll under inlärningsprocessen. I många fall används samma ord både vardagligt och vetenskapligt. Solomon (1992, s. 81) refererar till en elev, som tyckte att fysik var lätt, därför att han redan kunde det, men som på prov visade att han inte tillägnat sig det vetenskapliga synsättet. Tidens tand gör att även korrekt inlärd vetenskapliga kunskaper tenderar att duka under och eleverna återvänder till vardagskunskaperna (s. 25)

Det tycks röra sig om två skilda domäner och när eleverna ska svara på frågor beror deras svar bl.a. på vilken "nyckel" (eng. trigger) de ser i frågeställningen (s. 108–110). Om frågeformuleringen pekar mot vardagsdomänen blir svaret vardagsbetonat trots att en annan formulering skulle kunnat få eleven att tänka och svara på ett mer vetenskapligt sätt. Eleverna har dock svårt att mobilisera en vetenskaplig förklaringsmodell till en vardaglig frågeställning.

En *vetenskapligt* ställd fråga kan utlösa tre olika slags svar:

1. vardagsbetonade förklaringar
2. vetenskapliga förklaringar
3. båda slagen av förklaringar relaterade till varandra

Långtidsbehållningen tycks vara bättre och förståelsen djupare för de elever, som ger svar enligt 3. Solomon (1992, s 112) har också visat att avsiktlig sammanlänkning av de två slagen av kunskap gynnar inläringen av vetenskaplig kunskap. Solomon skriver (s. 115):

... Is that difficult crossing over between domains, from commonplace reality to distanced analogy and back again, essential to scientific thinking? The philosophy of science suggests it is, and yet reflective teaching points out its considerable difficulties. Of one thing we may be sure, this movement between the two contrasting ways of thinking requires dedicated practice rather like athletic training. But if our pupils are to be allowed a glimpse of how science constructs its concepts and explanations, then such exercises may be the only way to achieve the necessary mental insight and flexibility.

## 6.2. Förståelseinriktad undervisning

Ett försök med förståelseinriktad undervisning i syfte att styra eleverna mot mera djupinriktat sätt att studera har prövats i 3 klasser i en gymnasieskola. (Länsskolnämnden i Stockholms Län [LNS], 1990).

Det teoretiska stödet för försöket var dels forskning om yt- och djupinriktning vid inläring, dels forskning om det egna skrivandets betydelse vid inläring (Marton/Entwistle m. fl. respektive Allard/Sundblad, Emig och Vygotskij vars forskning anges som bakgrund i LNS 1990).

Enligt LNS (1990) kan naturvetenskapliga fenomen beskrivas på två skilda nivåer, dels som algoritmer d.v.s. genom formler för olika samband, dels med språkliga begrepp. En studerande kan välja olika strategier för sin inläring beroende på en mängd yttre faktorer. I LNS (1990) illustreras detta med en fyrfältstabell:

	1. Ytinriktning	2. Djupinriktning
A. Algoritm nivå	Formler "memoreras"	Formler "förstås"
B. Begrepps nivå	Begreppen är "tomma"	Begreppen är "förankrade"

Innebörden av de studerandes val av strategi återges i korthet här:

- A1. Den studerande vet hur siffror ska kombineras för att lösa t. ex.  $U=R \cdot I$ . Den studerande memorerar utan att bygga upp "inre" bilder.
- B1. Inläringen bygger på memorering, kanske beroende på alltför stor diskrepans mellan lärarens eller läromedlets abstrakta språk och den studerandes kunskaper och erfarenheter. Inga "inre" bilder byggs upp.
- A2. Den studerande förstår och kan utnyttja t.ex.  $U=R \cdot I$  för att göra beräkningar och kan dra slutsatser av formeln. Denna djupinriktning på algoritm nivå säger ingenting om de ingående begreppens förankring.
- B2. Den studerande gör anknytningar till tidigare kunskaper och erfarenheter och gör sig "inre" bilder av de ingående begreppen. Ny kunskap förändrar efterhand det "inre" språket.

Djupinriktning på både algoritm- och begrepps nivå (A2+B2), är genomgående för de elever, som får bäst resultat och högst betyg.

Den andra utgångspunkten för studien gäller det skrivna språkets centrala funktion i all kunskapstillväxt (LNS, 1990). När man skriver söker man efter "ord/begrepp", som beskriver de fenomen, som lagrats i "inre" bilder, d.v.s. det sker en omkodning från "inre" bilder till "yttre" språk. Det skriftliga språket ställer större krav på entydighet än talet och fordrar därför mycket tankearbete. Genom att bearbeta vårt "inre" så skärper vi våra begrepp, vi tydliggör sambanden mellan dessa och därmed påverkas och förändras vår uppfattning om yttervärlden. Vi lär oss helt enkelt nya saker enbart genom att skriva om det vi redan vet (eller tror oss veta).

Själva försöket genomfördes i T1 i 3 försöksklasser och 2 kontrollklasser under 8 veckor och berörde området "jämvikt" i ämnet teknologi. (LNS, 1990).

Undervisningen i de 3 försöksklasserna ändrades så att alla beräkningar under 6 veckor byttes ut mot skrivuppgifter, där de studerande förväntades försöka förstå avsnittets grundläggande begrepp. Lärarna bedömde och kommenterade de inlämnade skrivuppgifterna. Under de sista 2 veckorna utfördes beräkningar på de genomgångna avsnitten.

I de 2 kontrollklasserna räknade de studerande hela tiden övningsuppgifter i omedelbar anslutning till lärarnas genomgång. I övrigt fortgick undervisningen som vanligt i både försöks- och kontrollklasser.

Undervisningsförsöket utvärderades med 6 uppgifter, som alla krävde fullständiga lösningar. Resultatet blev, att de 3 försöksklasserna presterade inbördes likvärdigt och bättre än de 2 kontrollklasserna. Flickorna i försöksklasserna hade tillgodogjort sig området jämvikt i stort sett lika bra som pojkarna och avsevärt bättre än de tillgodogjort sig området "hållfasthetslära" under föregående termin. Enligt rapporten tyder detta på att flickorna ändrar studiestrategi lättare än pojkarna.

Lärarna uppfattar den genomförda förändringen som liten. En lärare sammanfattar: "Tydligt spelar ganska små skillnader i undervisningen förhållandevis stor roll." (LNS, 1990)

## 6.3. Undervisningsförsök om fotosyntes

Från början av 80-talet har flera forskare utomlands rapporterat om elevers uppfattningar om fotosyntesen. Olika undervisningssekvenser har utvecklats för att finna bättre sätt att undervisa om fotosyntes.

Bornäs och Djurvall (1992) har konstruerat, genomfört och utvärderat en undervisningssekvens "Energi och liv" i åk 7. Sekvensen bygger dels på internationell forskning om elevers föreställningar om växters växande, dels på tre utländska undervisningssekvenser, dels också på överväganden rörande inläring. Allt detta refereras och diskuteras i rapporten.

Undervisningsförsöket genomfördes i åk 7 i Varberg vt 1990 i 3 st parallellagda 20-grupper (n=59) av 3 lärare i lärarlag, som förfogade över samlingssal och 3 NO-salar.

Sekvensen inleddes med en enkät, där eleverna enskilt fick besvara frågorna:

1. Vad tror du att en växt behöver för att kunna leva?
2. Varifrån kommer veden i en stor ek, tror du?
3. För varje år som går växer trädstammen och blir tjockare och tjockare. Hur kommer det sig tror du?
4. Finns det något som rör sig inuti en växt?

Vid efterföljande grupparbete (4 medlemmar) var gruppens uppgift:

- välja ut en av frågorna från enkäten
- tillverka en bild med svar på den frågan (hypoteser)
- tänka ut och skriva ner förslag på experiment för att pröva hypotesernas giltighet
- redovisa bild och experimentförslag för övriga grupper
- genomföra experimentförslagen
- redovisa resultat av experimenten för övriga grupper

Därefter följde teorigenomgång "Vetenskapens nuvarande ståndpunkt" illustrerad med 8 stordiabler. Genomgången anknöts till elevernas enkät, bilder och experiment.

Teorin tillämpades genom att grupperna:

- valde och utförde experiment från en experimentbank
- tillverkade ny reviderad bild att jämföras med den första bilden
- diskuterade och redovisade svar på några problemställningar ur fotosyntesens historia

Vid utvärderingen vt 1990 och ht 1990 (efter 6 månader) utgjordes kontrollgrupperna av 2 klasser i åk 7 (n=56) och 2 klasser med ett år äldre elever (n=59).

Experimentgruppen visar även efter 6 månader signifikant bättre kunskaper än kontrollgrupperna vad gäller:

- varifrån biomassan kommer
- växters avgivande av syre, när det är ljus
- energiresonemang för att förklara varför ett äppelträd kan blomma på bar kvist respektive varför morötter blommar först andra året.

Bornäs och Djurvall (1992) tror, att en väsentlig faktor för resultatet är, att elevernas vardagsföreställningar efterfrågats och gjorts till innehåll i undervisningen.

I Israel har forskning om elevers uppfattningar tagits tillvara och en ny sekvens för 14-15-åringar utvecklats (Eisen och Stavy, 1993). Sekvensen är designad för att:

- Organisera innehåll och undervisning så att existerande missuppfattningar (misconceptions) ändras och inga nya uppstår.
- Relatera missuppfattningar till vetenskapshistorien: Aristoteles trodde att växter tillväxte från jord, Van Helmont att de huvudsakligen behövde vatten
- Integrera kemi och biologi.
- Begränsa informationen till huvudidéerna om fotosyntes på en generell nivå (t.ex. beskrivs den kemiska sammansättningen av djur och växter endast på elementnivå (atomnivå) och ej som kemiska föreningar)
- Relatera till elevens eget liv

I undervisningsmaterialet föreslås följande sekvens (Eisen och Stavy, 1993, min översättning):

1. *Elementen, som bygger upp kroppen.* Den kemiska sammansättningen av människokroppen, väsentligen kol, väte och syre, med särskild hänvisning till elevens egna kropp
2. *Skillnaden i vikt mellan det material, som kommer in i kroppen och det, som lämnar kroppen.* Historien med Santorio Santorio (år 1650) illustrerar det faktum att kvantiteten material, som kommer in i kroppen, är större än den, som kommer ut. Hans vikt efter en måltid var mindre än summan av hans vikt före måltiden och vikten av måltiden. Vart tog resten av materialet vägen?
3. *Vad händer med materialet i kroppen?* Syntesen av kroppsmaterial från födomaterial, och dess sönderdelning med syre under respirationen. Under respirationen åtgår syre och frigörs koldioxid, vilket hjälper till att besvara frågan om Santorios vikt. Massans bevarande betonas särskilt.
4. *Varför förbrukas inte syret i luften?* Historien med Priestley (år 1771) förklarar hur växter avger syre och förbättrar luften, som har försämrats genom respirationen.
5. *Elementen, som bygger upp växterna.* Växter byggs upp av samma element, som djuren: kol, syre och väte. Likheter mellan djur och växter betonas särskilt.
6. *Vad händer med material i växter?* Här betonas vi skillnaden mellan växter och djur: material byggs upp genom fotosyntes och bryts ner genom respiration. Aristoteles och VanHelmonts idéer om växtmaterialets ursprung får illustrera gamla vetenskapliga teorier.

7. *Materialkretslopp i naturen.* Kol-syre-kretsloppet, vattnets kretslopp och kvävetets kretslopp är materialkretslopp som illustrerar relationen mellan växter och djur: solens roll vid genomförandet av kretsloppen betonas.

8. *Kolresurser i naturen.* Bränslereserver (kol och olja) och deras ursprung i levande organismer d.v.s. växter och djur.

9. *Människans inflytande på kolets kretslopp.* Teknologins inflytande på kolets kretslopp, särskilt dess troliga effekt på jordens klimat (Eisen *et al.* 1989).

Undervisningssekvensen har genomförts och testats med eftertest i 4 experimentklasser, som jämförts med 4 kontrollklasser. Experimentklasserna visade signifikant bättre resultat på fotosyntes- och respirations-uppgifter. (Eisen & Stavy, 1993).

#### 6.4. Undervisningsförsök om gaser

Ett försök med undervisning specifikt inriktad mot att bearbeta elevernas vardagsföreställningar om gaser har genomförts i en grundskola i Mölndal. (Bach, 1993)

Bachs (1993) undervisningssekvens bygger dels på forskning om elevers föreställningar om materia, i synnerhet gaser, dels också på tre utländska undervisningssekvenser. Såväl huvudlinjerna i forskningen som i de tre undervisningssekvenserna refereras. Bach skriver:

Planeringen av undervisningen utgick från forskningsresultat angående elevers lärande och föreställningar om materia, vilket medför att väldigt elementära aspekter av gasers egenskaper behandlas. Flera av dessa aspekter tas nog, normalt sett, för givna. De uppfattas inte kunna utgöra några problem för eleverna. Begreppsforskningen visar dock på att de mest grundläggande begreppen ofta saknas eller har en annan form än den vetenskapliga.

Undervisningsförsöket utfördes i åk 7 läsåret 1991/92 under fem veckor och omfattade 12 lektioner, varvid de fysikaliska aspekterna av gaser behandlades. Parallellt undervisades eleverna av en annan lärare om gasers kemiska egenskaper. Första lektionen gavs ett test om 11 uppgifter. Sex månader efter avslutad undervisning om gaser prövades eleverna med samma test.

Innehållet i lektionerna var i korthet följande:

- en mängd olika experiment med luft för att klargöra att luft tar plats
- introduktion av begreppet "luft"
- tillämpningar som finns i verkligheten
- experiment med upphettning och nerkyllning av luft
- vägning av luft
- sammanfattning av vunnit kunskap
- introduktion av en teori om luft (makroskopiskt och på molekylnivå),
- användning av teorin för att förklara utfallet av experimenten
- demonstrationer
- problemlösning (kvalitativt) i smågrupper för att tillämpa teorin (9 problem)
- ytterligare experiment med luft och andra gaser
- generalisering av teorin om luft till att gälla även andra gaser
- skriftligt läxförhör

Under lektionerna fick eleverna beskriva och försöka förklara experimenten samt skriva ner sina funderingar i laborationsboken. Som läromedel användes dels berättelsen om "Ludvig, Lisa och luften" författad av Björn Andersson (återgiven av Bach 1993), dels den ordinarie läroboken.

Elevsvaren på testuppgifterna analyserades i ett kategorisystem av 4–10 kategorier för varje fråga. Inom varje kategori är svaren kvalitativt likvärda. Analysen visade att eleverna efter sex månader svarade på ett kvalitativt bättre sätt än före undervisning. Skillnaderna var statistiskt signifikanta för samtliga testuppgifter.

NUNA-uppgiften "Går kolven att skjuta in?" (Se under RESULTAT: 3) gav i klassen följande resultat (Bach, 1993, s. 34, tabell 3.3):

Alternativ	Andel		
	NUNA <sup>1</sup>	Klassen, före	Klassen, efter
Inte alls	0,42	0,54	0
Någon millimeter	0,33	0,23	0,27
Någon centimeter	0,15	0,18	0,36
Flera centimeter	0,04	0	0,36
Ända till botten	0,04	0,04	0
Övrigt	0,005	0	0
Ej besvarat	0,006	0	0

I Bachs utvärdering följdes uppgiften av elevernas förklaringar till svaren. Ändringen i kategorifördelning mot bättre svar är också signifikant.

Bach anser att resultaten är lovande, när det gäller elevernas sätt att använda teorin om gaser efter sex månader.

<sup>1</sup> Värdena här gäller alla åk9-elever, som ingått i Nationella Utvärderingen

## 7. SLUTORD

### 7.1 De viktigaste resultaten

Vid inträdet i gymnasieskolan har eleverna många brister i den grundläggande naturvetenskapliga begreppsförståelsen. Dock visar de årskurs 9-elever, som valt N- och T-linjen väsentligt bättre förståelse än övriga årskurs 9-elever. Vid utträdet ur gymnasieskolan har enligt denna undersökning N- förbättrat sin begreppsförståelse åtskilligt, T-eleverna tämligen mycket, E- och H-eleverna inte alls och S-eleverna i liten grad. Den uteblivna resp. svaga förkovran i E3, H3 och S3 skulle kunna bero dels på bristande förkunskaper, som ej åtgärdas, dels på stoffträngsel i naturkunskap.

Jämförelse mellan de *kvalitativa resultaten* för åk 9NT respektive åk 9annan och de olika gymnasiegrupperna visar gradskillnad men inte artskillnad. Samma kategorier av välgrundade svar liksom av missuppfattningar och felaktiga svar, som finns i grundskolan, återfinns också i gymnasieskolan.

N- och T-eleverna uppnår nästan målen för grundskolan enligt de kriterier, som angetts av NUNA-gruppen, men så är ej fallet för vare sig årskurs 9-eleverna eller gymnasieeleverna på E-, H- och S-linjerna.

Pojkarna på N- och T-linjen har bättre resultat än flickorna på vissa uppgifter rörande fotosyntesen, vilket eventuellt kan kopplas till pojkars bättre begreppsförståelse på området *gaser* och *fasövergångar*. Pojkarna är också bättre på några uppgifter, som har med hjärta och blodomlopp att göra, vilket möjligen speglar ett större idrottsintresse.

Många elever har tydligen mycket seglivade vardagsföreställningar rörande fotosyntes, materiaomvandlingar vid nedbrytning samt rörande ämnes- och energiomsättning i människokroppen. Dessa vardagsföreställningar byggs på med den vetenskapliga vokabulären men ändras föga om de inte bearbetas i undervisningen. T.ex. har en elev på uppgiften *Varifrån kommer biomassan?* skrivit: "Trädet suger upp näring från marken precis som vi äter mat och växer. Trädet använder alltså näringen till att tillverka nya trädceller." Samme elev har korrekt kryssat för att syre ökar och koldioxid minskar på uppgiften *Hur ändras gasblandningen?* Eleven kopplar således inte ihop de två uppgifterna i sina svar.

Några exempel på undervisningsförsök för att öka elevernas förståelse refereras översiktligt:

- avsiktlig sammanlänkning mellan vardagsföreställningar och vetenskapliga teorier och kunskaper
- skriftlig formulering av grundläggande begrepp och nyckelidéer
- undervisningsförsök om fotosyntesen
- undervisningsförsök om gaser, där mycket elementära aspekter av gasers egenskaper behandlas

### 7.2 Konsekvenser för gymnasieskolan

Denna studie pekar mot att gymnasielärarna i såväl det naturvetenskapliga programmet som i övriga program måste ägna stor uppmärksamhet åt elevernas grundläggande begreppsförståelse och inte ta för givet att detta är avklarat i grundskolan. Speciellt måste begreppsförståelsen på områdena *gaser* och *fasövergångar* förbättras särskilt för icke naturvetare för att eleverna skall ha en reell chans att förstå bl. a. fotosyntes och nedbrytning.

Vidare måste vardagsföreteelser och vetenskapliga förklaringar kopplas till varandra.

## 8. REFERENSER

Anderson, C. W., Sheldon T. H., & Dubay, J. (1990). The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8), 761-776.

Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993a). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik, Box 1010, 431 26 Mölndal.

[1] Andersson, B., Emanuelsson, J. & Zetterqvist, A. (1993b). *Nationell utvärdering åk 9. Vad kan eleverna om ekologi och människokroppen?* (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 6). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Andersson, B. & Jönsson, B. (1989). *Satelliter och kvastkraft* – diskussion om nya vägar för skolans undervisning om natur, teknik och samhälle. (Rapport ELEVPERSPEKTIV Nr 20). Göteborg: Göteborgs Universitet, Inst. för Pedagogik. (Rapporten är numera utgiven som bok under samma titel, Stockholm, Utbildningsförlaget 1990).

Bach, F. (1993). *Gaser – ett undervisningsförsök*. (Examensarbete inom Påbyggnadsutbildning i pedagogik med didaktisk inriktning). Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik, Box 1010, 431 26 Mölndal.

Bornäs, S. & Djurvall, B. (1992). *Energi och liv. Ett nytt sätt att undervisa om fotosyntesen*. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 1). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Boyes, E. (1990). Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12(5), 513-529.

Eisen, Y., & Stavy, R. (1993). How to make learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15 (2), 117-125.

Entwistle, N. (1986). Olika perspektiv på inläring. I F. Marton, D. Hounsell & N. Entwistle, *Hur vi lär* (s. 11-34). Kristianstad: Kristianstad boktryckeri, Rabén & Sjögren.

Entwistle, N., & Marton, F. (1986). Att förändra uppfattningar av inläring och forskning. I F. Marton, D. Hounsell & N. Entwistle, *Hur vi lär* (s. 285-308). Kristianstad: Kristianstad boktryckeri, Rabén & Sjögren.

Griffiths, A.K., & Grant, B.A.C. (1985). High School students' understanding of food webs: identification of learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching* 22, 421-436.

Hofslagare, O. & Mattsson, H. (1992). *Centrala provet i kemi 1992, resultat och kommentarer*. (Rapport Pm nr 60). Umeå Universitet, Pedagogiska institutionen, 901 87 Umeå.

Jansson, I. (1994). *Gymnasieelevers kunskaper om materia. En pilotstudie angående de teoretiska linjerna i ljuset av nationella resultat från årskurs 9*. (Rapport NA-SPEKTRUM Nr 11). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.

Laurillard, D. (1986). Att lära genom problemlösning. I F. Marton, D. Hounsell & N. Entwistle, *Hur vi lär* (s.171-197). Kristianstad: Kristianstad boktryckeri, Rabén & Sjögren.

Leach, L., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1992). *Progression in Understanding of Ecological Concepts by Pupils Aged 5 to 16*. Leeds, U.K.: The University of Leeds, Children's Learning in Science Research Group.

Lindström, J.O. & Ramstedt, K. (1993). *Centrala provet i fysik 1993, resultat och kommentarer*. (Rapport Pm nr 75). Umeå Universitet, Pedagogiska institutionen, 901 87 Umeå.

Lybeck, L., Strömdahl, H. & Tullberg, A. (1985a). *Gymnasieelevers uppfattningar av och läromedels framställningar av storheten substansmängd och dess SI-enhet 1 mol. En kemididaktisk studie*. (Rapport 1985:10) Göteborg: Göteborgs universitet, Institutionen för pedagogik.

Lybeck, L., Strömdahl, H. & Tullberg, A. (1985b). *Gymnasieelevers, N-linjen, uppfattningar av substansmängd och dess SI-enhet 1 mol. En bearbetning av intervjudata*. (Publikationer från institutionen för pedagogik, 1985:07) Göteborg: Göteborgs universitet.

Länsskolnämnden i Stockholms län. (1990). *Förståelseinriktad undervisning – ett exempel*. (Rapport nr 7/90). Länsskolnämnden i Stockholms län, Box 3501, 172 03 Sundbyberg.

Nurrenbern, S. C. & Pickering, M. (1987). Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*, 64 (6), 508-509.

Ringnes, V. (1985). The understanding of Chemistry among Norwegian Students. I Thulstrup, E. (Red.) *Proceedings of The Nordic Conference on Science and Technology Education: The Challenge of the future*, Royal Danish School of Educational Studies.

Ringnes, V. (1992). *Syre/base og redoks. Viktige begreper i kjemiundervisningen*. (Skrifter for Realfagundervisning. Skrift nr. 7). Oslo: Universitetet i Oslo, Senter for lærerutdanning og skoletjeneste, PB 1099 Blindern, 0316 Oslo.

Simpson, M. & Arnold, B. (1982). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science Education*, 4 (2), 173-182.

Solomon, J. (1992). *Getting to Know about Energy – in School and Society*. London, England: The Farmer Press.

*9. APPENDIX***Abstract in English**

756 upper secondary students, ages 17-19, answered 40 test items originating from the 1992 national assessment of science set to grade 9 pupils, age 16, of the Swedish comprehensive school. The test questions were designed to reveal students' conceptual understanding of gases, phase changes, matter, chemical reactions, ecology with photosynthesis and the human body. Responses from natural science and technology students (N, T) were compared with those from comprehensive school pupils aiming at natural science or technology studies (grade 9NT). Responses from non-natural science students (economics, E, humanities, H, social sciences, S) were compared with those from comprehensive school pupils aiming at other studies than N or T (grade 9other). The results show that at the entering of the upper secondary school many pupils lack reasonable understanding of scientific concepts. The number of acceptable answers are 50-100% higher from grade 9NT than from grade 9other. After studying science for three years N3 and T3 show better understanding than grade 9NT. E3+H3 and S3 are in fact on the same or a slightly higher level than grade 9other, although the majority has studied natural science as non-main subjects. Boys in N3 and T3 have a considerably better understanding of gases and phase changes than girls. This might explain their better understanding of photosynthesis as well. The same categories of answers to open-ended questions were found both in the comprehensive and the upper secondary school. Only the frequencies and the language being used, differ. Many students learn the scientific terms but use them to express naive conceptions of the life world domain without using scientific thinking.