

NA-SPEKTRUM

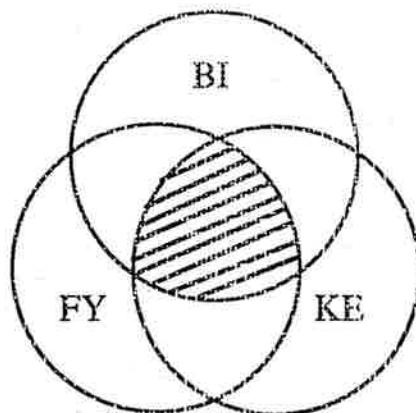
STUDIER AV NATURVETENSKAPEN I SKOLAN

Nr 6

NATIONELL UTVÄRDERING - ÅK 9

VAD KAN ELEVERNA OM EKOLOGI OCH MÄNNISKOKROPPEN ?

Björn Andersson, Jonas Emanuelsson, Ann Zetterqvist



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

Red: Björn Andersson

ISSN 1102-5492



NATIONELL UTVÄRDERING - ÅK 9
VAD KAN ELEVERNA OM
EKOLOGI OCH MÄNNISKOKROPPEN?

Björn Andersson, Jonas Emanuelsson, Ann Zetterqvist

NA-SPEKTRUM

Nr 6

INNEHÅLL

	sid
FÖRORD	5
<i>INLEDNING</i>	
1 PROBLEMSTÄLLNING, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING	8
1.1 Fokus på begreppsförståelse	8
1.2 Kvalitativ inriktning	8
<i>DEL 1 MÅL OCH UPPGIFTER</i>	
2. NÅGRA METODPROBLEM	12
3 VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM EKOLOGI	14
3.1 Några grundbegrepp	14
3.2 Några ekologiska begrepp och modeller	15
3.3 Motiv för ekologiundervisning	18
4 VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM MÄNNISKOKROPPEN?	19
4.1 Några grundbegrepp	19
4.2 Motiv för undervisning om människokroppen	19
5 VAD SÄGER BEGREPPSFORSKNINGEN?	20
5.1 Ekologi med fotosyntes	21
5.2 Människokroppen	22
6 MÅL	25
6.1 Ekologi med fotosyntes	26
6.2 Människokroppen	27
7. KONSTRUKTION OCH VAL AV UPPGIFTER	28
<i>DEL 2 RESULTAT</i>	
8 EKOLOGI MED FOTOSYNTES	32
1 Var sker fotosyntes?	32
2 Hur ändras gasblandningen?	33
3 Varifrån kommer biomassan?	34
4 Vilka är producenter?	35
5 Vilken näringskedja är omöjlig?	36
6 Hur ändras näringsväven?	37
7 Vilka följder har larvangreppet?	39
8 Vad händer med atomerna i det döda djuret?	40
9 Varför blir komposten mindre och varm?	42

9	MÄNNISKOKROPPEN	44
10	Vad gör hjärtat?	44
11	Var blir det en blodpropp?	45
12	Hur cirkulerar bloddroppen?	46
13	Vad händer med inandningsluften?	46
14	Varför ökat syrebehov?	48
15	Vad ger energi åt kroppen?	50
16	Var frigörs energin i maten?	51
17	Medicinska hjälpmedel	52

DEL 3 MÖJLIGHETER

10	ANALYS OCH VÄRDERING AV RESULTAT UPPGIFT FÖR UPPGIFT	54
10.1	Fotosyntes	54
10.2	Ekologi	56
10.3	Människokroppen	60
11	ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER MED HJÄLP AV MÅLRELATERING	63
11.1	Om metodproblem vid utvärdering av begreppsmål	63
11.2	Ekologi med fotosyntes	65
11.3	Människokroppen	67
11.4	Pojkar och flickor	69
12	AVSLUTNING	70
	REFERENSER	71

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.

-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.

Vägledande för vårt arbete är följande uttalanden i propositionen 'Växa med kunskap' (1990/91:85, sid 43-44):

Ansvar för vår gemensamma framtid är globalt, men det får inte bli en undanflykt från vårt nationella ansvar. Sverige bör därför på nytt bli ett föregångsland, denna gång för hur kunskaper om ett ekologiskt uthålligt samhälle kan utvecklas och tillämpas.

Hoten mot vår miljö är svåra att uppfatta för den som saknar elementära naturvetenskapliga insikter. En rationell debatt om miljöproblemen har blockerats av ett allmänbildningsideal som uteslutit naturvetenskapliga kunskaper.

Den nödvändiga miljömedvetenheten förutsätter en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket, om besluten skall vara gripbara för en demokratisk debatt och för ett demokratiskt beslutsfattande.

I den här rapporten redovisas och analyseras en del resultat från den nationella utvärdering som gjordes vt 1992. Det är elever i åk 9 som prövats med avseende på sina kunskaper om 'ekologi med fotosyntes' och 'människokroppen'. Rapporten är den andra från det sk NUNA-projektet (Nationell Utvärdering NATurvetenskap), som är en del av Skolverkets stora nationella utvärderingsprogram. I NUNA-gruppen ingår Björn Andersson, Jonas Emanuelsson och Ann Zetterqvist.

Författarna framför ett tack till sin referensgrupp av högstadielärare - Frank Bach, Maragreta Eliasson och Jan Landström - till Yngve Eliasson samt till kollegorna vid avdelningen för naturvetenskap för värdefulla synpunkter och idéer under arbetets gång.

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

Möln dal, juni 1993

Red

INLEDNING

1 PROBLEMSTÄLLNING, AVGRÄNSNINGAR OCH INRIKTNING

Höstterminen 1990 startade det sk NUNA-projektet (Nationell Utvärdering NATurvetenskap) som en del av Skolverkets nationella utvärdering¹. Det problem som NUNA-gruppen fick i uppdrag att belysa var i vilken utsträckning svenska elever uppnår grundskolans mål avseende kunskaper och färdigheter i naturkunskaps-ämnena.

Vårt arbete begränsades från början av en given ram, nämligen tre års projekttid och tre halvtidstjänster, samt en undersökningsgrupp på över 3000 elever i åk 9 som skulle genomgå ett NO-prov och en enkät vårterminen 1992. Den tilldelade tiden var fyra lektioner. Härutöver skulle en lärarenkät genomföras.

1.1 Fokus på begreppsförståelse

För att göra arbetet hanterbart inom denna ram startade vi med att göra tre avgränsningar. Den första var att *fokusera begreppsförståelse*, vilket är naturligt eftersom naturvetenskaplig undervisning primärt går ut på att eleven skall lära sig begrepp av olika slag, som kan användas för att bättre förstå omvärlden. Oavsett hur den naturvetenskapliga undervisningen organiseras måste den leda till en varaktig begreppslig behållning. Om inte detta sker, så har eleverna inga naturvetenskapliga tankeverktyg med vilka nya situationer i framtiden kan förstås, t ex miljöproblem.

Den andra avgränsningen var att *utvärdera ett begränsat antal viktiga områden* av grundskolans naturvetenskap. Det föreföll oss bättre att få en relativt rikhaltig information om elevernas begrepp och eventuella svårigheter att förstå inom några områden, än en mer uttunnad kunskap som spänner över hela naturkunskapsfältet. Vi influerades också av den pågående debatten om den negativa styrning som en nationell utvärdering kan ha, nämligen att lärarna undervisar för bra testresultat. Om man väljer några områden i testomgång A, nya områden i omgång B tre år senare, nya åter i omgång C, så undviker man denna styrning och kommunicerar samtidigt att det väsentliga med utvärderingen är att öka kunskapen om undervisningen och elevernas lärande. Vi valde till slut områdena 'faser och fasövergångar', 'ämnen och reaktioner', 'fotosyntes med ekologi' samt 'människokroppen'.

Det tredje avgränsningen var att *enbart använda papper-och pennauppgifter*. Resurserna medgav inte utarbetande av experimentella inslag.

1.2 Kvalitativ inriktning

När det gäller bearbetning av elevsvar kan man välja en kvantitativ eller kvalitativ inriktning eller en kombination av båda. En kvantitativ ansats innebär bl a att svar poängsätts, och med detta är ett grundläggande problem förknippat, nämligen

¹ Övriga delprojekt i Skolverkets nationella utvärderingsprogram för grundskolan (NU) gäller bild, engelska, hemkunskap, idrott, matematik, problemlösning, samhällsorientering, slöjd och svenska. En särskild grupp har ansvar för det slumpmässiga riksurvalet av skolor och uppläggningsen av en databank för hela NU-projektet. Ytterligare en grupp gör skolenhetsbeskrivningar.

vilken mening olika poängsummor har. I allmänhet torde det vara så, att den mening en poängsumma bär är att en elev, klass, skola eller nation kan och vet mer eller mindre än andra elever, klasser, skolor och nationer i relation till ett givet test. Detta kan ha sitt intresse att känna till, men det finns en komplikation. Anta t ex att en elev får ihop en poängsumma med hjälp av små bidrag från många uppgifter. En annan löser några uppgifter insiktsfullt och väl och låter resten vara. Båda får samma poäng. Vem har bäst tillägnat sig kursinnehållet?

Poängtal kan ha ett värde vid statistiska analyser, t ex om man vill veta vilka bakgrundsfaktorer som har betydelse för ett bra resultat (dvs en hög poängsumma). Men analysen skulle ge mer om man i innehållsliga termer kunde uttrycka vilken mening olika poängsummor har.

Vår erfarenhet är att analys av elevsvar med kvalitativa metoder såsom kategoriseringar kan ge betydligt rikare och för läraren mer värdefull information än poängtal, både när det gäller att beskriva elevernas kunskande vid ett givet tillfälle och deras kunskapsutveckling. Jämför t ex följande två fiktiva utsagor:

-I åk 9 har elever i kommun X i medeltal 4 poäng på ett evolutionstest. I åk 3 på gymnasiet är resultatet på samma test 10 poäng.

-I åk 9 använder många elever ett lamarckistiskt tänkande för att förklara varför organismer förändras. De anser t ex att egenskaper som förvärvas under en organisms livstid, såsom immunitet, kan föras vidare till avkomman. I åk 3 dominerar darwinistiska förklaringar.

Den senare beskrivningen är mer informativ för läraren, i synnerhet när innebörden ytterligare konkretiserats med exempel på elevsvar.

Med andra ord kan man säga att en kvalitativ ansats fokuserar hur eleverna tänker och vad detta betyder, en kvantitativ hur mycket de kan och om svaren är rätt eller fel.

Vi beslöt oss i ett tidigt skede för en kvalitativ inriktning på vårt arbete. I huvudsak har detta inneburit att vi prövat öppna uppgifter, som eleverna själva skriver svar till. Svaren har vi försökt att kategorisera. Då vi fått fram få och tydliga kategorier för en uppgift, har vi i bland gjort om den till en flervalsfråga med de funna kategorierna som alternativ. Ungefär en tredjedel av våra slutliga uppgifter är av typ öppet svar, som kategoriserats av kvalificerade bedömare. En konsekvens av vår kvalitativa inriktning är att vi betraktar svarsbilden på varje enskild uppgift som en viktig informationskälla. Den ger ofta intressanta inblickar i elevernas sätt att tänka och därmed också många uppslag till förbättringar av undervisningen i smått och stort. Det är också möjligt att sätta samman svarsbilder från flera uppgifter till översiktliga beskrivningar av elevernas tänkande inom ett givet område, t ex ekologi.

Det nu sagda innebär inte ett avståndstagande från kvantitativa metoder i allmänhet och poängsättning i synnerhet. Vår analys av elevsvar är visserligen i stor utsträckning kvalitativ, men kvantitativa inslag förekommer också.

Efter att ha gjort nämnda avgränsningar och bestämt inriktning var vi redo att ta itu med två delproblem, nämligen att klarlägga vilka målen är och att konstruera uppgifter som prövar om de är uppnådda eller ej. Detta arbete redovisas i del 1 som nu följer.

DEL 1
MÅL OCH UPPGIFTER

2 METODPROBLEM

Det första vi gjorde för att utröna undervisningens mål var att studera läroplanen (lgr 80). När det gäller ekologi så sägs i målen för alla naturorienterande ämnen, att eleven skall *få kunskap om hur naturen fungerar* (s 114). Under rubriken 'människan och naturen' finner vi *ekosystemets byggnad och funktion* (s 118). Läroplanen är alltså tydlig när det gäller ekologi. Momentet skall behandlas, och inte bara för sin egen skull utan också för att kunskapen behövs i andra sammanhang, bl a när det gäller momenten *huvudgrupper av växter och djur i ett ekologiskt och utvecklingshistoriskt perspektiv* (s 117) och *människans påverkan av och ansvar för naturmiljön och hur kunskaper om naturmiljön kan användas i samhällsarbetet, bl a miljökontroll och planering med hänsyn till ekologin*.

Fotosyntesen nämns inte i samband med ekosystemets byggnad och funktion, vilket hade varit en möjlighet, men väl i ett annat sammanhang, nämligen *cellen och olika livsprocesser, t ex fotosyntes* (s 117).

Angående människokroppen så noteras först att hela naturorienteringen är uppdelad i tre huvudteman, nämligen 'människan', 'människan och naturen' och 'människans verksamhet'. Delen 'människan' handlar väsentligen om kroppens funktioner och betingelser för sjukdom och hälsa. Människokroppen är med andra ord ett stort avsnitt av naturorienteringen. Vi valde därför att göra ytterligare en avgränsning och beslöt att fokusera hjärta och blodomlopp, andning och ämnesomsättning. Dessa moment nämns i läroplanen på följande sätt: *Andningen och cirkulationen i kroppen* (s 116). *Matsmältningsorganen*. (matspjälkningsorganen). *Födans kemiska sammansättning och dess näringsvärde* (s 116).

Läroplansstudiet gjorde att vi upplevde några problem av metodkaraktär. Det första har att göra med att kunskapsmålen ofta är vagt angivna. Den som utvärderar måste därför göra tolkningar och preciseringar, dvs subjektiva bedömningar. Man kan därför ifrågasätta i vilken utsträckning vi utvärderar den undervisning och det lärande som faktiskt har ägt rum i landets olika skolor. Vi har beaktat detta problem på två sätt. Dels har vi kontinuerligt inhämtat råd från en mindre referengrupp av erfarna högstadielärare, dels har en något större lärargrupp ingående bedömt våra förslag till uppgifter. På så sätt får vi en viss förankring i undervisningspraxis. Vi hoppas att den lärare-läsare som har annorlunda mål än vi, ser den nationella utvärderingen som ett viktigt bidrag till kunskapsbildningen på området. Exempelvis har han/hon möjlighet att jämföra sina egna mål och utvärderingen av dessa med våra analyser och resultat, vilket torde leda till nya insikter och uppslag.

Ett annat problem hänger ihop med att läroplanen har både överordnade och ämnesspecifika mål, vilka tillsammans utgör en helhet. Skall de överordnade målen påverka testsituation och testinnehåll? Ta som exempel målet att skolkunskaperna skall kunna användas i olika framtida sammanhang, bl a 'hem och vardag' och 'samhällsliv'. Beaktar man detta mål kan andra typer av utvärderingsinstrument än traditionella ämnesuppgifter bli aktuella. Angående t ex samhällsliv, så går skolan ut på att skapa aktiva medborgare som sätter sig in i frågor, engagerar sig, tar ställning och handlar. En testsituation i linje med detta är bl a att läsa en tidningsartikel, förstå vad den handlar om och resonera sig fram till en självständig ståndpunkt. Artikeln antas kräva ett naturvetenskapligt kunnande för att bli begriplig, och testningen går ut på att ta reda på i vilken utsträckning detta behärskas av eleven. Andra situationer kunde vara att se ett TV-program, ta del av en utredning i lämpligt tillrättlagd form etc.

Vår bedömning ht 1990 av dessa möjligheter var att varken vi själva eller undervisningssystemet var mogna för så radikala grepp, trots att de måste anses vara önskvärda. De flesta lärare torde bedriva en tämligen renodlad ämnesundervisning. Ett av dess syften är förvisso att ge eleverna kunskaper som de kan använda i olika situationer i framtiden, men prov av den typ vi diskuterat ovan förekommer sällan. Vi valde därför att fokusera begreppsförståelse, mätt med ett antal kortare uppgifter av olika slag, och med motiveringar som angetts i avsnitt 1.1

Oavsett hur man gör finns ett generaliseringsproblem. Om eleven t ex visar sig ha ekologibegrepp som gör att hon begriper ett givet TV-program, kan vi då säga att hon också förstår en tidningsartikel med ett ekologiskt innehåll? Om eleven visar god förståelse för ekologi genom att svara rätt på ett antal mindre testfrågor, kan vi då säga att hon också begriper tidningsartiklar och TV-program i ämnet? Det finns inga teorier om tänkande som hjälper oss att besvara dessa frågor. Troligtvis är det dock så, att ju bättre resultatet är på en typ av test, desto högre sannolikhet för ett bra resultat på ett annat, och vice versa. Empiriskt kan man avgöra vilket test bland ett antal givna som bäst förutsäger resultatet på de övriga.

Ett tredje problem har att göra med steget från preciserade mål till testuppgifter. Även här kommer ett tolkningsmoment in i bilden, vars omfattning beror av precisionsgraden. Vi föredrar ett ganska stort tolkningsutrymme. Alternativet att precisera målen så mycket att testuppgifterna nästan blir självklara leder till mycket omfattande och rigorösa måldokument och lämnar ringa utrymme för initiativ och fantasi. För att få en förankring i undervisningspraxis har vi låtit cirka tio lärare bedöma varje uppgift som vi pilottestat (c:a 200).

Också vid urvalet av uppgifter har man ett generaliseringsproblem. Om eleverna t ex svarar dåligt på de uppgifter vi valt ut om blodomloppet, kan vi då säga att deras kunskaper inom detta område generellt sett är dåliga och vice versa? Vår metod att lösa detta problem är dels att ha med flera uppgifter som prövar olika aspekter av området, dels att om möjligt relatera vunna resultat till den internationella forskningen om elevers begrepp och tänkande angående naturvetenskapliga fenomen.

Till sist ett grundläggande problem. En utvärdering är inget kontrollerat experiment. I princip kan man därför inte dra slutsatsen att goda resultat beror på undervisningen. Det finns ju ingen kontrollgrupp som inte undervisats. Däremot kan dåliga resultat alltid motivera förbättringar. Vi anser att detta problem är olika för olika ämnen. Ett gott resultat i engelska kan åtminstone delvis förklaras med att eleverna hör engelska talas på film och i TV, lyssnar på och sjunger poplåtar, pratar engelska med jämnåriga etc. För naturvetenskapen är situationen en annan. Våra ungdomar möter naturvetenskapligt kunnande i blott ringa utsträckning i sitt dagliga liv och på ett sätt som berör dem. Det är ingen tillfällighet att propositionen 'Växa med kunskap' framhåller behovet av en naturvetenskaplig alfabetisering som omfattar hela folket. Mot denna bakgrund bedöms sannolikheten vara hög för att positiva resultat beror på de naturvetenskapliga lärarnas insatser.

I fortsättningen skildras hur vi preciserat läroplanens mål när det gäller 'fotosyntes och ekologi' samt 'människokroppen' och hur vi sökt oss fram till lämpliga uppgifter. Vi började med att fråga oss varför det är viktigt att eleverna har kunskaper inom dessa områden. Sedan gick vi igenom den internationella begreppsforskningens resultat när det gäller elevernas vardagstänkande och svårigheter att förstå. Slutligen kombinerade vi vunna insikter med vår egen lärarerfarenhet och våra

ämneskunskaper till mål för de två områdena. Allt detta redovisas i avsnitt 3 tom 5 nedan. I avsnitt 6 beskrivs hur uppgifterna utformades.

3 VARFÖR SKALL ELEVERNA LÄRA OM EKOLOGI?

Frågan 'Varför skall eleverna lära ett visst område?' är viktig både för undervisaren och utvärderaren. Det svar man ger påverkar t ex hur området prioriteras i förhållande till andra, det utrymme som området får och det innehåll som väljs ut. Vi försöker i avsnitt 3 svara på varför-frågan vad beträffar 'ekologi med fotosyntes'.

3.1 Några allmänna grundbegrepp

Omvärlden är komplex och mångfacetterad. För att bättre förstå den på ett systematiskt sätt skapas och används vetenskapliga begrepp. Många sådana är innehållsligt specifika, andra mera allmänna.

När det gäller ekologi kan följande allmänna begrepp användas för att strukturera den levande världen.

Klassificering

Ett första steg mot förståelse kan vara att göra klassificeringar av iakttagen mångfald. Detta skapar ordning i naturens värld, underlättar kommunikation och kan leda till att man lättare ser samband. Några vardagsklassificeringar är att dela in växter och djur i vilda och tama eller nyttiga och onyttiga. Här är det människan och hennes behov som är utgångspunkt. Inom ekologin finns klassificeringar som t ex producent och konsument, växtätare, djurätare och nedbrytare och näringsrik och näringsfattig sjö.

Växelverkan

Begreppet växelverkan är, liksom de övriga i detta avsnitt, användbart inom alla naturvetenskaperna. Solstrålning växelverkar med huden liksom med växtens klorofyll. Inom ekologin kan man tala om växelverkan mellan populationer i ett ekosystem, men också mellan levande organismer och död materia.

System-delsystem

När ekologiska samband studeras görs detta i olika system eller delsystem som inom ekologin kan vara svåra att avgränsa. Det är systemet som avgör vilka faktorer som kommer att vägas in när det gäller orsakssamband inom systemet. Exempel på ekologiska system är barrskogsregion, hed, samhälle, Vättern.

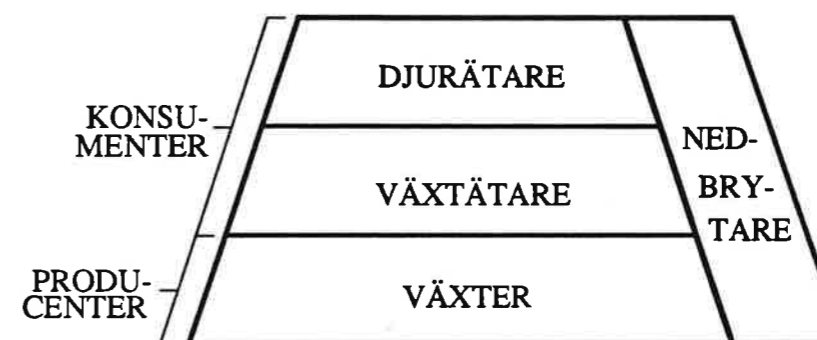
Modell

Inom ekologin används många modeller. Det är viktigt att vara klar över att dessa bara fångar upp delar av omvärldens komplexitet. Särskilt när det gäller ekosystem måste man räkna med att modellerna endast approximativt kan förklara och förutsäga händelser.

3.2 Några ekologiska begrepp och modeller

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 gråsuggor reagerar på olika miljöfaktorer. Vill de ha ljus eller mörker, varmt eller kallt, torrt eller fuktigt? I undervisningen är också miljöfaktorerens 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*.

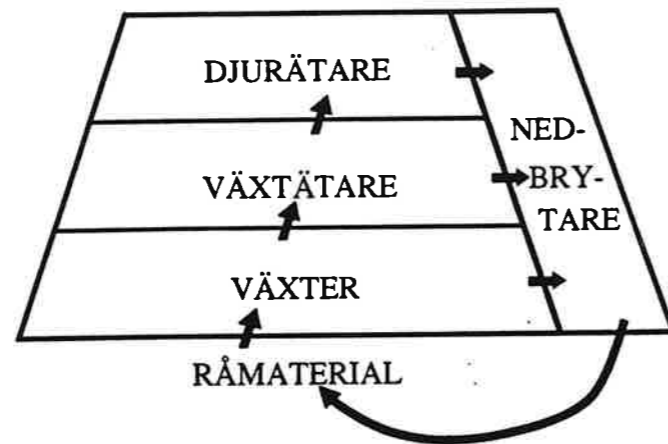
Figur 3.1 kan användas för att ordna några viktiga delar av ett samhälle.



Figur 3.1. Modell av ett samhälle

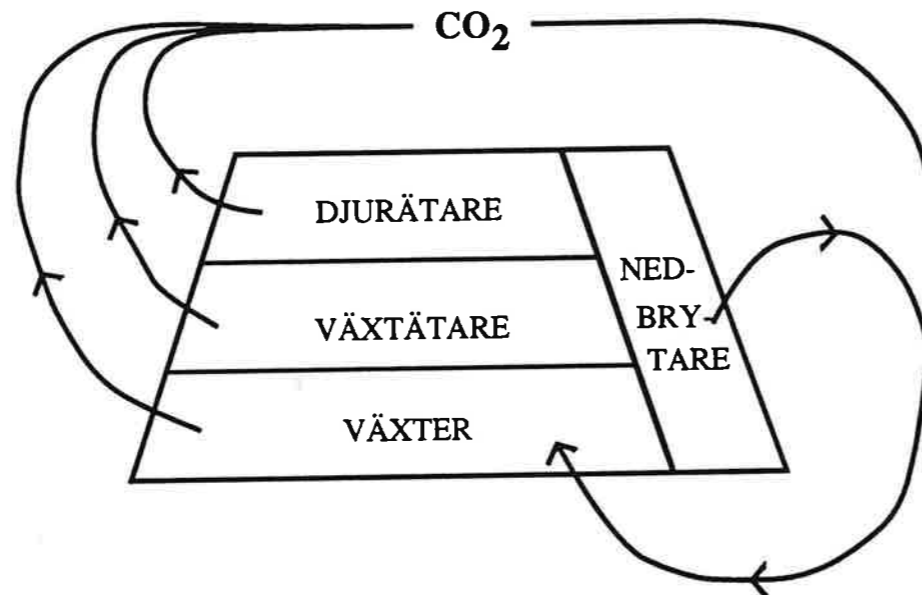
Producenter är växter som med hjälp av strålningsenergi omvandlar oorganisk materia till organisk, vilken utgör växtens föda. *Konsumenter* är organismer som utnyttjar andra organismer som föda. *Nedbrytare* är svampar och bakterier som till föda utnyttjar döda organismer.

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

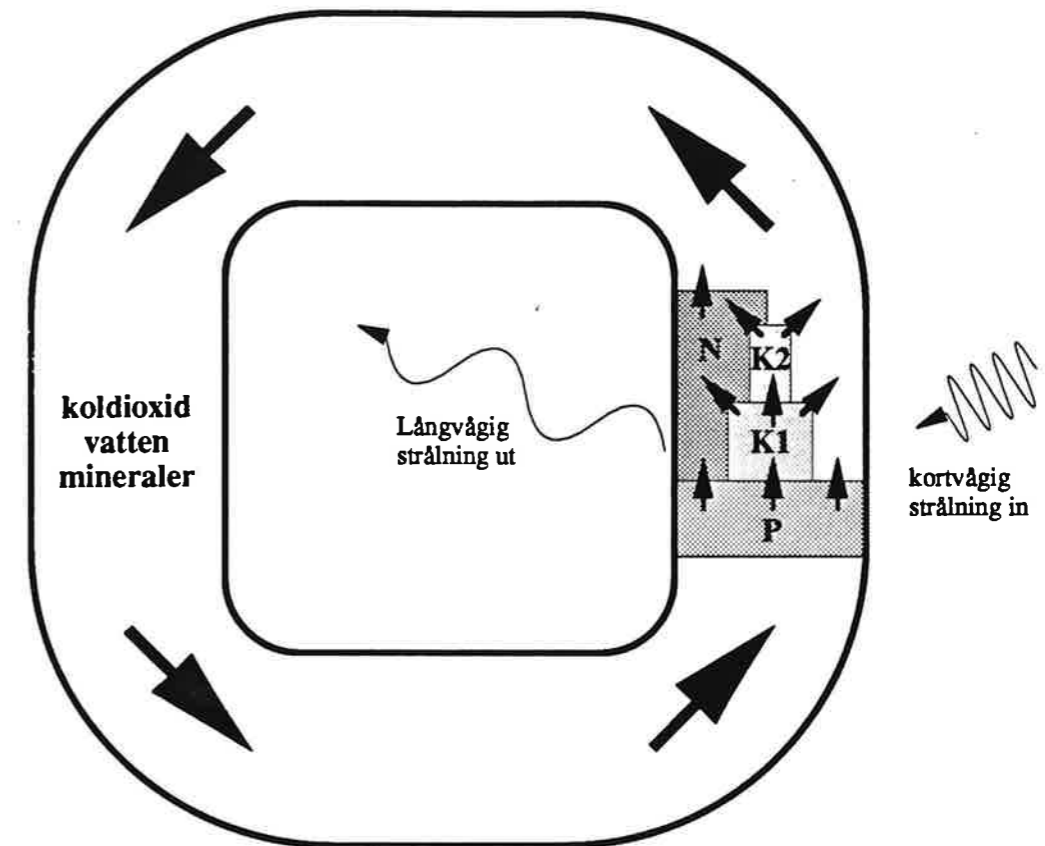
Utbytet av koldioxid mellan producenter, konsumenter och nedbrytare kan beskrivas som i figur 3.3. En liknade figur kan ritas för syre.



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 konsumenter. N: nedbrytare. Den konstanta tjockleken på loopens illustrerar att massan/antalet atomer bevaras.

Med utgångspunkt från den genetiska informationen och med hjälp av energi sammanfogas råmaterial, dvs materia i form av CO_2 , H_2O 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 CO_2 , H_2O 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 loopens 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 ämnens 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. Orsaks-sammanhangen 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 livsbe-tingelserna för växter och djur. Osv.

3.3 Motiv för ekologiundervisning

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 -> växt -> djur -> 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.

4 VARFOR SKALL ELEVERNA LARA OM MÄNNISKOKROPPEN?

4.1 Några grundbegrepp

Människokroppen är ett komplext system med cellen som en grundläggande byggsten. De flesta celler bygger upp organsystem med olika funktioner i kroppen. Skelett och muskler gör att vi kan röra oss och skaffa den föda vi behöver. Matspjälkningssystemet bryter ned födan till enheter som kroppen kan tillgodogöra sig samt gör sig av med sådant som inte kan tillvaratas. Lungorna tar upp syre som behövs för att förbränna födan och avger koldioxid som är en avfallsprodukt från förbränningen. Urinorganen urskiljer och utsöndrar andra avfallsprodukter. Huden, kroppens största organ, skyddar oss för främmande ämnen, och avger överskottsvärme som bildas vid förbränningen i cellerna, samt vatten. Blodsystemet transporterar spjälkad föda och syre till kroppens celler och avfall från dem. De kapillära kärlen är så finfördelade att om vi tog bort allt utom blodkärlen på en människa, så skulle vi känna igen honom eller henne (vi förutsätter i detta tankeexperiment att kärlen är stela). Alla dessa aktiviteter koordineras och regleras av nervsystem och hormoner. Hjärnan mottar information från sinnesorganen och kan lära av erfarenheten. Könnsorganen svarar för fortplantningen. Immunsystemet oskadliggör mikroorganismer såsom bakterier, virus samt ämnen som är främmande för kroppen.

Några betydelsefulla teman kan urskiljas 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.

4.2 Motiv för undervisning om människokroppen

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 bröstorgen? 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.

5 VAD SÄGER BEGREPPSFORSKNINGEN?

Under senare år har det vuxit fram en internationell forskning angående elevers begrepp och tänkande om naturvetenskapliga fenomen. Denna har bl a visat att elever innan undervisning har begrepp om materia, ljus, värme, elektricitet, liv mm som på olika sätt skiljer sig från skolkursernas innehåll. Man talar om vardagsföreställningar och det visar sig att dessa inte alltid är så lätta att ersätta med vetenskapliga. Kunskaper om elevers vardagstänkande leder också till insikten att vi i undervisningen ofta tar grundläggande föreställningar inom ett område mer eller mindre för givna trots att de vållar eleverna betydande problem. Allt det här är givetvis intressant, in i minsta detalj, både för undervisaren och utvärderaren. Den senare stimuleras av begreppsforskningens resultat bl a till nya uppgiftsidéer. Elevernas svar kan i sin tur leda till nytt kunnande om hur de tänker.

Mot denna bakgrund gör vi här en översikt över viktiga forskningsrön när det gäller elevers begrepp om 'ekologi med fotosyntes' samt 'människokroppen'.

5.1 Ekologi med fotosyntes

Växters växande

På senare år har några intressanta försök gjorts att utveckla undervisningen om fotosyntesen för elever i 12-14 års ålder med utgångspunkt från deras vardagstänkande. Mest känt är ett arbete från Leeds University, som utförts av projektet Children's Learning in Science (CLIS, 1987). Ett annat försök har gjorts vid Michigan State University (Roth & Andersson, 1987).

I anslutning till projektarbetet har systematiska iakttagelser och undersökningar av elevers uppfattningar om växters växande genomförts. Vi återger här en sammanställning av Roth och Andersson (1987) som vi tycker är av värde inte bara som en beskrivning av vardagsföreställningar utan också som exempel på ett nytt sätt att skriva mål genom att ange kurskraven i relation till elevens utgångsläge. Ordet 'food' har översatts med föda.

Innehållsaspekt	Mål: vetenskapliga föreställningar	Vardagsföreställningar
Varifrån en växt får sin föda	Växter gör sin egen föda inuti sig själva genom att använda koldioxid, vatten och ljus i en process som kallas fotosyntes	Växter intar sin föda från omgivningen
Födans natur	Födans natur som växterna gör är materia som organismer kan använda som energikälla	Föda är det som organismer äter, dvs intar utifrån
Födans funktion	Födans funktion förser varje växtcell med den energi som behövs för dess olika livsprocesser	Födans funktion för att växten skall leva och tillväxa
Materietransformationer	Vatten och koldioxid som växten intar ändras till ny materia till följd av kemiska reaktioner. Härvid omvandlas energifattig materia (koldioxid och vatten) till energirik (glukos och syre)	Vatten och koldioxid som växten intar ändras inte. De används oförändrade i två separata livsprocesser - andning och drickande
Materietransport	Vatten och koldioxid färdas till celler i t ex bladen, där de deltar i en process - fotosyntes	Vatten och koldioxid färdas till olika växtdelar där de deltar i två skilda processer - andning och drickande
	Föda transporteras från t ex bladen till växtens alla delar	Föda kommer in i en växt genom rötterna och transporteras till växtens alla delar

Innehållsaspekt	Mål: vetenskapliga föreställningar	Vardagsföreställningar
Fotosyntesprodukternas betydelse för växten	Den viktigaste produkten är föda, som är växtcellernas enda energikälla	Fotosyntesen är inte viktig för växterna - den är något som görs för människors och djurs räkning
Fotosyntesens betydelse för människor/djur	Djur är beroende av växterna både när det gäller att få föda och syre. Det är bara de gröna växterna som kan binda solenergi i föda dvs bara de gröna växterna kan göra den energirika föda som alla djur behöver	Växter är viktiga därför att de avger syre som människor och djur kan andas. Växter är också viktiga som föda åt djur, men de är inte den enda födan.

Ekologi

Undersökningar av elevers ekologiska begrepp är relativt sparsamt förekommande. Då vi planerade den nationella utvärderingen kände vi bara till några studier från Nya Zeeland angående de ekologiskt viktiga kategorierna växt, djur, producent och konsument, utförda av Bell och Barker och rapporterade av Osborne och Freyberg (1985, pp 29-40). Bland resultaten kan nämnas att elever i högstadiet visar tecken på ett mer begränsat djurbegrepp än det som är biologens. De kategoriserar fyrbenta landdjur i stort sett rätt, men betraktar i mindre utsträckning en val, en dagmask och en spindel som djur. Också elevernas växtbegrepp är mer avgränsat än det vetenskapliga. Exempelvis anger ganska många att ett träd inte är en växt därför att det är stort och hårt, och morot och kål betraktas som grönsaker, inte växter.

Dessa elevernas begrepp påverkar i sin tur hur de förstår definitioner av producent och konsument. Om de får höra att 'djur är konsumenter' så uppfattar de detta i enlighet med sitt djurbegrepp och anger på ett test efter undervisningen att en spindel inte är en konsument. Men om begreppet djur reds ut före konsument så formar eleverna ett vetenskapligt konsumentbegrepp.

5.2 Människokroppen

Olika sätt att uppfatta människokroppen

Det finns en hel del undersökningar av elevers begrepp om människokroppen. Crider (1981) har formulerat sju nivåer, som kan ses som anhalter på vägen mot en begynnande vetenskaplig förståelse. De första tre gäller mycket unga elever, och berörs därför bara kortfattat här.

På den första nivån (1) finns det ingen koppling över huvud taget mellan observerbar funktion och inre organ, vilka för övrigt är lite kända. På nästa (2)

känner barnet till några inre organ, vilkas funktion på ett ospecificerat sätt kopplas till observerbara tillstånd och funktioner. Den följande nivån (3) innebär mer kunskaper om inre organ, vilka kan kopplas till mer specificerade funktioner och tillstånd. Själva kopplingen är dock vag. Gemensamt för dessa tre nivåer är att eleverna inte använder någon modell av hur kroppens inre fungerar.

Ett viktigt steg tas när strukturen hos ett inre organ kopplas till funktionen att ta emot, behålla och vidaretransportera ämnen (nivå 4). Magsäcken är t ex "något runt inuti kroppen för att rymma mat. Maten går in i munnen, ned genom halsen och till magsäcken. Om vi inte hade en magsäck, så skulle maten gå överallt, och det skulle bli en enda röra". I och med att barnet tänker sig inre organ som behållare med förbindelser av rörkaraktär, och kopplar ihop detta med ämnen, så kan inre organ uppfattas som aktiva agenter för förflyttning av dessa ämnen. Hjärtat är inte bara en pump utan det pumpar ut blod till kroppens olika delar.

Nästa nivå (5) innebär en vidareutveckling av dessa idéer. Hjärtat inte bara pumpar ut, utan "den ena sidan pumpar in blod, den andra ut". Magsäcken är inte bara en behållare som tar emot föda, utan "magen samlar upp maten man äter. Den använder en del, och gör sig av med det den inte behöver". Om lungorna säger en elev: "Då man andas tar lungorna in luft och skickar den tillbaka ut". Det är alltså fråga om reversibel (in-ut) och kompensatorisk (in på ena sidan, ut på andra) funktion i motsats till att antingen bara ta emot eller skicka ut.

På den följande nivån (6) tillkommer en väsentlig nyhet. Ämnen kan enligt eleven transformeras. "Då man äter går det till magen och blir mosat. Sen blir det vätska, sen blod, och det går till armar och ben". Detta betyder att ämnen på tidigare nivåer uppfattas som oföränderliga som ämnen betraktade.

Steget till den sista av Criders nivåer (7) är stort. Det karaktäriseras av integration mellan olika delsystem i kroppen, och en differentiering av organisationsnivåer (t ex organnivå och cellnivå). En elev säger t ex: "Man andas in syre och ut koldioxid. Syre går till lungorna och går ut i blodströmmen. Lungorna har små luft-säckar. Det är där syret går in i blodet. Det går in i cellerna. Sen kommer det tillbaka som koldioxid".

De sju nivåerna ovan utgör ett beskrivningsinstrument, konstruerat för att få viss ordning på många olika svar från Criders 21 försökspersoner i 6-12 års ålder. Vi har själva genom olika pilotstudier kunnat konstatera att svar enligt nivå 4 tom 7 förekommer på högstadiet. Det finns ett samband mellan ålder och nivå, dvs ju äldre elever, desto högre nivå. Men det är bara ett ungefärligt samband. Om man tittar på ett flertal svar från en och samma elev, så hör de som regel hemma i olika nivåer. Till Criders sju nivåer kan läggas en åttonde som innebär en medvetenhet om molekylära skeenden, t ex kemiska reaktioner. Nivåerna är att betrakta som preliminära.

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

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 högstadieelever 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, enzyms 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 (Se A under Simpson i referenslistan) illustrerar båda dessa förhållanden. Åttio två skotska högstadiel elever 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". Karakteristiskt 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.

Många intressanta detaljer

Det finns många intressanta detaljer angående elevers begrepp om sin kropp. Läsaren hänvisas till Andersson (1988) för en sammanfattning. Vi ger här några exempel.

Gellert (1962) har bl a frågat barn och ungdomar: 'Vad tror du att huden är till för?' (What do you think we have a skin for?) De vanligaste svaren bland yngre barn (5-9 år) är att huden är till för personligt utseende och för att hålla ihop kroppen. 'Huden är till för att blodet inte skall komma ut, den hjälper till att hålla allting inne; om vi inte hade hud skulle allt ramla ut' (6år). Denna typ av svar är vanlig även i åldern 9-12 år, men i denna åldersgrupp, liksom i åldern 13-16 år, är det mest förekommande svaret att huden är till för att skydda från från olika saker, t ex vatten, smuts, bakterier, hetta och köld. Bara en försöksperson har med utsöndring som en av hudens funktioner. Gellert rapporterar att de flesta elever beskriver huden som ogenomtränglig för ämnen.

Elevers begrepp om hjärta och blodomlopp har studerats. Gellert (1962) rapporterar bl a att att företrädesvis yngre försökspersoner tänker sig att hjärtat gör blod, att blod kommer från hjärtat och att hjärtat renar blod. Arnaudin och Minzes (1985) har frågat vad som händer med en droppe blod som lämnar hjärtat på väg mot stortån. Eleverna har fått fem alternativ att välja på:

Linjärt

-Droppen går till stortån där den stannar. (10%)

Enkel cirkulation utan att lungorna berörs

-Droppen går till stortån och sedan tillbaka till hjärtat. (30%)

Enkel cirkulation med lungorna inblandade

-Droppen går till stortån, sedan till en lunga och sedan tillbaka till hjärtat. (15%)

-Droppen går först till en lunga, sedan till stortån, sedan tillbaka till hjärtat. (25%)

Dubbel cirkulation

-Droppen går till stortån, sedan tillbaka till hjärtat, sedan till en lunga, och sedan till hjärtat igen. (0%)

Procentsiffrorna avser andelen elever på respektive alternativ i åk 10 (16 år gamla, 100 tillfrågade, 20% svarar ej).

Med tanke på att 40 % av eleverna väljer alternativ där lungorna inte är inblandade, är det knappast förvånande att de också har alternativa uppfattningar om vad som händer med inandningsluften (Arnaudin och Minzes, 1985). En sådan är att luften går in i och sedan ut ur lungorna oförändrad (20%). En annan uppfattning är att luften går i luftrör från lungorna till hjärtat (35%). Ytterligare ett alternativ är att luften går i luftrör till olika delar av kroppen (15%).

6 MÅL

Vår analys hittills visar att begrepp om ekologi och människokroppen på olika sätt är viktiga för var och en (avsnitt 3 och 4). Vi har också genom begrepps-forskningen blivit uppmärksammade på elevers svårigheter att begrepp och sammanhang inom dessa områden (avsnitt 5). Vi väger nu samman kunskandet från dessa avsnitt med vårt eget ämneskunnande och vår lärarerfarenhet till mål för grundskolans elever¹.

¹ De mål som redovisas här är arbetsredskap för utvärderingen och skall inte förväxlas med en komplett målbeskrivning. Eftersom vi är intresserade av att utvärdera begreppsförståelse, så fokuserar målen denna aspekt. I en fullständig målbeskrivning ingår också andra aspekter, t ex experimentella färdigheter, attityder, kunskande om historisk utveckling mm.

6.1 Ekologi med fotosyntes

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). Denna energi används till växternas egna livsprocesser. Växterna utför alltså inte sin fotosyntes för människors och djurs räkning utan för att få energi i en form som de kan använda.

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. Mineralsalter bidrar också, men mera marginellt, till biomassan. Eftersom det mesta av biomassan kommer från koldioxiden så finns det skäl att understryka att t ex odlaren planterar sina växter i såväl luften som i jorden!

I mål 1 ingår att eleven skall vara medveten om att det kan finnas en skillnad mellan vad som menas med en växt i vardaglivet respektive i skolans biologi (jämför avsnitt 5.1). Det är också viktigt att eleven har klart för sig var i olika växter som fotosyntesen äger rum, och var den inte gör det. Gasutbytet med omgivningen exemplifieras och diskuteras med såväl vatten- som landväxter.

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.

Genom att tänka igenom hur en förändring av en population i en enkel energiväv påverkar de andra populationerna i väven kan eleverna få en känsla för att allt hänger samman.

Genom att studera och försöka förstå enskilda arter/organismer som delar i energivävar kan eleverna tillägna sig ett ekologiskt betraktelsesätt, och därmed få bättre förståelse för en given art/organism än om fokus är på arten/organismen som sådan.

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

Alla förmultnings- och förruttelseprocesser är resultatet av nedbrytarnas 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.

De uppgifter vi gett prövar ovan nämnda mål. I en utförligare beskrivning av vad eleven skall kunna om 'ekologi med fotosyntes' bör ingå att både växter och djur förbränner energirika ämnen, varvid syre upptas och koldioxid avges. Det är viktigt att eleverna får klart för sig att också växterna förbränner energirika ämnen och att detta innebär att syre upptas och koldioxid avges. Men växterna har ett nettoupptag av koldioxid och ett nettoavgivande av syre. För djurens del är det tvärt om.

6.2 Människokroppen

En grundläggande insikt när det gäller att förstå hur kroppen fungerar är att alla delsystem är integrerade till en helhet. För att t ex förstå och varaktigt komma ihåg hur blodomloppet sker, så behöver man begripa dess funktion i denna helhet.

Kroppens 'systemiska' natur kan beskrivas på olika sätt då man anger vad eleven skall kunna. Vår utgångspunkt är att cellen är kroppens grundläggande byggsten och att varje cell behöver olika ämnen/molekyler dels som byggstenar, dels som energikälla. Kroppens olika delsystem arbetar på ett koordinerat sätt för att tillgodose dessa behov. Med denna utgångspunkt formulerar vi följande mål:

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. Det senare innebär t ex att man inser att kapillärsystemet måste vara ytterst finförgrenat för att varje cell skall kunna få de ämnen den behöver. Ett annat exempel är att man kopplar ihop matspjälkningen med att molekyler måste vara ganska små för att kunna passera genom cellväggen. 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.

De uppgifter vi gett prövar ovan nämnda mål. I en fullständig beskrivning av vad eleven skall kunna om sin kropp ingår givetvis en hel del andra delsystem, bl a hjärna-nervsystem, skelett och muskler, urinorganen, huden, könsorganen, immunsystemet mm.

7 KONSTRUKTION OCH VAL AV UPPGIFTER

I avsnitt 6 är målen för 'ekologi med fotosyntes' och 'människokroppen' angivna. Dessa mål avspeglar vår mening om vad som är viktigt i undervisningen när det gäller begreppsförståelse, även om vi beaktat synpunkter från en referensgrupp med tre erfarna högstadielärare. Vi vet alltså inte i vilken utsträckning Sveriges NO-lärare delar vår uppfattning. Ett tänkbart moment i arbetet hade varit att skicka ut målen till ett representativt riksurval av lärare för bedömning och systematisk revidering, men tiden medgav inte detta. I avsaknad av denna information har vi därför varit noga med att redovisa dels målen som sådana, dels vilka kunskaper som utnyttjats då de tagits fram. Härigenom förbättras läsarens möjligheter att bedöma vunna resultat och slutsatser och att relatera dessa till sin egen undervisning.

Från målen har vi tagit nästa steg i arbetet, nämligen konstruktion, utprovning och val av uppgifter. Vi började med att skapa en uppgiftspopulation, som prövar de olika målen. För samtliga utvalda områden (se avsnitt 1) är det fråga om cirka 200 papper- och pennauppgifter, merparten av typ 'öppet svar'. Vi har prövat varje uppgift på 50 elever i åk 9 och kategoriserat svaren. Detta arbete har gett intressanta inblickar i elevernas tankevärld. För en del uppgifter är kategorierna få och tydliga, för andra är de ganska många och relativt vaga.

Som nämnts i avsnitt 2 rymmer också arbetet med att konstruera uppgifter ett betydande tolkningsmoment. För att få en viss förankring i undervisningspraxis har vi bitt högstadielärare i NO att bedöma varje uppgift som använts i pilotstudien (cirka 10 lärare per uppgift). Följande schema har därvid brukats:

A. Uppgiften är lätt för eleverna.	1	2	3	4	5	Uppgiften är svår för eleverna.
B. Uppgiften löses genom att eleven minns och återger.	1	2	3	4	5	Uppgiften löses genom att eleven tänker och förstår.
C. Uppgiften är tråkig och fantasilös för eleven.	1	2	3	4	5	Uppgiften är rolig och stimulerande för eleven.
D. Uppgiften prövar perifera ämnesbegrepp.	1	2	3	4	5	Uppgiften prövar centrala ämnesbegrepp.
E. Uppgiften prövar begrepp som är viktiga för medborgaren (både vardags- och samhällsliv avses).	1	2	3	4	5	Uppgiften prövar begrepp som är viktiga för medborgaren (både vardags- och samhällsliv avses).
F. De begrepp som uppgiften prövar behandlas <u>inte</u> i min undervisning.	1	2	3	4	5	De begrepp som uppgiften prövar behandlas relativt utförligt i min undervisning.
G. Jag rekommenderar att uppgiften <u>inte</u> ingår i den nationella utvärderingen.	1	2	3	4	5	Jag rekommenderar att uppgiften ingår i den nationella utvärderingen.

De uppgifter som vi till slut tagit med har i de allra flesta fall fått en 'medelrekommendation' för G som ligger över 4.

Efter att ha tagit del av lärarnas bedömningar har vi komponerat tre problemhäften som täcker samtliga utvalda områden. Omfattningen är 12 - 15 uppgifter per häfte. Vi har beaktat vad vi lärt oss under den första utprovningen men också tagit hänsyn till att vi måste genomföra de slutliga kategoriseringarna och kodningarna inom en given ekonomisk ram. Allt skall göras över 3000 gånger! Detta är huvudförklaringen till att andelen flervalstuppgifter blivit större än under den första utprovningsfasen. Distraktorerna är dock ofta hämtade från kategorier av svar som vi funnit under denna fas. Så har de tre häftena prövats på cirka 250 elever i åk 9. I detta sammanhang prövades också elev- och lärarenkät. Efter analys av erhållna resultat utformades det slutliga utvärderingsinstrumentet för att användas i början av vårterminen 1992.

I avsnitt 8 och 9 nedan redovisas resultaten av de uppgifter som slutligen användes. Ofta fokuserar en given uppgift ett bestämt mål, men uppgiften kan också kräva att andra aspekter av naturvetenskapligt kunnande tas i anspråk än det som ingår i aktuellt mål. Detta beror bl a på att naturvetenskapliga begrepp ofta är relaterade till varandra och ger varandra mening. Med denna reservation visas i tabell 7.1 vilka mål som utvärderas av vilka uppgifter.

Tabell 7.1. Vilka mål utvärderas av vilka uppgifter?

Ekologi med fotosyntes		Människokroppen	
mål	uppgifter	mål	uppgifter
1	1,2,3	1	13, 14, 16
2	4, 5, 6, 7	2	10, 11, 12, 13
3	8, 9	3	14, 15
		4	17

DEL 2
RESULTAT

8 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"/>

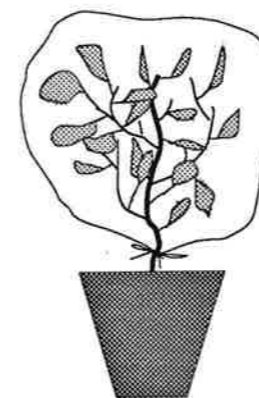
RESULTAT

Tabell 8.1 Var sker fotosyntes? Procentuell fördelning av elevsvar på olika system (n=3103)

system	%
björklöv	85
maskrosblad	84
kaktus	67
björnmossa	61
granbarr	61
kantarell	42
tallbark	34
granrot	26

14 % har alla rätt

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 8.2 Hur ändras gasblandningen? Procentuella andelen elever som anser att olika alternativ är rätt. (n=3103)

Alternativ	andel 'rätt'- svar (%)
syre ökar	54
syre minskar	36
syre ändras ej	14
koldioxid ökar	45
koldioxid minskar	45
koldioxid ändras ej	12

Det är 47 % av eleverna som har alla rätt på de tre påståendena om hur syremängden ändras och 40 % som har rätt på alla tre påståendena om koldioxiden. 33 % har rätt på alla sex alternativen.

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

Vi har funnit följande kategorier av svar (N=3103):

- A. EJ BESVARAT (14%)
- B. EJ MOTIVERAT (5%)
-Vet inte.
-De måste ju vara tyngre nu än för 30 år sen.
-?
- C. TRÄDEN HAR VÄXT(23%)
-Träden växer i och med det så ökar densiteten precis som hos människan.
-Träden växer och blir tyngre ju äldre de blir.
- D. FRÅN NÄRING/JORD/VATTEN, VAR FÖR SIG ELLER I KOMBINATIONER (28%)
-Ifråån jorden.
-De har sugit upp näringen ur marken.
-Ifråån vatten och näring som trädet sugit upp ifråån marken.
- E. FRÅN SOL/SOLLJUS/LJUS, IBLAND ENBART, MEN OFTAST I KOMBINATION MED NÄRING/JORD/VATTEN (11%)
-De har fått atomer från vatten jord solljus precis som människor vi äter och blir större.
-Näringen från jorden och solen.
- F. FRÅN LUFT/OSPECIFICERADE ÄMNEN I LUFT, IBLAND ENBART MEN OFTAST I KOMBINATION MED NÄRING/JORD/VATTEN OCH EVENTUELLT LJUS (5%)
-De tusentals ton har kommit från marken och luften. Träden har omvandlat detta till näring som senare har blivit träd.
-Dom har kommit från näring i luften och marken som i sin tur har gjort att trädet kan växa.
- G. SYRE ELLER ANNAN FELAKTIG GAS OCH NÄRING/JORD/VATTEN OCH EVENTUELLT SOLLJUS(6%)
-När ett träd växer tar det upp näring ur jorden och syre ur luften på så vis bildas en massa som blir ett träd.
-Från syre för växterna växer.

- H. KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING, VATTEN OCH SOL/LJUS (4%)
-Näring ur jorden och luften t ex vatten, koldioxid.
-Trädet är levande och växer dvs cellerna i trädet delar sig hela tiden och bygger upp trädet. Det kan de göra om de får näring, luft (koldioxid) och solljus.
-De tonnen kommer från träden bark, stam, grenar mm. De uppstår genom att trädet växer, får näring och vatten från marken och koldioxid från luften.
- I. KOLDIOXID OCH EVENTUELLT NÄRING, VATTEN OCH SOL/LJUS SAMT ANSATS TILL NATURVETENSKAPLIG FÖRKLARING (1%)
-Från näring i marken som de tar upp. Från luften tar de koldioxid som gör att de kan växa och frodas. De tillverkar eget material av all näring de tar upp.
-Fotosyntes. solljus+koldioxid -> syre+druvsocker+energi. Den lilla plantan "tillverkar" druvsocker som den använder själv för att kunna växa, den blir större och större.
-Från koldioxiden i luften kommer mycket kol, som trädet är uppbyggt av. När det sker fotosyntes sönderdelar trädet koldioxiden till kol och syre. Kolet används till att bygga upp trädet. Syret går ut i luften igen.
- J. ÖVRIGT (4%)
-När plantorna blir större så faller det frön och då blir det mera.
-Träden tar hjälp av naturen på samma sätt som vi ungdomar tar hjälp av de vuxna.
-Från rötterna.
-Atomerna har byggt upp det.

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 8.3 Procentuella andelen elever som anser att olika organismer är producenter (n=3138)

organism	%	organism	%
gran	70	daggmask	47
björk	70	sill	44
alg	68	spindel	44
björnmossa	57	huggorm	34

26% av eleverna har alla rätt

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 → fjäril → sädesärla → sparvhök

gran- och tallfrö → ekorre → berguv

hoppkräfta → växtplankton → mört → gädda

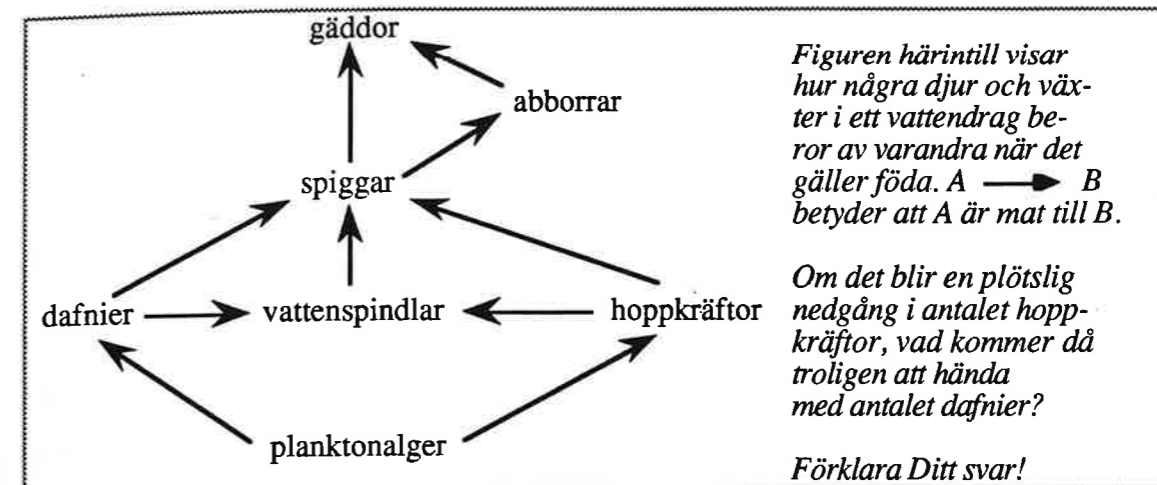
blad → bladlus → myra → gröngöling

RESULTAT

Tabell 8.4 Procentuella andelen elever som anser att olika näringskedjor är omöjliga (n=3138)

näringskedja	%
alg-hoppkräfta etc	11
nektar-fjäril etc	8
frö-ekorre	7
hoppkräfta-växtplankton etc	60
blad-bladlus etc	9
övrigt	3
ej besvarat	2

6. Hur ändras näringsväven?



RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3138)

A. EJ BESVARAT (16%)

B. EJ MOTIVERAT (6%)
-Jag fattar inte denna kedja.

C. ANTALET DAFNIER ÖKAR (18%)

1. Ej förklarat (6%)

-Dom ökar i antal.
-De blir flera.

2. Större tillgång på föda/planktonalger (10%)

-Dafnier får mer mat och då kan de föröka sig.
-De kommer att öka, få det bättre. För då finns ju inte så många av konkurrenterna hoppkräftor kvar.
-Ökar pga att dom och hoppkräftorna käkade samma mat.
-De förökar sig pga att det blir fler planktonalger.

3. Minskat predationstryck (2%)

-Om hoppkräftorna minskar mycket så kommer vattenspindlarna att dö ut och då blir det ett stort överskott av dafnier.
-Dafnierna kommer antagligen att öka i antal eftersom det inte är så många som äter dafnierna.

D. ANTALET DAFNIER MINSKAR/DAFNIERNA DÖR (38%)

1. Ej förklarat (15%)

-De kommer att minska liksom hoppkräftorna.
-Dom försvinner.

2. Ökad predation allmänt (3%)
-När hoppkräftor tar slut måste de andra djuren äta något och det blir dafnierna och de minskar i antal.
 3. Ökad predation från spiggarna (2%)
-Det blir mindre dafnier för spiggen måste äta mer såna när hoppkräftorna försvinner.
 4. Ökad predation från vattenspindlar (8%)
-Vattenspindlarnas enda föda är då dafnierna. Dafnierna kommer då troligen att minska i antal.
 5. Ökad predation från vattenspindlar och spiggarna (8%)
-Dom kommer troligtvis att minska eftersom spigg och vattenspindlarna kommer att äta mer av dafnierna när hoppkräftorna minskar.
-Det blir nog mindre antal dafnier eftersom det blir vattenspindlarnas enda föda och spiggarna bara får äta dafnier utöver vattenspindlarna.
 6. Minskad födotillgång (2%)
-Dafnierna kommer att dö ut pga brist på föda.
- E. FÖDOTILLGÅNG OCH PREDATION KAN KOMPENSERA VARANDRA (MEDVETENHET DELS OM ÄNDRAD TILLGÅNG PÅ FÖDA, DELS ÖKAT PREDATIONSTRYCK) (8%)
1. Allmänna motiveringar (1%)
-Det minskar för att finns det inga hoppkräftor livnär sig djuren på dafnier istället. Men å andra sidan finns det mer planktonalger.
 2. Detaljerade motiveringar (7%)
-Det blir ingen ändring eftersom det blir mer föda åt dafnierna, så förökar de sig eftersom det finns mat åt alla. Och då gör det inget att spiggarna och vattenspindlarna äter mer dafnier. Sammanfattning: Antalet dafnier ändras inte.
- F. ÖVRIGT (8%)
-Det kommer troligtvis inte att ändras alls eftersom de inte är beroende av hoppkräftorna.
- G. FELTOLKAD BILD (5%)
-Det kommer att finnas ganska många kvar för det är bara planktonalger som äter dafnier.

7. Vilka följder har 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

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3138):

- A. EJ BESVARAT (29%)
- B. EJ MOTIVERAT (15%)
-Det finns så mycket lövträd
- C. MILJÖFAKTORER ÄNDRAS, VILKET PÅVERKAR DJUREN (NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN NÄMNS EJ) (7%)
 1. Mindre syreproduktion (2%)
-Djuren får det sämre om larverna äter alla blad för då produceras mindre syre.
 2. Bättre sikt, mindre skugga, mindre skydd mm (en eller flera aspekter) (5%)
-Andra djur som lever i trädet får inget skydd innanför bladen.
-Det gör tyvärr så att fåglarnas bon syns och då kanske det kommer något djur och förstör äggen.
- D. NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN ÄNDRAS (29%)
 1. Sämre för djur som är direkt länkade till löven (6%)
-Bladlössen får det sämre eftersom dom också lever på blad.
-De som också har löven som mat får mindre att äta.
 2. Bättre för djur som är direkt länkade till larverna (11%)
-De djur som lever av larverna får gott om mat.
-Fåglarna får fler och större larver att äta.
 3. Bättre för nedbrytare (1%)
-När trädet angrips av larver på bladen så dör trädet pga syrebrist, vilket den får av bladen, det gynnar de nedbrytande organismerna.
 4. Sämre/bättre också för djur indirekt länkade till löv/larver (antingen en 'sämrekedja' eller en 'bättrekedja') (3%)
-Småfåglar får mat till sina ungar och småfåglarna blir mat till rovfåglarna.
 5. Sämre och bättre, direkta länkar till löv respektive larver (7%)
-De som äter larver får det väl bättre i och med att det blir fler larver. Andra djur som äter blad får väl det sämre.

6. Sämre och bättre, också indirekt länk/indirekta länkar till löv/larver (1%)
-De som äter larver får det bättre, de som äter larvätare också osv, lövätare får det sämre, de som äter lövätare osv.
- E. MILJÖFAKTORER OCH NÄRINGSFÖRHÅLLANDEN
ÄNDRAS (8%)
1. Uppräkning (8%)
-Fåglar som lever i trädet får sämre skydd. Trädet kan ej producera längre så syretillförseln minskar. Mer föda åt fåglar och andra larvätande djur.
2. Ansats till dynamiskt tänkande (4 elever)
-Mer larver, mer mat åt fåglarna tills larverna är uppätta, då minskar fåglarna och träden reparerar sig, så håller det på i ett kretslopp.
- F. ÖVRIGT (12%)
-Mina tankar om detta är att det är naturens gång och det måste då naturligtvis få hända.
-Larverna får sin näring och blir fjärilar.

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 ruttar och till sist inte syns alls? Förklara hur du tänkte!

RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3127):

- A. EJ BESVARAT (17%)
- B. EJ MOTIVERAT (4%)
-Vet ej.
- C. KONKRETA, BESKRIVANDE SVAR (ATOMER NÄMNS EJ) (7%)
-Det bildas nya ämnen tex jord och sumpgas.
-Det blir jord.
-Det är bakterierna som bryter ner den.
- D. TECKEN PÅ ATT ATOMERNA EJ BEVARAS (ELLER I VARJE FALL 'OTILLÅTNA' ATOMÄRA FÖRÄNDRINGAR, ELLER 'DET SOM GÄLLER MAKROSKOPISKT GÄLLER OCKSÅ FÖR ATOMERNA') (26%)
1. Atomerna dör (4%)
-Allt levande har atomer för att kunna leva, och när vi dör, dör atomerna också.
-De dör ut.
-Atomerna dör sakta med djuret eller efter.

2. Atomerna bryts ner/ruttar/multnar/blir jord (12%)
-Atomerna ruttar bort med djuret.
-De bryts ned av luften.
3. Atomerna försvinner/dör och försvinner/dunstar/löses upp mm (10%)
-De försvinner de också.
-När djuret förmultnar förstörs atomerna och försvinner.
-Atomerna löses upp efter ett tag och går sen upp i rök.
-När djuret inte kan andas längre tynar atomerna bort.
- E. TECKEN PÅ ATT ATOMERNA BEVARAS (37%)
1. Atomerna är kvar i djuret (2%)
-De finns kvar. Atomerna kan ju inte bara försvinna bara för djuret dör.
-Atomerna finns kvar.
2. Atomerna går ut i luften, jorden mm /omgivningen ospecificerat (26%)
-Atomerna tränger ut i luften tillsammans med själen.
-De försvinner ner i marken i form av gödning.
-De far ut i rymden.
3. Atomerna går vidare till andra organismer (3%)
-De finns men inte i djuret utan något annat, en blomma kanske.
-Atomerna äts upp av djur.
-Hyenorna äter upp atomerna och gamarna äter upp resten.
4. Atomerna går vidare till omgivningen och andra organismer (5%)
-Vattenmolekyler avdunstar medan de andra molekylerna "försvinner" ner i jorden där de tas upp av andra djur och växter som näring.
-Atomerna samlas i luften och i marken, växterna runt omkring.
-När djuret förmultnar går atomerna ner i jorden. Då kan de tas upp av maskar och växter mm.
5. Ansats till kretsloppstänkande (1%)
-De kommer ner i jorden och växer upp i gräset, blir uppätet och kommer till jorden när djuret dör.
-Andra djur och växter tar (äter) all näring som finns i djuret så atomerna fortsätter i en näringskedja.
-Atomerna kommer ner i jorden och blir mull. Sedan kanske en bonde som äger jorden odlar gräs där, vilket blir uppätet av en ko. Nu har alltså kon ätit upp atomerna. De kommer sedan ut igen genom mjölken som vi kanske dricker.
- F. ATOMERNA GRUPPERAR OM SIG, REAGERAR, BILDAR NYA MOLEKYLER MM (5%)
-Dom bildar nya ämnen genom kemisk reaktion.
-Atomerna försvinner inte utan dom bildar molekyler eller joner med andra ämnen....
-Atomerna ingår nya kemiska föreningar med varandra så att djuret förmultnar och blir jord. Detta sker genom påverkan av luft, fukt, bakterier, svampar, maskar osv.
- G. ÖVRIGT (3%)
-De gör så att djuret förmultnar.

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

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3103):

- A. EJ BESVARAT (9%)
- B. EJ MOTIVERAT (4%)
 -Nånting har väl hänt.
 -Vet inte.
 -Det orkar jag inte skriva upp, men jag fattar varför.
- C. DET RUTTNAR, MULTNAR, BLIR JORD MM (40%)
1. Inget sägs om orsaken till värmen (33%)
 -Den har förmultnat.
 -Det börjar jäsa och omvandlas till jord efter ett tag.
 -Löven och gräset har brutits ned och blivit jord.
 -Den har börjat upplösas i jordpartiklar istället för att vara gräs och löv.
 2. Fysisk orsak (solen, jordvärme, isolering packning mm) till värmen (3%)
 -När växter förmultnar blir det som isolering.
 -Jorden har börjat ruttna, packar man något så tätt så blir det ju varmt.
 3. Biologisk orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen) (4%)
 -Gräset och löven förmultnar och då blir det varmt och så småningom bildas det jord som innehåller mycket näring.
 -Det blir varmt när komposthögen förmultnar.
- D. MAKROSKOPISKA ORGANISMER DELTAR I NEDBRYTNINGEN (14%)
1. Inget sägs om orsaken till värmen (12%)
 -Löven har förmultnat och det har blivit jord istället. Maskar hjälper till lite men även andra faktorer.
 -Den har multnat, myror, insekter har ätit på komposthögen så att den har blivit mindre.
 -Det är en älg som varit och ätit.
 2. Fysisk orsak (solen, jordvärme, isolering, packning mm) till värmen (1%)
 -Högen har förmultnat. Varm blir den av att ingen kall luft kommer in eftersom löven är så tätt packade. Förmultning sker av att smådjur (maskar o. lik) äter löven och "gör om" det till jord.

3. Biologisk' orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen) (1%)
 -När den ligger där, kommer småkryp och bryter ner det, när detta händer bildas energi, högen blir varm. Den bryts ner och högen blir mindre och mindre.
 -Små djur och maskar bryter ned löven och gräset till jord och de avger värme.

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

- E. MIKROSKOPISKA ORGANISMER DELTAR I NEDBRYTNINGEN (8%)
1. Inget sägs om orsaken till värmen (5%)
 -Bakterier har brutit ned.
 -Det är massor av små djur och bakterier som har brutit ner det.
 -Mikroorganismer har brutit ned det organiska avfallet.
 2. Fysisk orsak till värmen (solen, jordvärme isolering, packning mm) (1%)
 -Det har förmultnat genom att små mögelsvampar bryter ned materian. Att det blir varmt inuti beror på att det inte släpps in någon kyla.
 -Växtdelarna bryts ner av maskar insekter och nedbrytarbakterier. Syret avlägsnas, det blir mer hårdpackat, tätare. Solvärmen värmer upp högen, och värmen stannar kvar, högen isolerar den inne.
 3. Biologisk' orsak till värmen (värmen kopplas till nedbrytningen) (2%)
 -Bakterier och maskar osv bearbetar och bryter ner löven och gräset. Aktiviteten inuti högen gör att temperaturen höjs.
 -I all växtlighet finns mikroorganismer. Växter förmultnar inte av sig själva, utan med hjälp av bakterier. När dessa små djur eller svampar (kanske) blir aktiva skapar de värme. Djuren äter kort och gott upp högen. Det blir jord som restprodukt.
 -Bakterier bryter ned det som finns i komposthögen. Då avges energi och komposthögen blir varm.
- F. GASBILDNING (3%)
1. Gasbildning, förmultning (+ ev. annat) (uppräknig) (2%)
 -Det bildas metangas i högen.
 -Löven och gräsklippen börjar förmultna, det bildas sumpgas, processen bildar värme.
 2. Gasbildning pga nedbrytning (länk) (1%)
 -Högen ruttar och annat bryter ned löv och dylikt, då bildas gaser.
 -Högen har börjat förmultna till jord, då frigörs luft, koldioxid och näring, alltså det finns mycket näring i högen.
- G. (KEMISK) REAKTION, FÖRBRÄNNING (6%)
1. Bara något av orden, eller som separat aspekt (3%)
 -Jorden ruttar och pressas ned det sker en reaktion.
 -Den börjar förmultna. Gräset och jorden blir så småningom jord. Atomerna grupperar om sig och bildar nya molekyler som gör att det blir jord.

2. (Kemisk) reaktion/förbränning ger värme mm (3%)
 -"Högen" bryts ned till andra molekyler i och med denna kemiska reaktion stiger värmen mer ju snabbare reaktionen fortskrider. En hög med gräs tar större plats än en hög med jord, alltså minskar den i storlek.
 -Löven plus gräset börjar ruttna. Då sker en kemisk reaktion som gör att det blir varmt i högen. Eftersom det blir varmt ruttar det snabbare.
- H. ANSATS TILL INTEGRERAD FÖRSTÅELSE (1%)
 -Den har brutits ned av maskar, larver, insekter, bakterier mm. Djuren tar vara på näringen de behöver och lämnar efter sig näringsrik jord mylla. Oxå en kemisk process av förruttelse äger rum. Energin yttrar sig till viss del i värme.
 -Ämnena som finns i högen har förmultnat, dvs reagerat med varandra. Det har bildats värme och delar av kolet har reagerat med syret och blivit koldioxid.
 -Småkryp och bakterier har börjat bryta ner gräset. Småkrypen äter upp det, så försvinner en del. Värmen kommer när bakterier förbränner kolet i gräset med syre. När kolet är förbränt blir det jord.
- I. ÖVRIGT (16%)
 -Luften har gått ur och vattnet har avdunstat.
 -... en del av massan blir energi: $E=mc^2$.
 -Allt löv och gräs har dunstat bort.
 -Den får inget vatten och näring och skrumpnar då bort.
 -Näringen (vätskan) i komposthögen har avdunstat.

9. 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"/>

RESULTAT

Tabell 9.1 Vad gör hjärtat? Procentuell fördelning av ja-svar på olika alternativ (n=3138)

Alternativ	%
Hjärtat pumpar blod	99
Hjärtat är en muskel	97
Hjärtat renar blod	26
Hjärtat tillverkar blod	15
Man andas med hjärtat	4

Det är 60 % av eleverna som har alla rätt.

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

RESULTAT

Tabell 9.2 Var fastnar blodproppen? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3138)

Alternativ	%
I hjärtat	29
I en lunga	16
I hjärnan	12
Längre ned i benet	41
Övrigt	1
Ej besvarat	2

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 9.3 Hur cirkulerar bloddroppen? Procentuell fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3138)

Alternativ	%
Hjärta-stortå-hjärta	13
Hjärta-stortå-lunga-hjärta	18
Hjärta-hjärna-stortå-hjärta	17
Hjärta-lunga-hjärta-stortå-hjärta	25
Hjärta-lunga-stortå-hjärta	25
Övrigt	1
Ej besvarat	1

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

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3138)

- A. EJ BESVARAT (12%)
- B. EJ MOTIVERAT (3%)
-Vet ej. Sorry!
- C. INGA TECKEN PÅ ATT LUFTEN KOMMER LÄNGRE ÄN TILL LUNGORNA (30%)
- Luften kommer in i, och (oftast) ut från lungorna (luften förflyttas bara, inga andra processer nämns) (12%)
-Den andas man ut igen.
-Den åker upp och ut genom munnen igen såklart.
-Den kommer ut till den andra luften igen.
 - Luften (del av luften) lagras, ersätter gammal luft, renas, används mm (4%)
-Den renas i lungorna.
-Filtreras.
-En viss mängd lagras och en viss mängd går ut igen.
-Den byts ut mot den gamla luften.
 - Luften omvandlas till koldioxid (5%)
-Den omvandlas till koldioxid som man sen andas ut.
-Syret förbränns och istället kommer det koldioxid ut ur oss när vi andas för det mesta.
 - Lungorna tar upp/tar vara på syret (9%)
-Den byter ut den luft som var i lungorna och så tar lungorna hand om det viktiga i luften och sedan andas man ut luften.
-Syret tas upp i lungornas väggar, sedan kommer luften ut i form av koldioxid.
- D. LUFTEN KOMMER KROPPEN TILLGODO (50%)
- Luften/syret går ut i kroppen/delar av kroppen (inga transportmekanismer nämns) (8%)
-Den rensas så syret går till organ i kroppen som behöver den och så andas man ut koldioxiden.
-Vi tar upp syre som går till hjärnan sen andas man ut och så vidare.
-Syret i luften går till hjärtat och koldioxiden andas man ut igen.
 - Luften/syret i luften går ut i blodet (27%)
-Det går in i lungblåsorna och syret går ut i blodet.
-I lungan tar blodet upp syre och lämnar koldioxid. Alltså ökar mängden koldioxid och mängden syre minskar.
-Blodet tar upp syret.
-Luften syresätter blodet.
 - Luft/syre transporteras med blodet ut i kroppen/delar av kroppen (11%)
-Går med blodet till alla delar av kroppen.
-Den sprids i hela kroppen med hjälp av dom röda blodkropparna.
-Blodet tar upp syret som sedan åker runt i kroppen, bl a till hjärnan.
-Syret delas upp av de vita blodkropparna i blodet. Syret delas ut till alla muskler.

4. Luft/syre transporteras med blodet ut till kroppens celler (4%)
 -Röda blodkroppar samlar upp syret och för det runt i kroppen och lämnar av det vid celler. Samlar sedan upp koldioxiden och för det till lungan där vi andas ut det.
 -Det syrefattiga blodet som kommer från hjärtat tar upp syremolekyler i lungorna, går tillbaka till hjärtat för att sen pumpas ut i kroppen. Cellerna i kroppen tar upp syret, och förbrukar det.
- E. ÖVRIGT (6%)
 -Luftmängden minskar.
 -Den försvinner ner i halsen och det bildas ny luft.

14. Varför ökat syrebehov?

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

RESULTAT

Vi har funnit följande kategorier av svar (n=3138).

- A. EJ BESVARAT (6%)
- B. EJ MOTIVERAT (7%)
 -Orkar inte.
- C. SVAR PÅ MAKRONIVÅ (I MOTSATS TILL CELLNIVÅ) (82%)
- Ökad hjärtverksamhet och/eller andning kräver mer syre/leder till att mer syre behövs (35%)
 -För att man andas oftare och snabbare.
 -För att blodet cirkulerar snabbare när man springer, alltså behövs mer syre som kan syresätta blodet.
 -Bara för att pulsen slår fortare.
 -Hjärtat behöver syre för att kunna slå fort.
 - Ökad (allmän) ansträngning kräver mer syre (13%)
 -Kroppen arbetar mer och snabbare när jag springer. Därför krävs mera syre, för att orka med det.
 -Man anstränger sig mer. Syret tar fortare slut eftersom du andas fortare.
 -För att man anstränger sig mer när man springer än när man går.
 - Ökad muskelansträngning kräver mer syre (8%)
 -Alla muskler måste arbeta mer.
 -Du använder mer muskler.
 -Musklerna arbetar mer när man springer. Musklerna behöver då mer näring och syre.

- Förbränningen ökar (3%)
 -När man springer måste man förbränna mer energi. Vid förbränning går det åt syre.
 -Det blir en större förbränning och då behövs mer syre.
 -Då förbränner vi mer och hjärtat behöver mer syre för att kunna jobba.
 - Förbränningen ökar i musklerna (1%)
 -För att kroppen behöver syre vid förbränningen i musklerna och när musklerna arbetar mer så går det åt mer syre.
 Förbränningen i musklerna ökar, kroppen behöver mer syre.
 - Mer syre förbränns (3%)
 -Man förbränner mer syre när man springer.
 - Mer energi förbrukas/behövs (8%)
 -Man gör av med mer energi när man springer.
 -Då behövs ju mer syre ut i blodet eftersom man förbrukar mer energi till musklerna och lungorna, och om det behövs mer syre andas man ju mer.
 -Man tar ut sig mycket mer när man springer. Kroppen förbrukar mer energi.
 - Musklerna behöver mer energi (1%)
 -Musklerna behöver mer energi för att orka jobba.
 -När man springer använder man musklerna mer och då behöver man mer energi.
 - Syre ger/är energi/kraft (1%)
 -Syre=energi. Man behöver mer energi när man springer än när man går.
 -För då förbrukar kroppen mer syre. När man springer förbrukar man mer energi, syre.
 - Syre hjälper till att lösgöra/framställa energi (1%)
 -För att vi ska få energi krävs förbränning. För att få en förbränning krävs bla syre. När vi springer behöver vi mer energi, därmed större förbränning och alltså mer syre.
 -Blodet pumpas snabbare genom kroppen när man anstränger sig. Kroppen behöver alltså mer syre för att kunna producera mer energi.
 -Det går åt mer energi och näring. För att man ska få energin måste näringen förbrännas. Vid denna förbränning behövs syre.
 - Övrigt (8%)
 -Annars får man kramp.
 -Om man inte får syre så ramlar man ihop.
 -Det går åt mer kalorier.
- D. SVAR PÅ CELLNIVÅ (5%)
- Cellerna behöver/förbrukar mer syre/energi (10 st)
 -Om aktiviteten ökar behöver cellerna mer energi. Energi får de av syret. Cellerna förbrukar mer energi ju större aktivitet kroppen har.
 - Cellerna förbränner mer syre (1%)
 -Det förbränns mer syre i cellerna.

3. Förbränningen ökar i cellerna (1%)

- Cellerna förbränner mer och fortare energi när man springer.
- Alla celler behöver syre för att överleva. När man springer sker en snabbare förbränning i cellerna. Alltså behöver de mer syre.

4. Mer syre behövs för att frigöra mer energi ur ämnen i cellen (1%)

- Kroppen behöver mycket mer energi när man springer. För att en förbränning ska kunna ske i cellerna behövs mer syre. Från cellernas förbränning får vi den energi vi behöver.
- Man behöver mer energi när man springer eftersom att man utför ett större arbete. Syret behövs vid cellandningen till att bilda energi.

Näring --> -->energi
 Cellandning
 Syre --> -->salter, koldioxid, vatten

5. Ökad cellaktivitet (1%)

- När jag springer behöver cellerna arbeta mer, och därför behöver de mer syre.

6. Övrigt celler (1%)

- Det går åt mer syre till cellerna.
- Då utvidgar musklerna sig och cellerna i musklerna likaså och då behöver de mer syre.
- Annars skulle cellerna dö av syrebrist, de konsumerar mer då när man springer eller går.

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 9.4 Vad ger energi till kroppen? Procentuell fördelning av ja-svar på olika alternativ (n=3138)

alternativ	%
socker	84
protein	79
fett	73
C-vitamin	59
stärkelse	58
järn	51
vatten	44

Det är 16% som anser att socker, protein, fett och stärkelse ger energi åt kroppen, samt att järn och vatten inte gör det.

16. Var frigörs energin i maten?

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

RESULTAT

Tabell 9.5. Var i kroppen frigörs den energi som finns i maten? Procentuell fördelning av elevsvar på olika kategorier (n=3138)

kategori	%
magsäcken/magen	24
tarmarna	27
musklerna	6
andra inre organ	7
blodet	7
överallt/hela kroppen	2
cellerna	7
övrigt	8
ej besvarat	13

17. Medicinska hjälpmedel

I sjukvården används olika tekniska hjälpmedel. I den vänstra spalten nedan är tre sådana hjälpmedel angivna, nämligen pacemaker, respirator och dialysmaskin. I den högra spalten skall Du 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 9.6 Vad gör en pace-maker? Fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3138)

alternativ	%
renar blod åt lever	6
ger el-impulser till hjärtat	77
renar blod åt njurarna	4
stödjer dålig rygg	3
ger andningshjälp	5
övrigt	2
ej besvarat	3

Tabell 9.8 Vad gör en dialysmaskin? Fördelning av elevsvar på alternativ (n=3138)

alternativ	%
renar blod åt lever	32
ger el-impulser till hjärtat	6
renar blod åt njurarna	42
stödjer dålig rygg	6
ger andningshjälp	7
övrigt	4
ej besvarat	3

Tabell 9.7 Vad gör en respirator? Fördelning av elevsvar på olika alternativ (n=3138)

alternativ	%
renar blod åt lever	4
ger el-impulser till hjärtat	8
renar blod åt njurarna	4
stödjer dålig rygg	5
ger andningshjälp	74
övrigt	3
ej besvarat	2

DEL 3

MÖJLIGHETER

10 ANALYS OCH VÄRDERING AV RESULTAT UPPGIFT FÖR UPPGIFT

10.1 Fotosyntes

Uppgift 1. Var sker fotosyntes?

Det finns en tendens i läroböckerna att fokusera 'det gröna bladet' då fotosyntesen skall redas ut. Det kan t ex heta: 'Den process då solenergi binds i det gröna bladet kallas fotosyntes (av foto = ljus och syntes = sammansättning).' Lite senare frågas i en rubrik: 'Vad bildas mer i det gröna bladet?' Ett annat läromedel startar med celler, men övergår till gröna bladet-tänkande i illustrationer och text: 'Det druvsocker som tillverkas i bladen använder växterna till...'

Sannolikt är det denna fokusering på det gröna bladet som förklarar att björklöv (85%) och maskrosblad (84%) toppar listan av elevförslag till var fotosyntes sker, och att betydligt färre svarar att fotosyntes äger rum i kaktus (67%), björnmossa (61%) och granbarr (61%). Angående de sistnämnda noteras att fotosyntes i barr är basen för en av våra stora nationaltillgångar, nämligen barrskog.

Det får anses höra till modern allmänbildning att ganska väl känna till var i omvärlden som fotosyntes sker. Mot denna bakgrund betraktar vi resultatet - 14% har alla rätt - som en kraftfull uppmaning att bättre än nu koppla samman undervisningen om fotosyntesen med verkligheten utanför biologiböcker och lektionssalar.

Uppgift 2. Hur ändras gasblandningen?

Den här uppgiften prövades först i öppen form. Eleverna ombads redogöra för hur gasblandningen i plastpåsen ändrades. Syre och koldioxid introducerades inte i texten. Svaren visade sig vara delvis svårtolkade, vilket ledde till att vi i stället gav ett antal alternativ att välja emellan. För att svara rätt behöver eleven veta att växter i ljus avger syre och upptar koldioxid. Hon kan då räkna ut att mängden syre i plastpåsen ökar och mängden koldioxid minskar. Det är 33% som klarar allt detta. Eleverna svarar bättre angående syret än koldioxiden, förmodligen därför att växternas syreproduktion är det som fokuseras i undervisning och läromedel. Dessutom torde hågkomsten av växternas syreproduktion underlättas av att den relateras till det egna syrebehovet.

Uppgift 3. Varifrån kommer biomassan?

En variant av uppgift 3 har i en EKNA-undersökning tidigare getts till ett slumpmässigt riksurval av elever i åk 9 (703 elever, år 1986). Lydelsen var då följande:

Ett litet träd planteras på en äng. Efter 20 år har det vuxit upp till ett stort träd. Trädet har blivit högre, och stammen har blivit tjockare. Trädet har fått fler blad, grenar och rötter. Trädet väger 250 kg mer än när det planterades. Varifrån kommer dessa 250 kg? Förklara ditt svar så fullständigt du kan.

Vi har använt samma kategorier nu som då, och skillnaderna är med två undantag små. Det är fler NUNA-elever som inte motiverar (19% jämfört med 5% i undersökningen från 1986). Denna skillnad kan bero på att det var färre uppgifter i EKNA-undersökningen, nämligen sex stycken, och att frågan om trädet som väger 250 kg mer kom som första uppgift. Den andra skillnaden är att det är färre NUNA-elever i kategori E: massan kommer från sol/solljus/ljus, ibland enbart men

oftast i kombination med näring/jord/vatten (11% jämfört med 20%). För övriga kategorier är skillnaderna bara några få procentenheter.

Några markanta framsteg under de senaste fem åren kan alltså inte noteras, och analysen blir densamma nu som då:

Ett 'vetenskapligt' svar kräver mycket av eleven. Det gäller att veta att fotosyntesen i de aktuella fallen är en kemisk reaktion mellan koldioxid från luften och vatten från marken. Desutom behöver eleven bl a ha kunskap om att koldioxid har massa, trots att den är en omärklig gas. Men elevernas begrepp om gaser och kemiska reaktioner är, som vi visat i NUNA-rapporten om materia (Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993), relativt outvecklade. Därför tar vardagstänkandet överhanden. Eleverna vet att träd, liksom övriga växter i omgivningen, har rötter i jorden. De har varit med om att krukväxter får "näring" eller "gödning", upplöst i vatten. De har sett hur åkrar och land gödslas. Det är rimligt att anta, att detta är källor till viktökning. Jämför välgödda kor och grisar! Till saken hör också att luft inte är ett påtagligt ämne. Vardagsobservatören tänker därför inte på att landväxterna är planterade i såväl atmosfären som marken, ej heller att luft är något materiellt.

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 Baptista 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.

Summering

Ett bra resultat på fotosyntesuppgifterna är att ha alla rätt på uppgift 1 och 2 samt svara enligt kategori H eller I på uppgift 3. 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 (se Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993). Detta tycker vi är ett gott motiv för lärarna i fysik, kemi och biologi att börja diskutera hur man med förenade ansträngningar kan förbättra undervisningen om fotosyntesen, som är ett nyckelbegrepp i modern omvärldskunskap.

10.2 Ekologi

Uppgift 4. Vilka är producenter?

Två viktiga ekologiska begrepp är producent och konsument. Man talar också om första- och andrahandskonsument, liksom om toppkonsument. Eftersom orden används i ekologiundervisningen är det av intresse att veta något om vad de betyder för eleven. Uppgift 4 prövar innebörden i producent. Det visar sig att de fyra organismer som är producenter också toppar listan över vad eleverna anser vara rätt svar. Gran och björk har den högsta ja-frekvensen (70%), björnmossa lägst (58%). Men också konsumenter får många ja-svar, från dagmask (47%) till huggorm (34%).

Åtminstone två bakomliggande komplikationer finns. Den ena är att producent och konsument är vanliga ord i vardagslivet med en vidare betydelse än den ekologiska. Om man tänker utifrån vardagsbetydelsen kan man notera att djur producerar olika saker, t ex ägg, ungar och bon, och att växter konsumerar t ex mineralsalter och koldioxid. Detta underlättar inte för eleverna att skilja på den vardagliga och den ekologiska betydelsen av de båda orden.

Den andra komplikationen har berörts i avsnitt 5.1 - eleven kan ha ett mer avgränsat växtbegrepp än det som ingår i biologikursen. Detta kan i sin tur inverka på hur han eller hon uppfattar en vanlig definition av producent, nämligen att växter är producenter, och därmed hur svaren blir på uppgift 4. En separat undersökning av vad högstadielärover räknar in i kategorin växt kan vara intressant att genomföra.

Uppgift 5. Vilken näringskedja är omöjlig?

I en nyligen redovisad studie (Leach, Driver, Scott & Wood-Robinson, 1992) ställdes engelska elever inför uppgiften att välja ut populationer av sex olika organismer (det fanns 16 att välja på) avsedda att leva i ett landskap (uppritat) utan växter och djur på ett sådant sätt att de kunde klara sig under lång tid. Olika frågor ställdes angående elevernas val. Vid studium av svaren visade det sig bl a att de flesta valde sina organismer på basis av bekantskap med växter och djur som lever tillsammans i ett landskap liknande det på den givna bilden. Det var bara omkring 10% av eleverna i högstadieåldern som visade tecken på att beakta energikedjor och -vävar, t ex att växterna är djurens enda energikälla, och att det därför måste finnas gott om växter för att djuren skall överleva.

Vår uppgift 5 är inte lika tankekrävande, men prövar, liksom den engelska, insikten att en fullständig energikedja måste börja med växter. Denna insikt behöver emellertid i vårt fall inte ligga på en generell nivå - det räcker med att upptäcka vad som är fel, dvs att växtplankton inte äter hoppkräftor. För att få ordning på uppgiften behövs också en viss allmänorientering om växt- och djurvärldens många arter. Det är 60% som svarar rätt - kanske inte så dåligt med tanke på att det är ganska många länkar att fundera över.

Uppgift 6. Hur ändras näringsväven?

Att lösa denna uppgift kräver en hel del tankearbete: En nedgång i antalet hoppkräftor leder till att spiggarnas potentiella näringsunderlag minskar, vilket torde medföra ökad predation av dafnier. Också vattenspindlarnas underlag minskar med ökad predation av dafnier som följd. Men spindlarna blir själva troligen utsatta för ökad predation av spiggar, varför trycket på dafnierna inte ökar så mycket. En annan omständighet är att konkurrensen om planktonalger minskar, varför en större

population dafnier kan livnåras. Det är svårt att säga vad som betyder mest av ökad predation och minskad konkurrens om föda.

Det är 8% av eleverna som i sina svar visar tecken på att de kommit fram till att födotillgång och predation kan kompensera varandra. Av övriga är det cirka 30% som beskriver tänkbara förlopp. De fokuserar någon eller några förbindelser men beaktar inte hela väven.

En särskild svårighet utgör pilarna. De visar energins/matens flöde, men trots att detta förklaras både i denna och föregående uppgift är det över 5% som tolkar en pil från A till B som att A äter B. Pilen uttrycker för eleven en aktivitet riktad från A till B snarare än ett passivt flöde av materia på grund av att B är aktiv och äter A. Missförståndet är begripligt när det gäller djuren inbördes, men svårare att förstå när en pil går från växt till djur.

Förutsägelser av vad som händer när en population i en energiväv, uppritat med pilar och namn, slås ut har studerats systematiskt av Leach, Driver, Scott och Wood-Robinson (1992). Bland resultaten kan nämnas att eleverna, som bl a var i högstadieåldern, tenderade att förutsäga få konsekvenser för andra populationer om den utslagna organismen var en toppkonsument, och många om den utslagna organismen var en producent. Enbart linjära orsakskedjor, länkade till den utslagna populationen, var vanliga bland yngre elever. Äldre elever (högstadieåldern) kunde i ökande utsträckning gå vidare till allt större delar av den givna väven.

Uppgift 7. Vilka följder har larvangreppet?

I uppgift 6 är den ekologiska situationen definierad med givna populationer och länkar avseende energiflödet mellan dessa. Uppgift 7 däremot är mera öppen och kräver därför mera fantasi. Eleverna måste själva komma på lämpliga organismer och fundera ut hur de kan komma att påverkas. Ändå finns det likheter i de båda resultatbilderna. Också i uppgift 7 är det vanligt att eleven fokuserar någon eller några länkar i en energikedja, alternativt någon eller några konsekvenser av att miljön ändras. Det är relativt få som bygger ut resonemanget till flera längre kedjor och beaktar flera konsekvenser för organismerna av att miljön ändras.

Vi anser att uppgifter likande 6 och 7 lämpar sig väl för problemlösning i mindre grupper. Genom att varje elev kan bidra med en del lösning kan gruppen troligen resonera sig fram till större mönster och efterhand få en upplevelse av det som Barry Commoner kallar ekologins första lag: 'allt hänger samman'.

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

Att följa ett kretslopp genom en biotisk fas underlättas av att man förstår dels att organismer är kemiska system, dels att atomer bevaras vid kemiska reaktioner. Det är genom att följa vad som händer med atomerna i olika kemiska reaktioner som man kan hålla reda på kretsloppet. Ett exempel är kolatomen, som kanske först ingår i en koldioxidmolekyl. Denna tas upp av en växt och via fotosyntesen finns den efter ett tag i en stärkelsemolekyl. Stärkelsen äts av ett djur, och efter nedbrytning och förbränning är kolatomen åter en beståndsdel av en koldioxidmolekyl, som djuret andas ut.

Då man sammanfattningsvis vill referera till det nyss beskrivna talar man enligt gängse språkbruk om 'kolats kretslopp'. Men detta kan leda eleverna att tro att det

är fråga om ämnet kol. Vi förordar därför att man i undervisningen talar om kolatomens kretslopp i stället för som brukligt kolets.

Med tanke på att kemiska begrepp är nödvändiga för att förstå biologiska processer skall man gärna se att eleverna använde sådana då de besvarar uppgift 8. De skulle t ex kunna säga att de kemiska förändringar som äger rum vid nedbrytning leder till att koldioxid och ofta vatten bildas. En stor del av djurets atomer ingår i dessa molekyler. En del andra återfinns i de mineralsalter som också bildas.

Men elevernas lösningar visar att de tänker i andra banor. Det är 28% som undviker att skriva om vad som händer med atomerna (ej besvarat/ej motiverat 21%, konkreta beskrivande svar 7%). Det är 26% som ger svar, vilka kan tolkas som att atomerna ej bevaras. De skriver att atomerna dör, ruttnar, försvinner mm. Ett genomgående drag i dessa svar är att det som kan iakttas makroskopiskt extrapoleras till att också gälla atomerna. Enligt 37% av svaren går atomerna vidare till den fysiska omgivningen och/eller andra organismer. Bara 5% antyder att de tänker sig omgrupperingar av kemisk natur.

Då man ser dessa svar ser man också olika didaktiska möjligheter. Den viktigaste är att låta atomerna göra sin entré i biologiundervisningen. Genom att fundera över ett problem som uppgift 8 får eleverna ett helt nytt sammanhang i vilket de kan utveckla sin förståelse för atomer och kemiska reaktioner - mycket välkommet både för dem och deras kemilärare, som naturligtvis gärna ser att kemiskt kunnande kommer till användning. Och biologiläraren torde skriva under på hur viktigt det är med atomer och kemiska reaktioner för att förstå organismers växelverkan med sin miljö och deras deltagande i olika kretslopp. Atomerna på vår jord har inte något slut. De varken ruttnar, dör eller försvinner. De bevaras, vilket är en nödvändig förutsättning för livets uppkomst och fortbestånd - jämför figur 3.4!

Uppgift 9. Varför blir komposthögen mindre och varm?

Uppgift 9 prövar i princip samma kunnande som uppgift 8 men på ett annat sätt. Utgångspunkten är en hög med gräs och löv, som efter en tid blir mindre under värmeutveckling. Eleverna skall förklara detta. Då vi bedömt svaren har vi tolkat utsagor som 'Den har ruttnat och blivit jord' och 'Bladen har multnat' som beskrivande, dvs de antas inte rymma några biologiska kunskaper om nedbrytning utöver ren deskription. Denna typ av svar är mycket vanlig (40%). Det är förhållandevis få elever som nämner en biologisk agent som förklaring till det som sker (22%). I de flesta fall är det fråga om makroskopiska organismer (maskar, insekter mm). Det är bara 8% av alla elever som i sina svar nämner mikroorganismer. Vi tycker att det senare procenttalet är anmärkningsvärt lågt.

De informella kommentarer som vi fått till resultatet tyder på att nedbrytning är ett försummat område på högstadiet. Om denna bedömning är generellt giltig, så är en första åtgärd mycket lätt att vidta, nämligen att betydligt utförligare än nu behandla nedbrytning och dess betydelse i naturen. En svårighet att tackla är det faktum att nedbrytning, liksom andra biologiska förlopp, är en komplicerad process, som kräver begrepp från såväl fysik och kemi som biologi för att i grova drag struktureras. Mikro- och makroorganismer bryter genom olika kemiska processer ned organiskt material. Vanliga slutprodukter är gaserna koldioxid och vatten samt mineralämnen. Massan bevaras i denna process. Materians skenbara försvinnande förklaras av att den omvandlats till osynliga gaser.

För ytterligare beskrivningar av hur elever tänker angående nedbrytning hänvisas till en nyligen publicerad doktorsavhandling med titeln 'Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer' (Helldén, 1992).

Summering

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.

Detta skall ses mot bakgrund av att ekologin spelar en stor roll i samhällsdebatten. Man talar allt oftare om att anlägga 'ett ekologiskt synsätt'. Politiska beslut, t ex om naturresurser och miljö, skall vara baserade på en 'ekologisk grundsyn'. Ekologi har också blivit ett betydelsefullt försäljningsargument. Man marknadsför ekologiskt odlade grönsaker, ekologiska tvättmedel osv.

Ett minimikrav för att inte okritiskt anamma allt som sägs och sker i ekologins namn är att man har grundläggande kunskaper om ekosystems struktur och funktion. Lämpliga sådana för grundskolan har föreslagits i avsnitt 3.1 och 3.2. Redan detta kunnade kan t ex göra att man förstår att inga ekosystem är kända i detalj, varken när det gäller organismer som ingår och deras relationer eller hur ett givet system reagerar på olika förändringar i miljön. Mycket kunskap finns, men ekologin har svårt att förutsäga vad som händer vid belastningar av olika slag. Det sagda är givetvis inget argument för att inte använda de kunskaper som finns för att försöka förklara och förutsäga. Men den betydande vetenskapliga osäkerheten manar till principiell försiktighet när det gäller att bedöma miljökonsekvenser av teknologiska system.

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 sig 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, av skäl som angetts i avsnitt 3.3, 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

Det ligger utanför ramen för denna rapport, som gäller utvärdering av grundskolans undervisning i bl a ekologi, att systematiskt formulera en naturesyn för hållbar utveckling och reda ut vilken roll olika ämnen kan spela. Förhoppningsvis har resonemanget visat, att naturvetenskapen i skolans värld inte längre är stillsamma

akademiska dicipliner utan 'hett stoff', eftersom det vi undervisar om, och hur vi undervisar, har betydelse för den natursyn eleverna utvecklar och leder vidare till grundläggande frågor om hur ett samhälle för hållbar utveckling kan gestaltas.

10.3 Människokroppen

Uppgifter som prövar kunskande om hjärtat och blodomloppet

Uppgift 10. Vad gör hjärtat?

Uppgiften verkar vid första påseendet enkel, och så var den också från början tänkt. Men det visar sig att 38% av eleverna tillskriver hjärtat åtminstone någon funktion som det inte har. Vi frågar oss varför. En spekulation är att hjärtat betonas i undervisningen som ett ytterst viktigt organ, och också av eleverna upplevs som ett sådant. Detta kan leda till att elever tenderar att tillskriva det många funktioner - stor betydelse lika med många uppgifter. Kanske har alla metaforiska kopplingar mellan hjärta och känslor också sin betydelse. Hjärtat blöder, hjärtat är rent etc.

Uppgift 11. Var blir det en blodpropp?

Denna uppgift är svår. Eleven måste aktivt tillämpa ganska detaljerade kunskaper om blodomloppet, inklusive begreppet ven. Det är 16% som svarar rätt. Om man jämfört med resultatet på uppgift 12, där det 'bara' är fråga om att känna igen en beskrivning av det dubbla blodomloppet, är resultatet rimligt men inte vidare bra. Man kan inte utesluta att en och annan gissar, även om detta inte är det vanliga. Vi menar att i allmänhet tänker eleven några tankar omkring valfrågor, och att dessa leder honom eller henne till att föredra ett visst alternativ framför andra.

Uppgift 12. Hur cirkulerar bloddroppen?

Vi noterar att 30% av eleverna inte har med lungan i sina svarsalternativ. 43% ger svar som beskriver ett enkelt blodomlopp och 25% det dubbla. I Arnaudin och Minzes undersökning (se avsnitt 5.2) var det ca 40% som valde alternativet med enkelt blodomlopp och 0% alternativet med dubbelt.

Uppgift 13. Vad händer med inandningsluften?

Angående uppgift 13 finns en semantisk svårighet - vad menas med 'denna luftmängd'? När en del av luften kommit in i blodet, har den då upphört att vara en luftmängd? Kanske en del elever tolkar frågan så, och då finns det ingen anledning för dem att gå vidare ut i kroppen. Men det är likväl 50% av eleverna som uttrycker att luften kommer kroppen tillgodo. 42% nämner blodet och 15% skriver att blodet transporterar luft/syre till kroppens delar/celler (kategori D3 och D4). Vi betraktar detta som en indikation på att blodet som transportör av syre inte är levande kunskap hos åtskilliga elever.

Resultatet på uppgift 10, 11, 12 och 13 är långt ifrån bra, och man kan fråga sig varför. För att komma ihåg hur blodomloppet hos människan fungerar behöver man känna till hur det är kopplat till andra delsystem i kroppen. Detta gäller generellt för vilket som helst av kroppens delsystem. Delarna ger så att säga varandra mening. Beträffande blodomloppet, så leder insikten att cellerna, eller 'kroppens alla delar', behöver syre till att man förstår att detta ämne behöver tas upp någonstans, vilket i sin tur är en hjälp att komma ihåg att lungorna är med i

cirkulationen. Lite svårare är det att förstå varför blodomloppet är dubbelt. Frågan behandlas inte i högstadiets läromedel. Ett resonemang om tryck kan därför vara värt att pröva. Efter att ha passerat lungornas kapillärer är trycket så lågt att det inte räcker till för att pressa blodet genom ytterligare ett kapillärsystem. En möjlighet vore att höja trycket, så att det räcker till för att pressa blodet genom två kapillärsystem. Detta klarar inte lungkapillärerna utan att brista. Men om blodet går tillbaka till hjärtat i vener, så kan trycket ånyo höjas av den kraftiga hjärtmuskeln. Ett dubbelt blodomlopp är alltså en lösning på två problem - att syresätta blodet och att åstadkomma transport till alla celler.

Uppgifter som gäller kroppens behov av energi

Uppgift 14. Varför ökat syrebehov?

Uppgiften tar upp syrets roll när det gäller kroppens behov av energi. Eleverna redovisar många olika idéer om varför mer syre behövs om kroppen ökar sin ansträngning, även om svarens intentionsdjup är mycket varierande. Ett intressant svar är 'Syret förbränns fortare. I syre finns energi, energi gör att man springer bättre.' Det vanliga språkbruket är att det finns energi i maten. Vid första påseende kanske man därför tycker att det är fel att påstå att det finns energi i syre. Vi anser att det mest korrekta vore att säga att energin finns i systemet syre-mat. Det är därför lika rätt, eller lika fel, att säga att syre är energirikt som att maten är det.

Uppgift 15. Vad ger energi till kroppen?

Om man känner att man orkar, om man känner sig pigg och har arbetslust, så brukar man i vardagslivet säga att man har energi. Denna 'energi' kan också ta slut. Förmodligen är det detta vardagstänkande som är förklaringen till att C-vitamin, vatten och järn anses ge energi till kroppen. Man uppmanas ju att äta vitaminer och järn för att orka mer. Ett glas vatten i rättan tid kan ha samma effekt. Men dessa ämnen ger (med reservation för C-vitamin) ingen energi i naturvetenskaplig mening till kroppen. Den begreppsliga svårigheten består med andra ord i att hålla isär vardaglig och vetenskaplig betydelse av ordet energi och förstå att det är den naturvetenskapliga innebörden som gäller i uppgiften. Detta är inte så lätt, men kan ha praktisk betydelse. Om man skall förbereda sig för en rejäl kroppsansträngning är det lämpligt att äta stärkelse eller andra energirika alternativ, inte vitaminer och järn. Man noterar också att stärkelse inte är ett lika populärt alternativ som fett, protein och socker. Detta beror förmodligen på att ordet stärkelse är mindre bekant för eleverna.

Uppgifter som kan lösas på cellnivå

Uppgift 13 och 14.

De ovan kommenterade uppgifterna 13 och 14 kan besvaras på cellnivå. Detta görs av 4 respektive 5% av eleverna. Eftersom båda uppgifterna kan lösas acceptabelt på såväl makro- som cellnivå vet vi i princip inte hur många elever som skulle kunnat ge ett svar på cellnivå men som tyckt att detta inte är nödvändigt.

Uppgift 16. Var frigörs energin i maten?

Vi har tidigare (avsnitt 6.2) framhållit att kunskaper om cellen och dess behov är en möjlighet att få fördjupad förståelse för människans fysiologi. Cellbegreppet kommer in i tre av våra uppgifter. I uppgift 16 frågar vi var i kroppen som energin i maten frigörs. Det är 7% som svarar 'i cellerna'. Anmärkningsvärt är att hela 51% svarar att energin frigörs i mage och tarmar, vilket tyder på att eleverna tänker sig

att det är själva spjälkningen som ger energin. (Jämfär referatet i avsnitt 5.2 av Mary Simpsons undersökningar!)

Trots reservationer angående uppgift 13 och 14 hävdar vi, att elevernas svar på de uppgifter som kan lösas på cellnivå är en indikation på att begreppet cell inte är en levande del av elevens tänkande. Eftersom detta begrepp rymmer så många möjligheter att fördjupa och länka samman kunskande om människans fysiologi tycker vi det är motiverat att göra en översyn av hur och när cellen kan fylla denna integrerande funktion i högstadiets biologiundervisning.

Till detta bör läggas att det finns möjligheter till kemiska resonemang i uppgift 13 och 14, t ex att socker och syre förbränns till koldioxid och vatten i cellerna och att energi som kan komma cellen tillgodo då frigörs. Det är bara några få som antytt ett sådant resonemang.

Summering

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. Realistiska mål kan formuleras för olika åldrar med ledning av de forskningsresultat om elevers begrepp som föreligger (se avsnitt 5.2) varefter försöksundervisning genomförs och långsiktig begreppslig behållning undersöks.

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?

11 ÖVERSIKTLIGA RESULTATBILDER MED HJÄLP AV MÅLRELATERING

11.1 Om metodproblem vid utvärdering av begreppsmål

I såväl den svenska som internationella skoldiskussionen är mål och utvärdering två centrala begrepp. Det framhålls som viktigt att formulera mål och att ta reda på i vilken utsträckning dessa är uppnådda. I USA anser många att tydligare målformuleringar är en möjlighet att rycka upp undervisningen. Man talar om att 'standards can bite'.

Det är givetvis av värde både för lärare och elever att vara klara över vilka mål som gäller för undervisningen. Den kända aforismen 'utan mål kan man inte gå vilse' kommunicerar en viktig insikt i detta sammanhang. Men det gäller att inte hamna i den andra ytterligheten, nämligen mycket detaljerade mål som gör att både lärande och undervisning tenderar att mekaniseras, och som i sitt släpdrag har ett omfattande testmaskineri för att ta reda på om målen är uppnådda. Sådana undervisningssystem har prövats i sjuttioalets USA, t ex 'Science -A Process Approach', och befunnits nästan omöjliga att leva med för både lärare och elever.

Vi skall i detta avsnitt inte gå vidare med den problematik angående mål och utvärdering som gäller människosyn, filosofi och liknande, utan i stället behandla en teknisk fråga, nämligen vad det innebär att försöka ta reda på om ett mål är uppnått. Eftersom vi nu i Sverige för en diskussion både om målrelaterade betyg och utvärdering så kan alla elever och lärare snart komma att beröras av dessa teknikaliteter.

Alltså - hur kan man ta reda på om ett mål är uppnått? Svaret på frågan beror först och främst på vilket målet är och hur det är formulerat. Vi begränsar oss till begreppsmål med ett tolkningsutrymme som är mindre än målen i avgivet kursplaneförslag men ändå tämligen stort. Ett exempel på ett sådant mål är: 'Känna till och förstå egenskaper hos gasformiga ämnen.' Målet är centralt i såväl fysik och kemi som biologi.

Den som bestämmer sig för att utvärdera detta mål har en hel del att tänka på:

MÅLASPEKTER

Målet rymmer många aspekter att känna till och förstå. Gaser

- tar plats (har volym)
 - har massa och tyngd
 - har temperatur
 - kan insamlas i slutna kärl
 - fördelar sig jämt i en given volym
 - utövar krafter på angränsande ytor
 - går att pressa ihop
 - utvidgar sig vid uppvärmning
 - bevarar sin massa vid ändring av volym, tryck och temperatur
- mm

FÖRSTÅELSEIVÅER

Det är möjligt att känna till och förstå dessa aspekter på åtminstone fyra olika nivåer:

- A. makroskopisk, kvalitativ
- B. makroskopisk, kvantitativ
- C. partikelmodell, kvalitativ
- D. partikelmodell, kvantitativ

TYP AV INSTRUMENT

När det så gäller att utforma 'mätinstrument' står många möjligheter till buds. Det finns för det första åtskilliga typer att välja på:

Skriftliga

- uppgifter, flerval
- uppgifter, öppet svar
- fri skrivning ('Skriv ett brev till en vän och berätta det du lärt dig om gaser')
- läsa tidningsartikel och besvara frågor, ta ställning och motivera mm

Praktiska

- göra mätningar
- lösa ett problem genom att tänka ut och genomföra experiment

Muntliga

- muntligt förhör
- dramatisering

PROBLEMKONTEXT

Vidare kan man välja olika sammanhang, eller 'kontexter', för sitt problem:

- laboratorium
- hem och vardag
- teknik
- natur
- samhälle

SVÅRIGHETSGRAD

Ett givet problem kan ha olika svårighetsgrad, t ex:

- minnas och återge
- tillämpa i nya situationer

Redan denna analys ställer utvärderaren inför en mängd svåra frågor. Några gäller tolkningen av målet:

- Vilka aspekter ryms i målet?
- Vilka kunskaps- och förståelsenivåer ryms i målet?

Andra frågor rör utformningen av testinstrument:

- Vilka målaspekter och kunskaps/förståelsenivåer skall provas? Hur skall urvalet göras?
- Vilken typ av uppgifter skall användas? Skall det vara flera olika?

- Vilken eller vilka kontexter skall användas då man formulerar problem? Om man väljer flera kontexter, hur skall de avvägas mot varandra?
- Skall man pröva både 'minnas och återge' och 'tillämpa i nya situationer' och hur skall i så fall proportionerna vara?

Då man funderar över dessa frågor så slås man av den mycket stora mängd möjligheter som står till buds. Detta är positivt, i synnerhet för den som gillar att hitta på, men samtidigt leds man till kärnan i problematiken, nämligen vilka kriterier som skall gälla för att målet är uppnått.

- Vilka aspekter skall eleven behärska?
- På vilka nivåer skall aspekterna behärskas?
- För vilka aspekter och på vilka nivåer skall eleverna demonstrera att de minns och kan återge respektive kan tillämpa i nya situationer?
- Vilka mätinstrument och vilka problemkontexter skall användas?

Särskilt när det gäller 'att förstå' är det svårt att formulera kriterier. Tänkande är en ständig kamp för att uppnå det som inte kan uppnås, nämligen full förståelse.

Om man lyckas svara på frågorna ovan och sedan utarbetar testuppgifter, så kan man ställas inför ett nytt problem. Antag att de flesta elever i en klass svarar rätt på de flesta uppgifter man gett. Kan man då säga att målet är uppnått? Ja, man har naturligtvis en mycket positiv indikation, men möjligheten finns att en ny uppsättning uppgifter ger ett sämre resultat. I EKNA-projektet har vi t ex gång efter annan konstaterat att elever som nått goda resultat på vanliga skolprov inte alls svarat bra på våra frågor. De visar sig inte behärska mycket elementära aspekter av ett givet område.

Med negativa resultat är läget ett annat. Sådana kan fövisso leda till slutsatsen att ett mål inte är nått, även om man kan tänka sig att det negativa intrycket skulle kunna modifieras om eleverna fick chansen att besvara helt andra uppgifter.

Med denna lilla analys vill vi peka på de mycket stora möjligheter till nyskapande som finns om man börjar utvärderingen med ett perspektiv som ger översikt. Alternativet är att starta med att konstruera uppgifter, som kanske många tycker verkar bra, varefter en viss modell för utvärdering permanentas utan att andra och måhända mer fruktbara möjligheter undersöks.

11.2 Ekologi med fotosyntes

Låt oss nu med det som sagts i förra avsnittet som en plattform se på uppnådda resultat i förhållande till angivna mål. Betrakta tabell 11.1! (Målnumreringen är densamma som i avsnitt 6.1.)

Tabell 11.1. Mål, uppgifter och andel godkända svar för området 'ekologi med fotosyntes'.

MÅL	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR
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	32%
	2. Hur ändras gasblandningen?	Alla rätt	33%
	3. Varifrån kommer biomassan?	Kategori H eller I	5%
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	38%
	5. Vilken näringskedja är omöjlig?	Rätt svar	60%
	6. Hur ändras väven?	Kategori C, D eller E och korrekt motivering	36%
	7. Vilka följder har larvangreppet?	Kategori C, D eller E	43%
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	5%
	9. Varför blir komposthögen mindre och varm?	Kategori D3, E, F2, G2, H	13%

I tabell 11.2 visas hur eleverna fördelar sig på antal godkända uppgifter för de tre aktuella målen.

Tabell 11.2. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål, området 'ekologi med fotosyntes'.

MÅL	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER				
	0	1	2	3	4
1. Fotosyntesen	51	31	16	2	-
2. Näringskedjor och vävar	19	25	25	20	11
3. Nedbrytning	83	15	2	-	-

Läsaren kan nu gå tillbaka till analysen i avsnitt 11.1 och fundera över följande frågor:

Vilka av målen ovan är att betrakta som 'uppnåendemål' och vilka som 'strävansmål'?

Har vi valt lämpliga aspekter av respektive mål för vår utvärdering?

Har vi gjort en lämplig fördelning mellan 'minnas och återge' respektive 'tillämpa i nya situationer'?

Har vi valt lämpliga testinstrument?

Har vi gjort en lämplig fördelning på olika kontexter?

Vilka kriterier skall gälla för att ett givet mål skall vara uppnått?

Vi föreslår som kriterium för att ett mål är uppnått att minst hälften av uppgifterna som prövar målet skall vara godkända för minst 75% av eleverna. Om det bara finns en uppgift skall den vara löst av minst 75%. (Om hälften innebär ett decimaltal görs avrundning uppåt till närmaste heltal.) Vi betraktar samtliga mål som 'uppnåendemål'. Med vårt kriterium är inget av dem uppnått.

11.3 Människokroppen

På samma sätt som för ekologi med fotosyntes ser vi nu på uppnådda resultat i förhållande till angivna mål när det gäller människokroppen. Betrakta tabell 11.3!

Tabell 11.3. Mål, uppgifter och andel godkända svar för 'människokroppen'.

MÅL	UPPGIFTER	KRITERIUM FÖR GODKÄNT SVAR	ANDEL GODKÄNDA SVAR
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	4%
	14. Varför ökat syrebehov?	Kategori D	5%
	16. Var frigörs energin i maten?	Svaret 'i cellerna'	7%
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	59%
	11. Var blir det en blodpropp?	Rätt svar	16%
	12. Hur cirkulerar bloddroppen?	Rätt svar	25%
	13. Vad händer med inandningsluften?	Kategori D3 och D4	15%
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 tom C10 samt D1 tom D4	21%
	15. Vad ger energi till kroppen?	C-vitamin utgår. Ett fel godtas	16%
4. Medicinska hjälpmedel som används vid sjukdomstillstånd kopplade till blodsystemet	17. Medicinska hjälpmedel	Två svar rätt	34%

Anmärkning

Uppgift 13 och 14 kan besvaras antingen på makroskopisk nivå eller på cellnivå. Därför förekommer dessa uppgifter två gånger i tabellen ovan. I tabell 11.4 visas hur eleverna fördelar sig på antal godkända uppgifter för de fyra aktuella målen.

Tabell 11.4. Fördelning av elever (%) på antal godkända uppgifter för olika mål, området 'människokroppen'.

MÅL	ANTAL GODKÄNDA UPPGIFTER				
	0	1	2	3	4
1. Cellens behov	89	7	3	1	-
2. Blodomloppet	27	42	23	8	1
3. Kroppens behov av energi	69	26	5	-	-
4. Medicinska hjälpmedel	66	34	-	-	-

Med samma kriterier som i avsnitt 11.2 finner vi att inga av målen är uppnådda.

11.4 Pojkar och flickor

Vi har för varje uppgift beräknat skillnaden mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor som har ett godkänt svar på uppgiften och därefter rangordnat uppgifterna med avseende på differensens storlek. Resultatet framgår av tabell 11.5. Positiv differens betyder alltså att pojkarna är bättre, negativ att flickorna är det. M betyder 'makroskopisk aspekt', C 'cellaspekt' och * 'statistiskt signifikant enligt gängse konventioner' ($p < 0.05$, tvåsidig X^2 -test).

Tabell 11.5 Skillnader mellan procentuella andelen pojkar och procentuella andelen flickor med godkända svar på olika uppgifter.

Uppgift	Andel pojkar (%) - andel flickor (%) med godkända svar
12. Hur cirkulerar bloddroppen?	12*
2. Hur ändras gasblandningen?	10*
10. Vad gör hjärtat?	10*
1. Var sker fotosyntes?	4*
14.C Varför ökat syrebehov?	3*
13.M Vad händer med inandningsluften?	3*
5. Vilken näringskedja är omöjlig?	3
3. Varifrån kommer biomassan?	2*
4. Vilka är producenter?	2
14.M Varför ökat syrebehov?	2

Uppgift	Andel pojkar (%) - andel flickor (%) med godkända svar
9. Varför blir komposthögen mindre och varm?	1
11. Var blir det en blodpropp?	1
13.C Vad händer med inandningsluften?	1
8. Vad händer med atomerna i det döda djuret?	1
15. Vad ger energi till kroppen?	1
16. Var frigörs energin i maten?	1
17. Medicinska hjälpmedel?	0
6. Hur ändras väven?	-1
7. Vilka följder har larvangreppet?	-7*

Skillnaderna mellan flickor och pojkar är mindre på de biologiskt inriktade uppgifterna än på dem om materia, men pojkarna visar även här ett bättre resultat på fler uppgifter än flickorna. Bland de uppgifter där skillnaden är stor (10 %-enheter eller mer) återfinns uppgift 2, som är relaterad till gasbegreppet. Dessa begrepp är, vilket vi demonstrerat med andra uppgifter i den nationella utvärderingen (Andersson, Emanuelsson & Zetterqvist, 1993), mindre utvecklade hos flickor.

12 AVSLUTNING

I den här rapporten har vi försökt göra två saker. Den första är att redogöra för hur man kan tänka då man arbetar med uppgiften att utvärdera elevernas kunskaper. Den andra är att redovisa resultat och analysera och värdera dessa. Vi hoppas att detta stimulerar läsaren till reflexion, diskussion och utvecklingsarbete angående såväl utvärdering som undervisning. Vi uttalar denna förhoppning mot bakgrund av vår övertygelse om att NO-läraren har en mycket viktig samhällsuppgift, nämligen att handleda eleverna till grundläggande insikter i den naturvetenskapliga kulturens dynamik och landvinningar.

REFERENSER

- Andersson, B. (1984). *Kemiska reaktioner* (Rapport Elevperspektiv nr 12). Mölndal: Institutionen för pedagogik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B. (1988). Elevers begrepp om människokroppen - en översikt. I B. Andersson, C. Kärrqvist, L. Renström & L.-G. Vedin (Red.), *Nordiskt forskarsymposium: Naturvetenskapen i grundskolan - på väg mot en helhetssyn* (pp. 296-314). Mölndal: Inst för pedagogik och Inst för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet.
- Andersson, B., Emanuelsson, J., & Zetterqvist, A. (1993). *Nationell utvärdering - åk 9: Vad kan eleverna om materia?* (Rapport NA-SPEKTRUM, Nr 5). Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för ämnesdidaktik.
- Arnaudin, M., & Mintzes, J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69, 721-733.
- CLIS. (1987). *Children's Learning in Science Project: Approaches to Teaching Plant Nutrition*. Leeds: University of Leeds.
- Contento, I. (1981). Children's thinking about food and eating: A Piagetian-based study. *Journal of Nutrition Education*, 13, 86-90.
- Crider, C. (1981). Children's conceptions of the body interior. In R. Bibace & M. Walsh (Eds.), *New directions for child development: Children's conceptions of health, illness and bodily functions* (pp 49-65) San Francisco: Jossey-Bass.
- Emmelin, L. (1982). *Ekologisk grundsyn - bidrag till en diskussion om ett begrepp*. Stockholm: Naturresurs- och miljökommittén.
- Gellert, E. (1962). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 291-411.
- Helldén, G. (1992). *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1992). *Progression in understanding of ecological concepts by pupils aged 5 to 16*. Leeds: University of Leeds.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The implications of children's science*. London: Heinemann.
- Roth, K. & Anderson, C. (1987). *The power plant: Teacher's guide to photosynthesis* (Occasional Paper No. 112). East Lansing: Michigan State University, Institute for research on teaching.
- Simpson, M. Två odaterade stenciler: A. "Digestion-the long grind" och B. "Teaching about digestion and getting the system to work" Författarens adress: Dr. Mary Simpson, Aberdeen College of Education, Hilton Place, Aberdeen AB9 1FA, Skottland.