



UPPSALA
UNIVERSITET

Rapport IBG-LP 11-004

Ekologins mångfald

En undersökning om gymnasieelevers
begreppsförståelse inom ekologi

Erika Bad

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet
Läraryrket 210-330 hp
Lärarexamensarbete 15 hp, vt 2011
Handledare: Ingela Frost
Examinator: Jonas Almqvist

Sammanfattning

Kursplanen för Naturkunskap A ser lika ut för alla elever på gymnasiet, oavsett programtillhörighet. Det betyder att alla elever borde ha samma kunskaper inom ämnet efter att ha gått igenom kursen, men tidigare studier visar på att eleverna, trots samma kursplan, inte alla har likvärdiga kunskaper inom ämnet.

Denna studie handlar om begreppsförståelse i ekologi för elever på gymnasieskolans Samhällsprogram, Handelsprogram och Naturvetarprogram. Syftet är undersöka elevernas förståelse för några utvalda ekologiska begrepp och om denna förståelse skiljer sig mellan programmen. Detta gjordes med hjälp av en enkätundersökning innehållande kunskapsfrågor som besvarades av 101 elever. Samtliga elever har gått igenom naturkunskapens ekologiavsnitt under det senaste året. Studiens resultat visar på signifikanta skillnader i begreppsförståelsen mellan elever på de olika programmen, där Nv-elever ligger i topp och Hp-elever är långt efter. Resultaten tyder också på att eleverna i allmänhet har en låg förståelse för energibegreppet och energins kretslopp. Begreppet organism verkar, enligt enkätsvaren vara något som tycks få en lite för snäv betydelse. Vad dessa brister och olikheter beror på diskuteras i arbetet, men det finns inga några avsikter att i sin helhet identifiera eller försöka lösa problemen.

Nyckelord: Ekologi, begrepp, gymnasieskolan, elever, naturkunskap.

Sammanfattning	2
Inledning	5
Styrdokumentet.....	5
Gymnasiereformen 2011	6
Läroböckerna	7
Tidigare forskning	7
Frågeställning	8
Metod.....	9
Datainsamlingsmetod	9
Urval.....	9
Databearbetning	10
Forskningsetiska reflektioner.....	10
Resultat	12
Fråga 1.....	12
Fråga 2.....	13
Fråga 3.....	13
Fråga 4.....	14
Fråga 5.....	15
Fråga 6.....	16
Fråga 7.	17
Fråga 8.	18
Fråga 9.	18
Fråga 10.	19
Fråga 11.....	20
Diskussion.....	21
Fråga 1.....	21
Fråga 2.....	21
Fråga 3.....	21
Fråga 4.....	22
Fråga 5.....	22
Fråga 6.....	23
Fråga 7.....	23
Fråga 8.....	23

Fråga 9.....	24
Fråga 10.	24
Diskussionssammanfattning.....	24
Referenser	26
Bilaga 1.	28

Inledning

Människans påverkan på miljön har fått stort fokus i dagens samhälle. Såväl politiker som media och andra intressenter gör satsningar för att belysa problemet, förbättra miljön och minska förstörelsen. I TV och tidningar ser vi ofta inslag som handlar om klimatförändringar, avfallshantering och giftiga utsläpp. För att kunna ta del av informationen krävs en viss kunskap om hur ekosystemet fungerar och vilka konsekvenser som finns av att vi släpper ut gifter i den grad vi gör idag. Inom biologin är inte miljöproblemen några nyheter. Det har länge kämpats för att behålla en stor biologisk mångfald och för att bromsa den negativa utvecklingen, men först med den politiska maktens hjälp har problemen kommit upp i ljuset och fått åtminstone ett litet genomslag. Anledningarna till att jag vill fokusera på just ekologiundervisningen i min undersökning är dels mitt personliga intresse för ekosystemet och den biologiska mångfalden, dels för att koppla mitt intresse till att ta reda på hur verkligheten ser ut i undervisningen. Enligt min mening är ekologiavsnittet med den miljöundervisning som ingår, en av de allra viktigaste delarna inom naturkunskapen. För att kunna följa medias rapporteringar om miljöproblem världen över krävs en grundförståelse för vissa biologiska och ekologiska företeelser. Utan kunskap om exempelvis växthuseffekten kan man inte heller bilda sig en uppfattning om problemet och ha en egen åsikt.

Syftet med studien är att ta reda på vilken begreppsförståelse elever har efter avslutad undervisning i Naturkunskapens ekologiavsnitt. Jag vill även undersöka om förståelsen skiljer sig mellan olika program.

Ekologi är ett vetenskapligt begrepp som innefattar hur levande organismer interagerar i den miljö de lever i. Ordet ekologi kommer från grekiskans *oikos* som betyder hus eller hem och *logos* som ungefär betyder att studera. På 1800-talet började vetenskapsmän kalla sig ekologer och sedan har begreppet spridit sig och blivit ett stort forskningsområde (Begon *et.al* 2005). Ekologi som vetenskap spänner över såväl globala processer ner till processer som rör minsta lilla organism. Det stora spannet gör att ekologin i sin tur innefattar en mängd olika begrepp som förklarar systemens olika delar. Några av dessa begrepp behandlas senare i arbetet.

Styrdokumentet

På gymnasiet lär sig eleverna om ekologi och miljö, framförallt i kursen Naturkunskap A. Kursen är obligatorisk för samtliga gymnasieelever, vilket gör att alla får en god chans att lära sig om miljön vi lever i. Eftersom Naturkunskap A i dagsläget ser likadan ut för alla program på gymnasiet så vill jag i min undersökning ta reda på om alla elever faktiskt har samma kunskaper, oberoende av vilket program de läser. I kursplanen för Naturkunskap A står att eleven skall:

”ha fördjupat sin kunskap om ekosystems struktur och dynamik samt betydelsen av biologisk mångfald”

samt att eleven skall

”kunna beskriva miljöproblem utifrån studieinriktning och aktivt delta i diskussioner om möjligheten att påverka utvecklingen”

och

”ha kunskaper om livsstilens betydelse för miljön och en hållbar ekologisk utveckling” (Skolverket 2000).

På naturvetenskapligt program läser eleverna både naturkunskap och biologi. I biologikurserna ingår även där ett ekologiavsnitt som är mer ingående än i naturkunskapen. I Biologi A skall eleven

”ha kunskap om människans förhållande till naturen i ett idéhistoriskt perspektiv”

”ha kunskap om struktur och dynamik hos ekosystem”,

”ha kunskap om principer för indelning av organismvärlden samt hur bestämning av organismer utförs”

samt

”ha kunskap om betydelsen av organismers beteenden för överlevnad och reproduktiv framgång” (Skolverket 2000).

Gymnasiereformen 2011

2011 kommer regeringen att genomföra en ny skolreform där de flesta kurser förändras något. Inom naturkunskapen blir förändringen att de två nuvarande kurserna omvandlas till fyra nya kurser. Innehållet är ungefär detsamma i kurserna, skillnaderna ligger i vilken omfattning eleverna behöver läsa naturkunskap. Ekologiavsnittet finns under kursplanen för Naturkunskap 1a1 och Naturkunskap 1b i form av

”Frågor om hållbar utveckling: energi, klimat och ekosystempåverkan. Ekosystemtjänster, resursutnyttjande och ekosystemens bärkraft”

och

”Olika aspekter på hållbar utveckling, till exempel vad gäller konsumtion, resursfördelning, mänskliga rättigheter och jämställdhet”. (Skolverket 2010).

Vad gäller elever inom naturvetenskapligt program så kommer de inte längre behöva läsa naturkunskap utan behöver bara läsa biologikurserna. Den nya skolreformen kommer att träda i kraft under läsåret 2011/2012.

Läroböckerna

I läroböcker för gymnasiet naturkunskapskurser ligger fokus ofta på begreppsförståelse snarare än konceptförståelse. Företeelsen är inte helt förvånande eftersom ekologin faktiskt bygger på många olika begrepp. Det som kan ifrågasätta är i så fall om eleverna verkligen behåller sin begreppsförståelse efter avslutat ekologiavsnitt. Den kurslitteratur som används på skolan där undersökningen sker är första hand Henriksson (2000) för Naturkunskap A och Karlsson *et.al* (2000) för Biologi A. Elever på Naturvetenskapligt program har också Karlsson *et.al* (2000) som litteratur i Naturkunskap A. Karlsson *et.al* (2000) har ett omfattande ekologiavsnitt i jämförelse med Henriksson (2000), vilket är naturligt då kursen Biologi A har ett mer omfattande ekologiavsnitt än vad som ingår i Naturkunskap A. Begreppen som kommer att användas i enkäten väljs utifrån vad som finns gemensamt i kurslitteraturen.

Tidigare forskning

Institutionen för ämnesdidaktik i lärarutbildningen vid Göteborgs universitet har genomfört projektet NUNA (Nationell Utvärdering Naturkunskap) (Jansson *et.al.* 1994). Utifrån den dåvarande läroplanen Lgr 80, valde man ut områdena materia, ekologi med fotosyntes samt människokroppen som de viktigaste delarna inom den naturvetenskapliga undervisningen. Resultaten från utvärdering av studien visade på att eleverna i årskurs 9 hade brister i sin begreppsförståelse. Bristerna bedömdes vara så stora att eleverna inte uppfyller de mål som ansetts rimliga för grundskolan. Jansson *et.al* (1994) har sammanställt gymnasieelevers svar på de uppgifter inom ekologi som användes i nationella utvärderingen av grundskolan på vårterminen 1992, med syftet att se hur kunskapsutvecklingen ser ut i förhållande till resultaten i åk 9. De gymnasieprogram som jämfördes var naturvetenskapligt, tekniskt, humanistiskt, ekonomiskt och samhällsvetenskapligt program. De elever i åk 9 som angett att de tänkte söka naturvetenskapligt eller tekniskt program på gymnasiet visade sig ha 50-100% bättre kunskaper än övriga elever i åk 9. Resultatet för dessa elever skiljde sig också obetydligt från eleverna i årskurs ett på naturvetenskapligt eller tekniskt program. Elever i årskurs 3 på naturvetenskaplig linje visade sig också ha avsevärt bättre resultat än övriga testdeltagare. Begreppsförståelsen hos elever i årskurs 3 på ekonomisk och humanistiskt program var jämförbar med de elever i årskurs 9 som inte tänkte söka naturvetenskapligt eller tekniskt program på gymnasiet.

Undervisningen inom ekologi karaktäriseras ofta av begreppsinnlärning på olika nivåer, vilket Carlsson (1999) ställer sig något kritisk till eftersom hon menar att ekologisk förståelse (ecological understanding) inte nödvändigtvis är samma sak som kunskap i ekologi (knowledge in ecology).

Hon menar då att bara för att man kan återge förklaringen på ett begrepp inte betyder att man förstår hur processen fungerar. Ekologisk förståelse (ecological understanding) kräver insikt i hur ett ekosystem fungerar, med hjälp av tre punkter.

- Fotosyntesen
- Materians kretslopp
- Energiflöde

I sin studie testar hon hur respondenterna tänker kring sambanden mellan fotosyntes, materiacykler och energicykler. Carlsson (2002) har en fenomenografisk utgångspunkt, vilket också medger att det är möjligt att tillgodose sig kunskap på många olika sätt. Hon räknar upp några olika fokus för att lära sig, bland annat genom relationer, empiriska försök (grundade på erfarenhet), innehållsfokus och kvalitativ förståelse.

Frågeställning

- Hur ser gymnasieelevernas förståelse ut för ett urval av ekologiska begrepp?
- Vilka skillnader finns beträffande begreppsforståelse mellan olika gymnasieprogram?

Metod

Datainsamlingsmetod

Datainsamling skedde med hjälp av en deskriptiv undersökning i form av en enkät. Detta var genomförbart eftersom avsikten är att jämföra olika personers svar på samma fråga. Fördelarna med att använda sig av ett enkätfrågeformulär är bland annat att distributionen blir förhållandevis enkel och kostnaderna kan hållas nere till enbart pappers- och portokostnader. Möjligheterna att ställa många frågor till många personer blir också större genom ett enkätfrågeformulär, till skillnad från exempelvis en telefonintervju som maximalt bör ta 10-15 minuter (Esaiasson 2007). Nackdelar med ett enkätfrågeformulär är istället att bortfallet kan bli onödigt stort då en opersonlig postenkät var lätt att glömma bort. En postenkät med kunskapsfrågor skulle också kunna inbjuda till att svarspersonen använder hjälpmedel för att svara rätt på frågor (Esaiasson 2007). Utformningen av enkäten är viktigt enligt Esaiasson (2007). Den ska ge ett enkelt och seriöst intryck och frågorna ska ha en logisk ordningsföljd med tydliga numreringar. Instruktioner för hur frågan ska besvaras måste vara mycket tydliga, exempelvis om frågan ska besvaras med att kryssa i rutor eller ringas in eller om det är tillåtet att kryssa i flera svarsalternativ.

För att lyckas bra med frågeformuleringar till enkäten är det bland annat lämpligt att använda sig av andra forskares tidigare frågor på samma område. På så sätt får man förhoppningsvis frågor som är granskade och redan prövade i skarpt läge. Det är annars en bra idé att prova sin enkät på några försökspersoner innan man skickar ut den. En enkätfråga kan få olika svar beroende på hur frågan är ställd. Ibland räcker det med att byta ut ett ord för att responsen ska se annorlunda ut. Ett exempel är skillnaden mellan ett svarsalternativ som ”vill förbjuda” eller ett som ”inte vill tillåta”, där respondenterna hellre väljer det senare (Esaiasson, 2007).

Urval

Jag delade ut enkäten i några utvalda klasser på en kommunal gymnasieskola i Mellansverige. Skolan hade ca 1500 elever och var den enda gymnasieskolan i kommunen. De klasser som deltog i undersökningen var en klass på Naturvetenskapliga programmet, två klasser på Samhällsprogrammet och två klasser på Handelsprogrammet. Detta innefattade ca 100 enkätsvar då de flesta elever ställde upp med sitt deltagande. Kriterierna för deltagande var att eleverna skulle ha genomgått ekologiundervisning i Naturkunskap A under det senaste året. De klasser jag hade fått till mitt förfogande var tyvärr spridda över årskurserna. Båda Sp-klasserna och en av Hp-klasserna gick i åk 3, den andra Hp-klassen i åk 2 och Nv-klassen i åk 1. Enkäten var utformat som ett kunskapstest innehållande framför allt envälsfrågor angående olika ekologiska begrepp. Frågorna byggde på begrepp som behandlas i kurslitteratur för Naturkunskap A. För att

vara säker på att eleverna någon gång hade kommit i kontakt med begreppen hade jag också frågat varje aktuell lärare om valda begrepp ingått i undervisningen. De elever som var frånvarande ges inte en extra chans att delta i undersökningen.

Databearbetning

De insamlade enkäterna bearbetades i dataprogrammet SPSS 19.0 där det finns möjlighet att räkna ut frekvensen av olika svarsalternativ för varje fråga. För varje fråga utformades ett stapeldiagram innehållande samtliga svarkategorier indelade efter elevernas programtillhörighet.

Forskningsetiska reflektioner

Enligt Vetenskapsrådets (2010) riktlinjer för forskningsetiska principer finns det många regler som är viktiga vid informationen kring en undersökning. För att belysa några i det här fallet aktuella punkter så kan reglerna för samtyckeskravet nämnas. Regel nr 1 är att forskaren måste informera om forskningens syfte och vilken uppgift deltagarna har i forskningen. Regel nr 2 är att forskaren måste ha deltagarnas samtycke. Vid studier av barn ska även vårdnadshavare lämna samtycke. Ett barn över 15 år anses kapabelt att själv ge sitt samtycke till deltagande. Regel nr 3 gäller att deltagarna själva äger rätt att när som helst avbryta undersökningen, utan att detta ska innebära negativa följder. Den fjärde regeln är att en beroendesituation inte får finnas mellan forskare och deltagare och påtryckningar inte får förekomma efter deltagarens beslut om att avsluta undersökningen.

Deltagarna i den aktuella studien är samtliga över 15 år vilket gör att vårdnadshavare inte behöver medge samtycke till barnens deltagande i undersökningen. Materialet i enkäten har inga inslag som bör verka stötande eller integritetskränkande för någon, oavsett kön, ålder eller bakgrund. Eleverna kommer genom ett introduktionsbrev informeras om att enkäten är frivillig att besvara, kan avslutas när som helst och enbart kommer att användas i studien för att sedan förstöras. De kommer både i brevet och muntligen även informeras om forskningens syfte och var de kan vända sig med eventuella frågor. Enkäten är anonym och kommer inte på något vis avslöja deltagarnas identiteter.

I enkäten är fråga 6,8 och 9 hämtade från Nordlabs elektroniska resurs (2003). Fråga 5 är inspirerad av Andersson (2008). Nedan behandlas kortfattat de begrepp som tas upp i enkäten. Vid några tillfällen ingår flera av begreppen i samma enkätfråga.

Ekologi

Läran om sambanden mellan levande organismer och den miljö de lever i (Björn *et.al* 2005).

Population

Det antal individer av samma art som lever inom ett visst område. Populationens storlek varierar beroende på hur många individer som föds och dör, samt hur många som immigrerar och emigrerar (Begon *et.al* 2005).

Organismer:

Alla varelser med möjlighet till eget liv. Det innefattar exempelvis reproduktion, energiupptag och metabolism (Ricklefs 2007).

Näringskedja:

Ett förenklat sätt att visa hur energin fördelas i ett ekosystem genom en kedja av organismer på olika trofnivåer (Björn 2005).

Producent:

En organism som kan omvandla oorganiska ämnen till organiska. Exempelvis en växt som omvandlar omgivningens vatten och koldioxid till syre och socker med hjälp av ljusenergi från solen. (Andersson 2008). Producenten är det första steget i en näringskedja eller näringsväv.

Konsument:

Organism som till skillnad från producenter, inte kan tillgodogöra sig energi från solljus. Konsumenterna får istället energin från andra organismer på olika sätt. I en näringskedja och näringsväv brukar konsumenter betecknas som förstahands- eller andrahandskonsument och så vidare beroende på om de livnär sig på producenter (förstahand) eller på andra konsumenter (andrahand). Skillnader finns exempelvis mellan herbivorer (växtätare) och karnivorer (köttätare) (Andersson 2008).

Nedbrytare:

Vanligtvis bakterier och svampar som bryter ner organiskt avfall, som exempelvis döda djur och växter, till enklare beståndsdelar (Björn 2005).

Fotosyntes:

Omvandling av oorganiska ämnen till organiska ämnen med hjälp av ljus (Björn 2005).

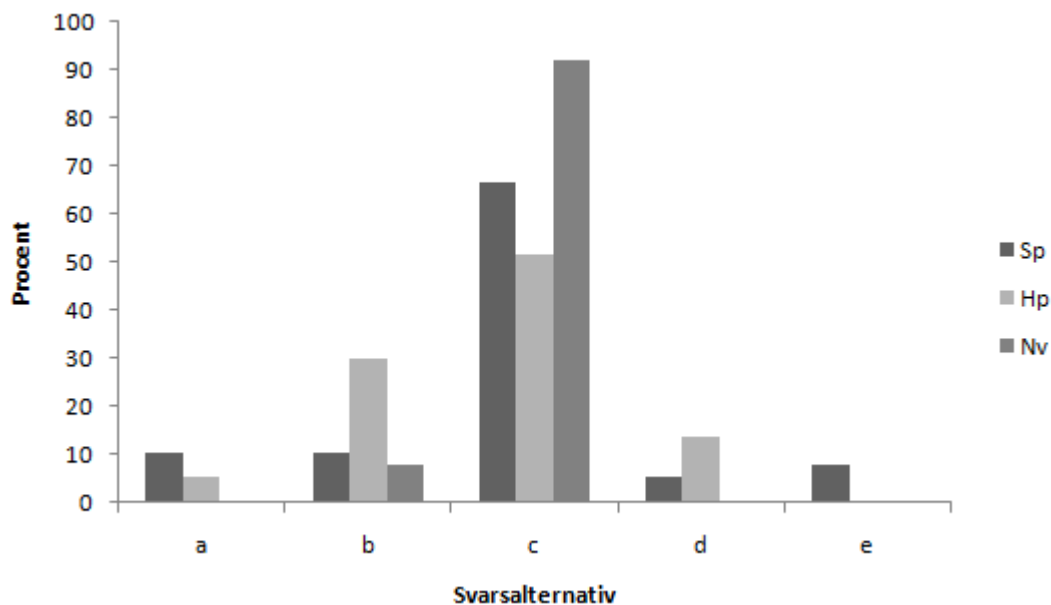
Resultat

Totalt 101 enkätsvar har behandlats. Fördelningen mellan programmen är 39 svar från Sp, 37 svar från Hp och 24 svar från Nv. Alla elever som varit närvarande vid lektionerna där enkäten delats ut har också deltagit i undersökningen.

Fråga 1. Vilken av nedanstående förklaringar beskriver bäst begreppet ekologi?

- Vetenskapen om miljön.
- Vetenskapen om levande djur och den miljö de lever i.
- Vetenskapen om levande organismer och den miljö de lever i.
- Vetenskapen om växterna och den miljö de lever i.
- Vet ej.

För att besvara frågan rätt krävdes att eleverna visste att begreppet ekologi innefattas av alla typer av organismer och alla typer av möjliga levnadsområden för varje organism. Rätt svar var alternativ c, vilket valdes av 67% av Sp-eleverna, 51% av Hp-eleverna och 92% av Nv-eleverna (figur 1). Detta visar en signifikant skillnad ($\chi^2= 21,207$, $df= 8$ och $p= 0,007$).

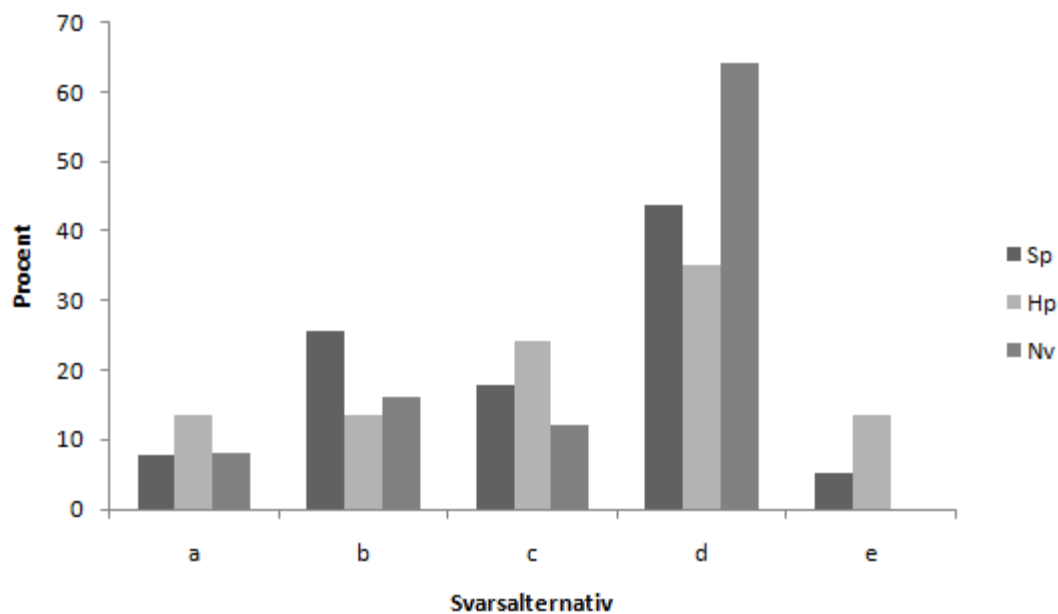


Figur 1. Elevernas svar angående begreppet ekologi baserat på programtillhörighet. Det korrekta svarsalternativet är c. 26st Sp-elever, 19st Hp-elever och 23st Nv-elever har valt rätt alternativ.

Fråga 2. Vilket påstående är mest riktigt angående en population?

- En population är alla djur inom ett visst område.
- En population är alla organismer inom ett visst område.
- En population är alla individer av samma art.
- En population är alla individer av samma art inom ett visst område.
- Vet ej.

I den här frågan skulle eleven kryssa för vilket alternativ som stämde bäst överens med begreppet population. Rätt påstående angående begreppet var svarsalternativ d: en population är alla individer av samma art inom ett visst område. 44% av Sp-eleverna, 35% av Hp-eleverna och 64% av Nv-eleverna valde rätt svarsalternativ. 26% av Sp-eleverna valde istället alternativ b: en population är alla organismer inom ett visst område, medan 24% av Hp-eleverna valde alternativ c: en population är alla individer av samma art (figur 2). Resultatet är ej signifikant ($\chi^2 = 10,636$, $df = 8$, $p = 0,223$).

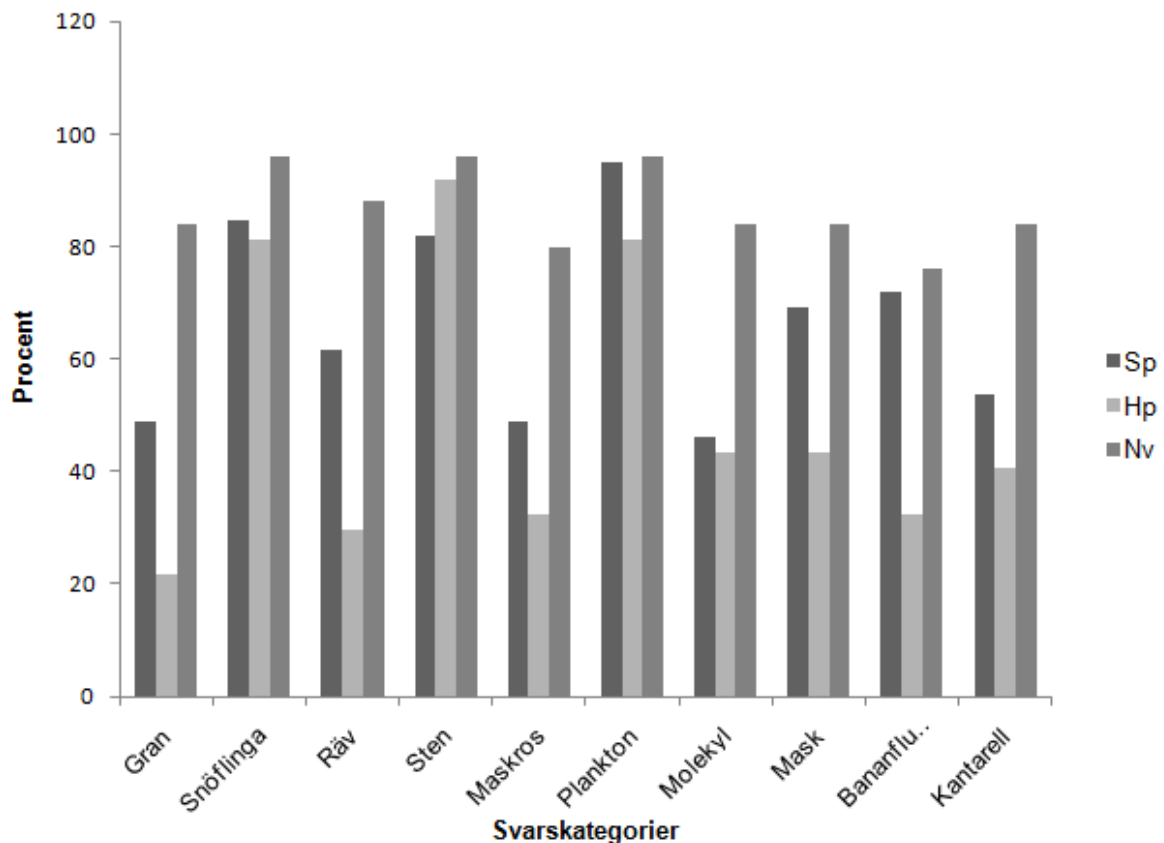


Figur 2. Elevernas svar angående begreppet organism, baserat på programtillhörighet. Svarsalternativ d är det korrekta alternativet. 17st elever från Sp, 13st från Hp och 16st från Nv har svarat detta.

Fråga 3. Vilka av följande är organismer?

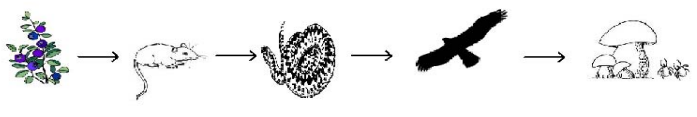
Figur 3 visar andelen elever som kryssat rätt svar för respektive kategori. Exempelvis svarade 49% av Sp-eleverna och 84% av Nv-eleverna att en gran är en organism, vilket är korrekt. Endast 22% av Hp-eleverna svarade detsamma. 85% av Sp-eleverna, 81% av Hp-eleverna och 96% av Nv-eleverna svarade att en snöflinga inte var en organism. Ett observerat mönster är att 21st elever har valt att enbart kryssa i alternativen molekyl och plankton som organismer. 13st

från Hp, 6st från Sp och 2 elever från Nv har gjort detta. Signifikanta skillnader mellan de olika programmens svar finns i kategorierna gran ($\chi^2=25,465$, $df=4$, $p=0,000$), räv ($\chi^2=23,211$, $df=4$, $p=0,000$), maskros ($\chi^2=15,851$, $df=4$, $p=0,003$), molekyl ($\chi^2=14,664$, $df=4$, $p=0,005$), mask ($\chi^2=13,263$, $df=4$, $p=0,01$), bananfluga ($\chi^2=17,432$, $df=4$, $p=0,002$ och kantarell ($\chi^2=14,038$, $df=4$, $p=0,007$).



Figur 3. Andel elever som svarat rätt på frågan om respektive svarskategori är en organsim eller ej. Staplarna är indelade beroende på programtillhörighet. Andelen elever som svarat fel i varje kategori redovisas ej i diagrammet.

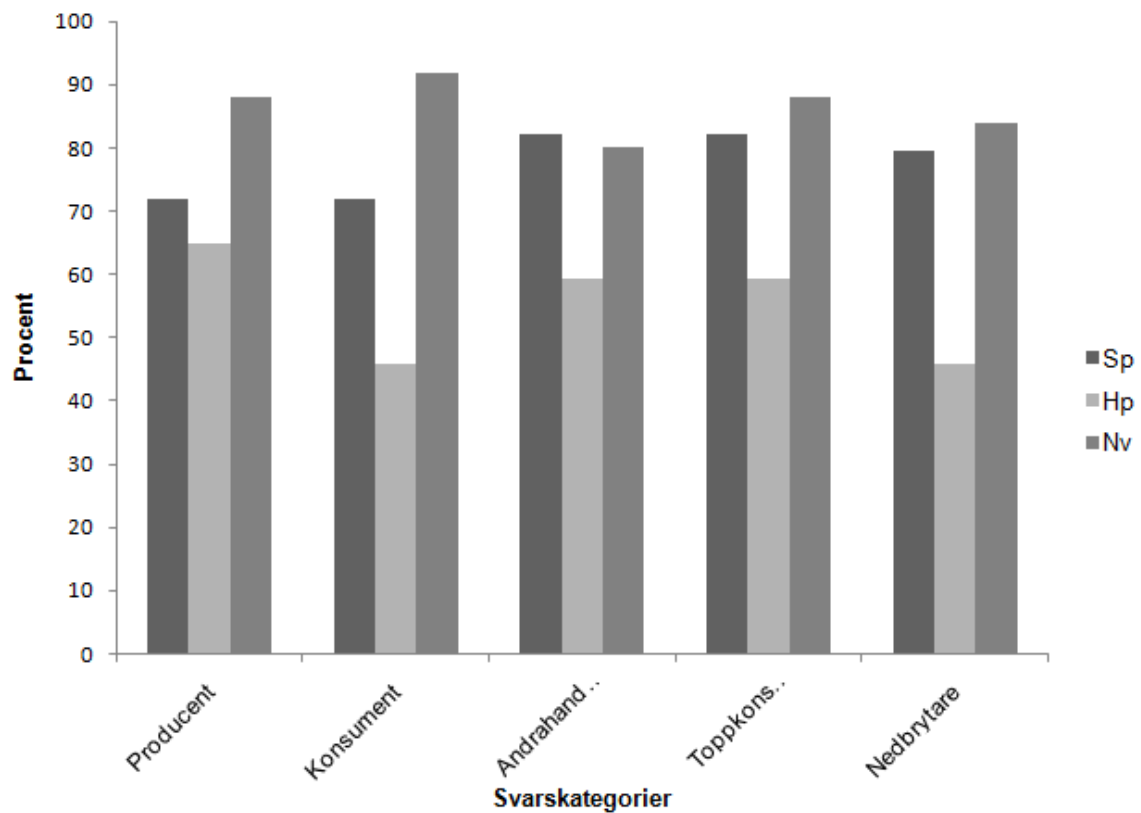
Fråga 4. Bilden nedan visar en näringskedja. Placera rätt ord under rätt bild.



Figur 4. Bilden av den näringskedja som ingår i enkätfrågeformuläret som ligger till grund för hela studien (se även Bilaga 1, fråga 4).

I denna fråga visades bilden ovan (figur 4) som föreställer en näringskedja. Eleverna skulle sätta in rätt ord under rätt bild. I en ruta intill fanns de ord som gick att välja mellan, där vissa av orden inte hade någonting med ekologi att göra. Figur 5 visar andelen elever som svarade rätt i varje kategori. Exempelvis begreppet konsument, som klarades av 72% av Sp-eleverna, 46% av Hp-

eleverna och 92% av Nv- eleverna. Signifikanta skillnader kan noteras för begreppet konsument ($\chi^2=14,961$, $df=2$, $p= 0,001$). Signifikans finns också för toppkonsument ($\chi^2= 8,104$, $df= 2$, $p= 0,017$) och nedbrytare ($\chi^2=13,644$, $df= 2$, $p= 0,001$)



Figur 5. Andel elever som angett rätt svar för respektive svarskategori, baserat på elevernas programtillhörighet.

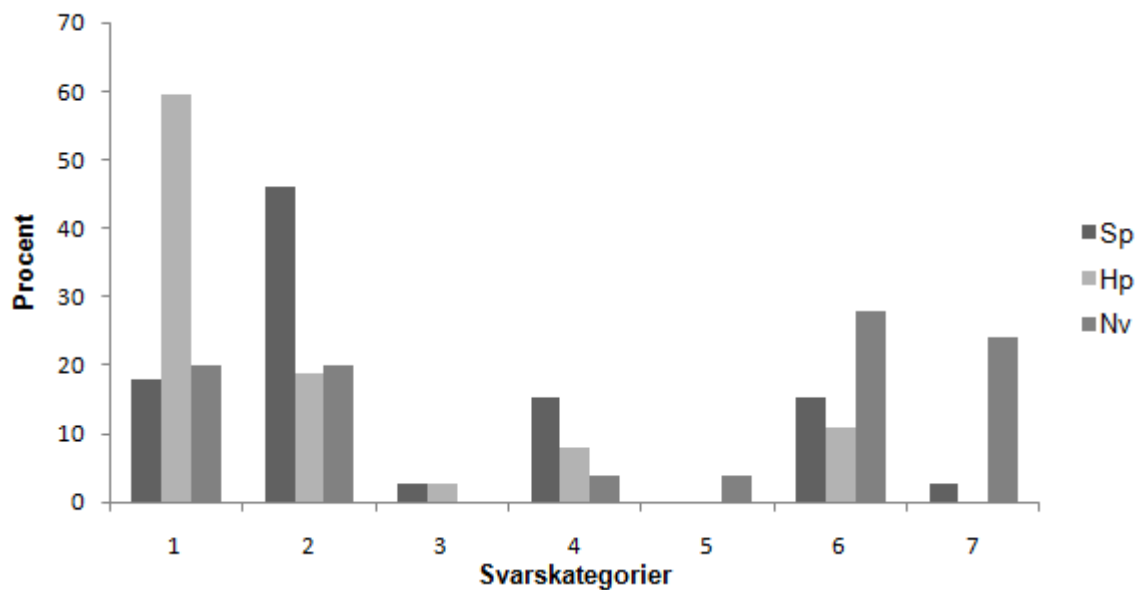
Fråga 5. Föreställ dig att något av djuren i näringskedjan i fråga 4 blir utrotad. Händer det något med de andra organismerna?

1. Svarar ej.
2. Dåligt- eleven ser ett mönster där fler arter dör ut. Ingen ansats till förklaring.
3. En art tar på något sätt över. Ingen ansats till förklaring.
4. Neutralt- eleven menar att inget händer, arterna byter födoval och/eller systemet återställer sig. Ingen ansats till förklaring.
5. Bra- eleven ser ett mönster där ingen annan organism blir uppäten. Ingen ansats till förklaring.
6. Dåligt- eleven ser ett mönster där fler arter dör ut. Ansats till förklaring
7. Neutralt- eleven menar att inget händer, arterna byter födoval och/eller systemet återställer sig. Ansats till förklaring.

46% av Sp-eleverna grupperades in under kategori 2, vilket betyder att de har en negativ utgångspunkt där fler djur blir utrotade. Ingen ansats till förklaring finns. 16% av svarar inom

kategori 4 vilket betyder att näringskedjan återställer sig, men utan att eleverna ger en förklaring. 16% svarar inom kategori 6 och menar då att fler djur dör ut. Kategori 6 innefattar att eleven gör en ansats till förklaring.

Av Hp-eleverna valde 60% att inte svara alls, vilket är svarskategori 1. 19% svarar inom kategori 2 och 10% inom kategori 6. Av Nv- eleverna svarar 28% inom kategori 6 och 24% inom kategori 7. Kategori 7 innebär att systemet återställer sig och att eleven gör en ansats till att förklara detta (figur 6).

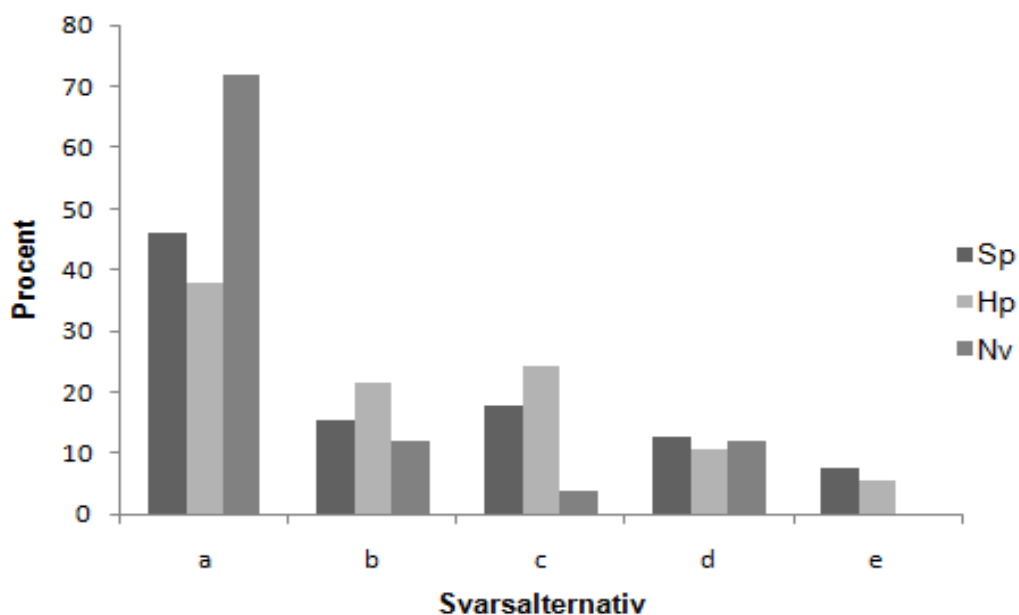


Figur 6. Andel elever som svarat inom varje svarskategori. Önskvärda svar finns inom kategori 4 och 7, att ekosystemet återställer sig. Antal elever som svarat inom kategori 4 och 7 är 7st Sp-elever, 3st Hp-elever och 7st Nv-elever. Kategori 1 anger de den andel elever som inte svarat alls.

Fråga 6. Tänk dig att alla växter på en stor ö dör. Vad beskriver bäst vad som händer med djuren på ön?

- a. Alla djur dör så småningom.
- b. Många djur dör, men de som inte äter växter klarar sig.
- c. En del djur som äter växter övergår till annan föda och klarar sig.
- d. Bara de starkaste djuren överlever.
- e. Vet ej.

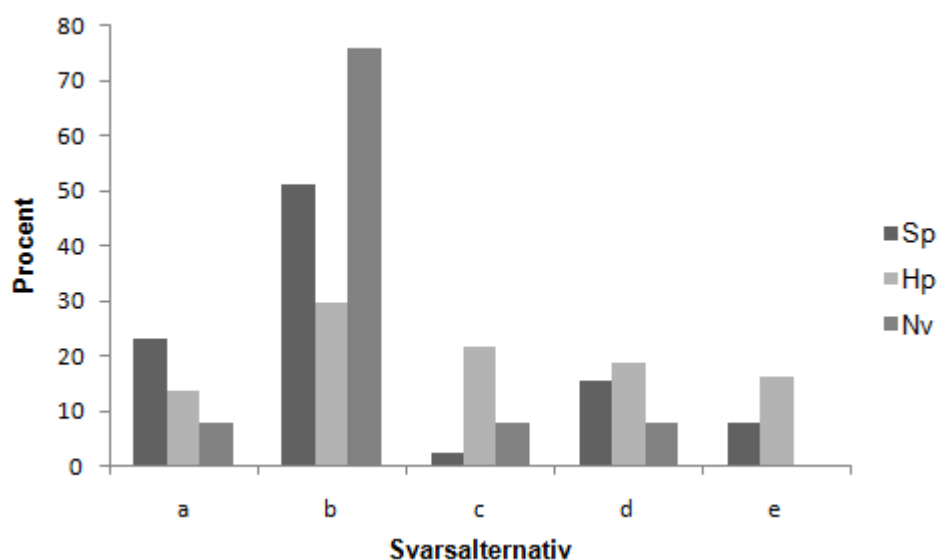
Svarsalternativ a motsvarar rätt svar, alltså att alla djur dör så småningom. 46% av Sp-eleverna, 37% av Hp- eleverna och 72% av Nv- eleverna svarar rätt. 18% av Sp-eleverna och 24% av Hp-eleverna svarade istället alternativ c, att växtätare som går över till annan föda kan klara sig. Endast 4% av Nv-eleverna valde detta alternativ (figur 7). Resultaten är inte signifikanta ($\chi^2=10,180$, $df= 8$, $p=0,253$).



Figur 7. Andelen elever som svarat inom varje svarsalternativ, baserat på programtillhörighet. Rätt svar är alternativ a. 18 Sp-elever, 14 Hp-elever och 18 Nv-elever svarar detta.

Fråga 7. Nedan ser du några olika kemiska formler. Vilken är formeln för fotosyntesen?

Koldioxid+ vatten+ ljusenergi → druvsocker och syre är den kemiska formeln för fotosyntesen. Eleverna ombads kryssa i ett alternativ av fem möjliga, där alternativ b var rätt. 51% av Sp-eleverna, 30% av Hp-eleverna och 76% av Nv-eleverna valde svarsalternativ b (figur 8). Signifikanta skillnader finns ($\chi^2= 21,184$, $df=8$, $p=0,007$).

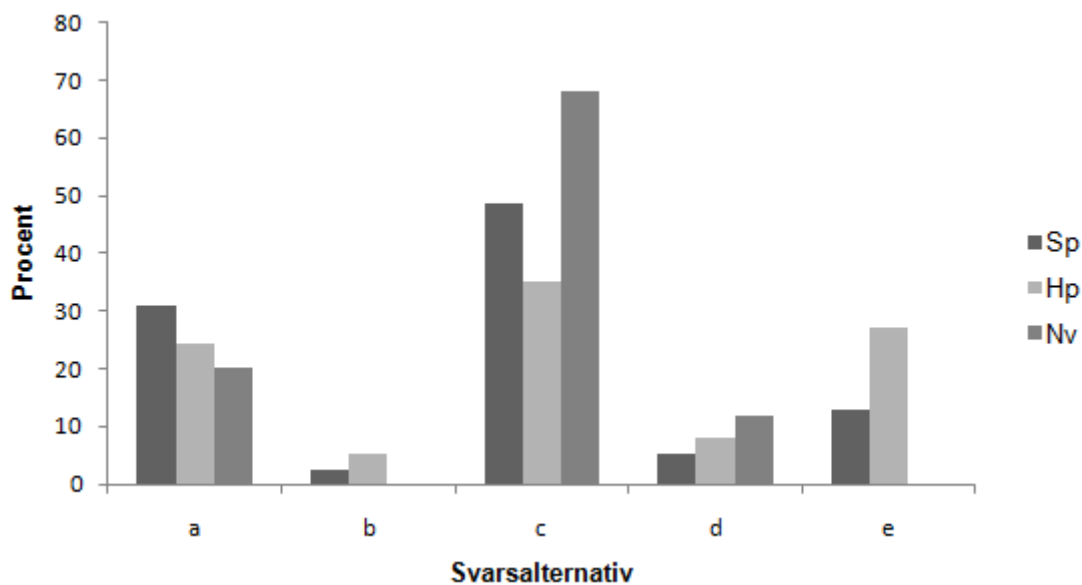


Figur 8. Andel elever för varje programtillhörighet har som svarat på frågan om den kemiska formeln för fotosyntesen. Rätt svarsalternativ är b vilket valdes av 20st Sp-elever, 11st Hp-elever och 19st Nv-elever.

Fråga 8. Alla organismer behöver energirika ämnen. Vad gäller för de energirika ämnen som växter på land behöver?

- De tas upp med rötterna
- De tas upp med bladen.
- De tas upp med både rötterna och bladen.
- De tillverkas av växten själv.
- Vet ej.

Rätt svar på frågan var alternativ d, att de energirika ämnena tillverkas av växten själv. Endast 5% av Sp-eleverna, 8% av Hp-eleverna och 12% av Nv-eleverna svarade detta. Ett populärt svar var istället alternativ c, vilket valdes av 49% av Sp-eleverna, 35% av Hp-eleverna och 68% av Nv-eleverna (figur 9). De flesta trodde alltså att de energirika ämnena tas upp både med rötterna och bladen. Inga signifikanta skillnader finns för resultaten på frågan ($\chi^2=13,982$, $df=8$, $p=0,082$).

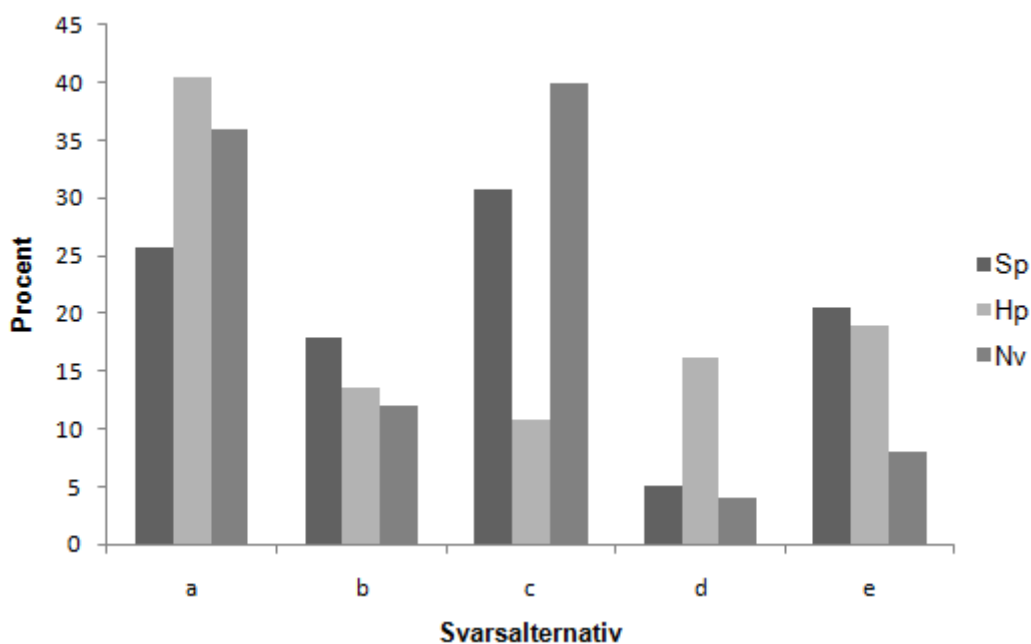


Figur 9. Elevernas svar på frågan angående energirika ämnen. Andelen svarande inom varje kategori för respektive programtillhörighet. Rätt svar är alternativ d som valdes av 2 Sp-elever, 3 Hp-elever och 3 Nv-elever.

Fråga 9. Ett träd växer och ökar i vikt med 100 kg. Varifrån kommer det allra mesta av dessa 100 kg?

- Jord och vatten.
- Vatten och luft.
- Vatten och gödningsämnen.
- Jord och gödningsämnen.
- Vet ej.

Här efterfrågas var ett träd får sin vikt ifrån. Rätt svar är alternativ b då trädet växer med hjälp av kol från koldioxiden i luften och med hjälp av vatten. De allra flesta eleverna väljer istället svar som har med jord eller näringsämnen och vatten att göra. Extra intressant är att i det här fallet så är det Nv-eleverna som har lägst andel rätt svar med sina 12%, jämfört med Hp som har 13% rätt och Sp 18%. Svartalternativ a valdes av 26% av Sp-eleverna, 40% av Hp-eleverna och 36% av Nv-eleverna. Även alternativ c var populärt med 31% svar från Sp, 11% från Hp och hela 40% från Nv (figur 10). Ingen signifikans går att utläsa ur detta resultat ($\chi^2=12,388$, $df=8$, $p=0,135$).



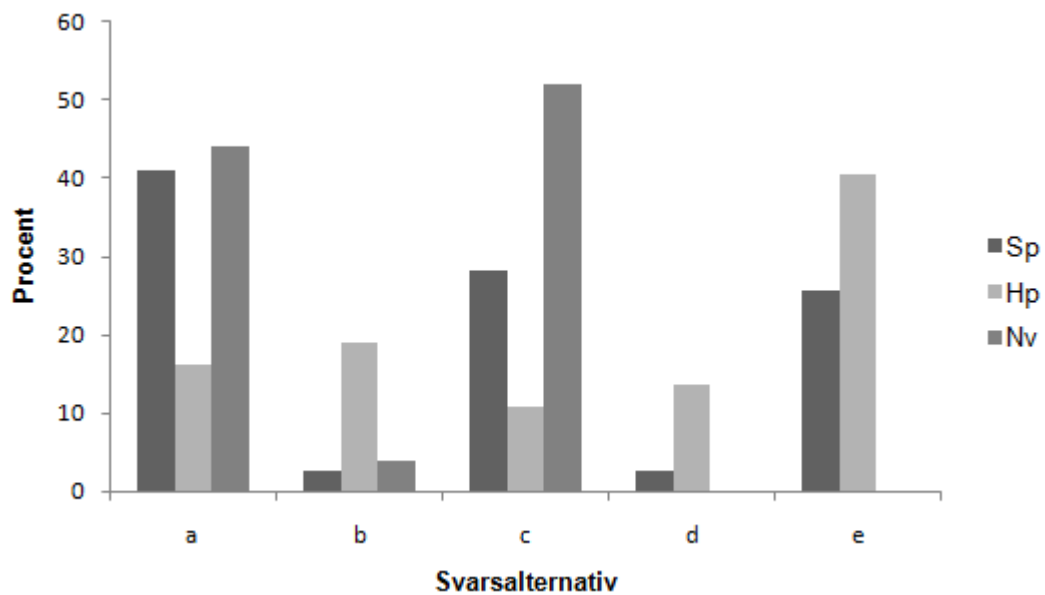
Figur 10. Elevernas svar på frågan angående var ett trädets vikt kommer ifrån. Diagrammet visar andelen elevsvar inom varje svarkategori och beroende på programtillhörighet. Rätt svar på frågan är alternativ b vilket valdes av 7 Sp-elever, 5 Hp-elever och 3 Nv-elever.

Fråga 10. Vilka två grundämnena bidrar mest till övergödningen av Östersjön?

- Svavel och fosfor.
- Svavel och järn.
- Fosfor och kväve.
- Fosfor och järn.
- Vet ej.

28% av Sp-eleverna, 11% av Hp-eleverna och 52% av Nv-eleverna svarade alternativ c, vilket också var rätt svar. 41% av Sp-eleverna svarade istället alternativ a, vilket även 16% av Hp-

eleverna och 44% av Nv-eleverna gjorde (figur 11). Resultatet visar på signifikans ($\chi^2= 36,347$, $df=8$, $p=0,000$).



Figur 11. Elevernas svar angående vilka grundämnena som bidrar mest till övergödningen av Östersjön där alternativ c var rätt svar. Diagrammet visar andelen svar i varje kategori för respektive program. 11 Sp-elever, 4 Hp-elever och 13 Nv-elever valde alternativ c.

Fråga 11. Vilka orsaker kan finnas till att Östersjön drabbas av övergödning?

På grund av att endast fyra elever besvarade frågan så finns inte tillräckligt underlag för att redovisa några resultat.

Diskussion

Fråga 1

De allra flesta eleverna svarade rätt (alternativ c). Skillnaderna mellan programmen är signifikanta. Några elever valde också att svara alternativ b, vilket endast innefattar de levande djuren. Detta missförstånd tror jag beror på en otydlig förståelse av begreppet organism, vilket också leder vidare till att omfånget för vad som räknas in i ekologi blir för litet. Studier gjorda av Osborne och Freyberg (refererade till i Andersson 2008, s. 120) bekräftar att begreppen djur och växter ofta uppfattas för snävt. Eleverna i deras studie är i åldrarna 5-17 år och det visar sig exempelvis att endast 25% av 15-åringarna anser att en spindel är ett djur.

Fråga 2

I den här frågan skulle eleven kryssa för vilket alternativ som stämde bäst överens med begreppet population. Även här valde merparten av eleverna rätt svarskategori, vilket innebar att en population är alla individer av samma art inom ett visst område. Även om det flesta valde rätt alternativ så finns det också en spridning bland de andra svarsalternativen, framför allt de alternativ som är lite för breda och innefattar alla organismer inom samma område eller att en population är alla individer av samma art. Till skillnad från fråga 1 där eleverna hade en något snäv bild av begreppet organism, så är tvärt om bilden av en population något vid.

Fråga 3

Eleverna skulle i den här frågan kryssa för vilka alternativ som var organismer. Enligt svarsresultaten så var detta inte helt klart. Exempelvis lyckades endast 22% av Hp-eleverna pricka in att en gran var en organism, jämfört med 49% hos Nv-eleverna. Jag kan även tycka att svaret hos Nv är oroväckande lågt. Utifrån diagrammet syns att Nv-eleverna har satt mestadels rätt svar. Hp-eleverna ligger sämst till i alla kategorier utom en.

Nv-eleverna ligger bäst till i antal rätt svar, men jag tycker ändå att deras resultat inte är tillräckligt bra när bara 76% anser att en bananfluga är en organism och 80% håller med om att en maskros är det. Den här bedömningen gör jag utifrån kursplanen för biologi A där följande ingår:

”ha kunskap om principer för indelning av organismvärlden samt hur bestämning av organismer utförs”

Det är så tydligt i kursplanen att eleverna måste veta vad som avses med en organism, så jag tycker att antalet elever som svarar rätt i samtliga kategorier bör ligga på närmare 100%.

Noterbart är att 21st elever har valt att enbart kryssa i alternativen molekyl och plankton som organismer. 13st från Hp, 6st från Sp och 2 elever från Nv har svarat på det viset. Problemet kan mycket väl ligga i enkätfrågans formulering, men det är trots allt nästan 80st elever som förstått frågan. Min teori är att vissa elever förväxlar ordet organism med mikroorganism, och att de då valt molekyler och plankton eftersom dessa uppfattas som små. Om så är fallet så tycker jag att det finns en tydlig brist i undervisningen. Eleven kan inte förväntas veta vad en mikroorganism är utan att först veta vad en organism är.

Fråga 4.

Många elever hade fullständig koll på begreppen som ingår i näringskedjan vilket jag också hade hoppats på eftersom kursboken i Naturkunskap A (Henriksson, 2000) går igenom näringskedjor och näringsvävar mycket noggrant. Eleverna från Nv svarade rätt i störst utsträckning och Sp-eleverna följde tätt efter. Eleverna från Hp hade sämre koll och där var det också vanligt att blanda in ord som docent och assistent, vilka inte har med saken att göra över huvud taget.

Bilden jag använde i uppgiften innehöll en liten svårighet. Jag placerade nedbrytare efter toppkonsumenter, vilket vissa elever antagligen inte lade märke till. Eftersom flera elever svarade att nedbrytaren var en toppkonsument så tror jag att de var väldigt inprogrammerade i att toppkonsumenten alltid är sist i ledet. En alternativ lösning kunde ha varit att konstruera en bild på en näringsväv där eleverna kunde placera in flera olika möjliga scenarion. På det sättet skulle det kanske vara möjligt att se vilka elever som hade en något djupare kunskap.

Fråga 5.

På denna fråga förväntades eleverna själva skriva en kort text angående hur ett ekosystem fungerar och vad som händer med näringskedjan när en art dör ut. De önskvärda svaren faller inom kategorierna 4 eller 7, alltså att "ingenting händer" eftersom systemet klarar av att återhämta sig. En stor del av eleverna valde att inte svara alls på frågan, kanske på grund av den något större kraftansträngning som krävdes. Av de elever som svarade på frågan märktes en tydlig tendens att eleverna anser att organismerna i en näringskedja (eller näringsväv) är mycket beroende av varandra och att många andra arter dör ut ifall en art i näringskedjan utrotas. Svarskategori 2 och 6 avser de svar där eleverna menar att fler arter dör ut. Om kategorierna slås ihop tycker 62% av Sp-eleverna, 30% av Hp-eleverna och 48% av Nv-eleverna att arterna är mycket beroende av varandra på detta sätt.

Kategori 4 och 7 avser de elever som menar att systemet kan rubbas men återställer sig efter hand. I kategori 4 finns svar där "ingenting händer" och som inte följs av någon förklaring. De svar som ligger under kategori 7 har även en förklaring av varför systemet inte påverkas. Om

kategorierna slås samman så menar 18% av Sp-eleverna, 8% av Hp-eleverna och hela 28% av Nv-eleverna att fler arter inte dör ut bara för att en art blir utrotad.

Enligt Andersson (2008) faller tron om att arter i ett ekosystem är mycket beroende av varandra, under vad han kallar för vardagsekologi. Denna vardagskunskap är inte förenlig med det ekosystemtänkande som bygger på vetenskapliga begrepp.

Fråga 6.

Fråga 6 skulle man nästan kunna kalla en antifråga till föregående. I föregående fall var det önskvärt att eleverna visade på att systemet återställde sig. I den här frågan kommer istället svaret bli att alla arter dör ut (alternativ a). En stor del av eleverna klarade frågan och det är framför allt Sp- och Hp-elever som valt något annat alternativ. Några elever har valt alternativet att vissa dör, men de som inte äter växter kan klara sig.

Fråga 7.

Den kemiska formeln för fotosyntesen är koldioxid + vatten + ljusenergi \rightarrow druvsocker + syre. Bland flera andra liknande förslag skulle eleverna pricka in detta. Glädjande nog hade rätt svarsalternativ (svar b) flest svar även om endast 30% av Hp-eleverna lyckades. Sp-eleverna hade 51% rätt svar och Nv-eleverna 76%. Enligt beräkningar i SPSS 19.0 är skillnaderna mellan programmen signifikanta. Anledningen till att jag valde att ta med denna fråga var att fotosyntesen får ett ganska stort utrymme i kapitlet om energi i Henriksson (2000), vilket jag tycker är bra. Däremot är jag kritisk till att författaren väljer att lägga krutet på att redogöra olika typer av energiformer, snarare än att försöka förmedla energins kretslopp. Min uppfattning stämmer överens med Carlsson (1999) som också tycker det är mycket viktigt att bygga undervisningen kring fotosyntesen, materiens kretslopp och energiflödet för att eleverna ska kunna få en ekologisk förståelse.

Fråga 8.

På frågan om vad som gäller för växters upptag av energirika ämnen var svaren blandade. Ytterst få elever svarade rätt på frågan (alternativ d). De flesta trodde istället att de energirika ämnena tas upp både med rötterna och bladen. Önskvärt vore att eleverna visste att solenergi omvandlas till användbar energi av växten själv, men tyvärr verkar de inte ha riktigt den förståelsen. Att energi tas upp med bladen är visserligen helt korrekt, men energi och energirika ämnen är inte samma sak. Hade de flesta eleverna valt att svara alternativet att energirika ämnen tas upp med bladen så hade jag kunnat tycka att det var okej, men nu är även rötterna inblandade i de flesta elevernas svar. Min gissning är att de energirika ämnena i vissa fall förväxlas med näringsämnen som i så fall skulle kunna tas upp med rötterna. Utifrån denna studie vill jag inte spekulera i anledningarna

till varför eleverna svarar som de gör, om det skulle bero på undervisningen, kurslitteraturen eller förkunskaperna. Detta skulle däremot vara intressant att ta reda på i framtida forskning.

Fråga 9.

Även här är det omöjligt att utifrån studien ta reda på vad svaren beror på, men eftersom fråga 7, 8 och 9 samtliga behandlar fotosyntes och energi så verkar just detta elevurval ha en liten lucka i sina kunskaper. Andersson (2008) menar att vardagsuppfattningen om växtens förmåga att ta upp materia med rötterna inte är konstig alls. Gödning bidrar alltid till bättre tillväxt, oavsett vattenmängd och koldioxidtillgång. Den vetenskapliga förklaringen om hur näringsämnen hjälper växten att använda koldioxid och vatten är mer diffus.

Fråga 10.

Anledningen till att jag valde att ta med en fråga om Östersjöns övergödning i enkäten var att miljöundervisningen i Naturkunskap A är tätt kopplat till ekologiavsnittet. Få elever hade dock koll på att fosfor och kväve ställer till de största problemen gällande övergödning. En anledning till att eleverna istället valt att svara ett alternativ med svavel kan vara att de hört talas om döda bottnar och andra miljöproblem i havet. I Henriksson (2000) finns ett avsnitt just angående Östersjön, men det finns självklart inget som säger att det avsnittet har ingått i samtliga elevers undervisning. Om eleverna har valt ett alternativ som innehåller svavel på grund av att de hört talas om döda bottnar så bör åtminstone någon del av undervisningen ha nått fram och är definitivt bättre än att de inte vet någonting alls om havet.

Diskussionssammanfattning

Kan jag då utifrån detta material besvara mina frågeställningar?

- Hur ser gymnasieelevernas förståelse ut för ett urval av ekologiska begrepp?
- Vilka skillnader finns beträffande begrepps-förståelse mellan olika gymnasieprogram?

Den första frågan, angående elevernas förståelse för de utvalda begreppen besvaras översiktligt med hjälp av diagrammen. Utifrån mina egna observationer under databehandlingens gång, tycker jag mig kunna se att det ofta är enstaka elever som svarar fel på de flesta frågorna, medan andra elever klarar frågorna på ett hyggligt sätt. Då tycker jag att man borde kunna ana att det är vissa elevers egna engagemang som brister, snarare än undervisningen i stort. Ifall elevernas förståelse för begreppen är tillräckligt goda har jag inte för avsikt att avgöra eller försöka utläsa i denna studie.

Den andra frågan tycker jag är lättare att besvara. Diagrammen visar ganska tydligt att eleverna på Hp har lägst antal rätt svar på nästan alla frågor, samtidigt som Nv-eleverna generellt ligger

högst i antal rätt svar på frågorna. Utifrån signifikanstesten som har utförts på några av frågorna syns också att det finns signifikanta skillnader mellan andel rätt svar för de olika programmen, framförallt mellan Nv och Hp, men också mellan Sp och Hp i vissa fall. Denna observation stämmer överens med Janssons (1994) studie som visar att eleverna på N-program (nuvarande Nv) har bättre begreppsförståelse än elever på S-program (nuvarande Sp).

För att förbättra denna studie skulle jag kunna se till att alla elever som deltar i enkäten var lika gamla och hade läst ekologiavsnittet under ungefär samma period. I denna undersökning var kriteriet att eleverna läst ekologi någon gång under det senaste året. Det är möjligt att elever som läste ekologin för ett år sedan har glömt ganska mycket i jämförelse med de som gått igenom avsnittet nyligen. Vilka förkunskaper eleverna har från högstadiet bör också ha betydelse deras förståelse, vilket är svårt att göra här. En jämförelse mellan elevernas kunskaper före och efter ekologiavsnittet i Naturkunskap A skulle vara intressant. Hur stor del av enkätsvaren som är gissning eller kryssning bara på måfå är svårt att avgöra och även svårt att påverka. Ett sätt att få säkrare enkätsvar skulle kunna vara att använda sig av frågor och svar från nationella prov, då eleverna har betydligt större press på sig. Jag har förståelse för de elever som inte ville lägga energi på att svara på mina frågor, även om jag hoppas att alla har gjort sitt bästa.

Referenser

- Andersson, B. 2001. Elevers tänkande och skolans naturvetenskap. Forskningsresultat som ger nya idéer. Skolverket, Stockholm.
- Begon, M., Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2006. Ecology. From individuals to ecosystems. 4:e uppl. Blackwell science, Oxford.
- Björn, L.O., Enckell, P.H., Meurling, P., Pelger & Ståhl, S. 2005. Biologisk ordlista. Studentlitteratur, Lund.
- Carlsson, B. 2002. Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. International journal of science education, 24(7).
- Carlsson, B. 1999. Ecological understanding. A space of variation. Centrum för forskning och lärande, Luleå universitet, Luleå.
- Henriksson, A. (2000). Naturkunskap A. Gleerups, Malmö.
- Jansson, I., Andersson, B. & Emanuelsson J. 1994. Gymnasieelevers kunskaper om ekologi och människokroppen (serie NA-spektrum nr 12). Institutionen för ämnesdidaktik, Göteborgs universitet, Mölndal.
- Karlsson, J., Krigsman, T., Molander, B.O. & Wickman, P.O. 2000. Biologi A med Naturkunskap A. Liber, Stockholm.
- Nordlab-SE elektronisk resurs (11-01-02) <http://na-serv.did.gu.se/diagnos/fototest/add.html>
- [Ricklefs, R.E. 2007. The economy of nature. 5:e uppl. W.H Freeman and company, New York.](#)
- Skolverket, kursplan Naturkunskap A, (10-11-05)
<http://www.skolverket.se/sb/d/726/a/13845/func/kursplan/id/3203/titleId/NK1201%20-%20Naturkunskap%20A>
- Skolverket, kursplan Naturkunskap B, (10-11-05)
<http://www.skolverket.se/sb/d/726/a/13845/func/kursplan/id/3278/titleId/NK1202%20-%20Naturkunskap%20B>
- Skolverket, remiss för kursplan Naturkunskap 1a1, (10-11-05)
<http://www.skolverket.se/sb/d/3413>
- Skolverket, remiss för kursplan Naturkunskap 1b, (10-11-05)
<http://www.skolverket.se/sb/d/3413>
- Vetenskapsrådet. Forskningsetiska principer inom humanistisk- samhällsvetenskaplig forskning.
<http://www.codex.vr.se/texts/HSFR.pdf> (10-11-05)

Bilaga 1.

Hej

Jag gör mitt examensarbete på Uppsala universitet för att bli lärare i biologi och naturkunskap. Denna enkät är en del av min undersökning av hur gymnasieelever förstår ekologi. Jag ber dig ägna några minuter åt att svara på enkätfrågorna så noggrant du kan! Enkäten är helt frivillig att besvara och du kan när som helst välja att avbryta din medverkan. Resultaten kommer endast att användas till min undersökning och sedan förstöras.

Har du några frågor så kontakta mig via mail: erika.bad4790@student.uu.se

Din medverkan är viktig!

Med vänlig hälsning Erika Bad

Enkät

Är du:

Tjej

Kille

Födelseår: _____

Klass: _____

1. Vilken av nedanstående förklaringar beskriver bäst begreppet ekologi?
Kryssa för ett av alternativen.

- a. Vetenskapen om miljön.
- b. Vetenskapen om levande djur och den miljö de lever i.
- c. Vetenskapen om levande organismer och den miljö de lever i.
- d. Vetenskapen om växterna och den miljö de lever i.
- e. Vet ej.

2. Vilket påstående är mest riktigt angående en population?
Kryssa för ett av alternativen.

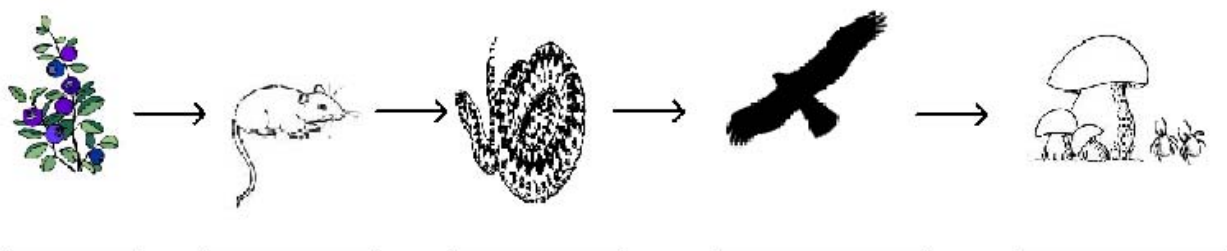
- a. En population är alla djur inom ett visst område.
- b. En population är alla organismer inom ett visst område.
- c. En population är alla individer av samma art.
- d. En population är alla individer av samma art inom ett visst område.
- e. Vet ej.

3. Vilka av följande är organismer?
Kryssa för så många svar du vill.

a.	Granar	<input type="checkbox"/>
b.	Snöflingor	<input type="checkbox"/>
c.	Rävar	<input type="checkbox"/>
d.	Stenar	<input type="checkbox"/>
e.	Maskrosor	<input type="checkbox"/>
f.	Plankton	<input type="checkbox"/>
g.	Molekyler	<input type="checkbox"/>
h.	Maskar	<input type="checkbox"/>
i.	Bananflugor	<input type="checkbox"/>
j.	Kantareller	<input type="checkbox"/>

4. Bilden nedan visar en näringskedja. Placera rätt ord under rätt bild. Några ord kommer att bli över.

Nedbrytare	Toppkonsument	Andrahandskonsument	Docent
Konsument	Patent	Assistent	Producent
			Vet ej.



5. Föreställ dig att något av djuren i näringskedjan i fråga 4 blir utrotad. Händer det något med de andra organismerna? Förklara så noggrant du kan. Använd baksidan om raderna inte räcker.

6. Tänk dig att alla växter på en stor ö dör. Vad beskriver bäst vad som händer med djuren på ön? Kryssa för det alternativ du tycker passar bäst.

- a. Alla djur dör så småningom.
- b. Många djur dör, men de som inte äter växter klarar sig.
- c. En del djur som äter växter övergår till annan föda och klarar sig.
- d. Bara de starkaste djuren överlever.
- e. Vet ej

7. Nedan ser du några olika kemiska formler. Vilken är formeln för fotosyntesen? Kryssa för ett av alternativen.

- a. Koldioxid + kväve+ ljusenergi \rightarrow druvsocker + syre
- b. Koldioxid + vatten + ljusenergi \rightarrow druvsocker + syre
- c. Koldioxid + syre + vatten \rightarrow ljusenergi + druvsocker
- d. Koldioxid + syre + ljusenergi \rightarrow druvsocker + vatten
- e. Vet ej

8. Alla organismer behöver energirika ämnen. Vad gäller för de energirika ämnen som växter på land behöver? Kryssa för ett av alternativen.

- a. De tas upp med rötterna.
- b. De tas upp med bladen.
- c. De tas upp med både rötterna och bladen.
- d. De tillverkas av växten själv.
- e. Vet ej.

9. Ett träd växer och växer och ökar i vikt med 100 kg.
Varifrån kommer det allra mesta av dessa 100 kg? Kryssa för ett alternativ.
- a. Jord och vatten.
 - b. Vatten och luft.
 - c. Vatten och gödningsämnen.
 - d. Jord och gödningsämnen.
 - e. Vet ej.
10. Vilka två grundämnen bidrar mest till övergödningen av Östersjön? Kryssa för ett alternativ.
- a. Svavel och fosfor.
 - b. Svavel och järn.
 - c. Fosfor och kväve.
 - d. Fosfor och järn.
 - e. Vet ej.

