

Gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp

Sara Ray

Avhandling för magisterexamen
Fakulteten för pedagogik och välfärdsstudier
Åbo Akademi
Vasa, 2021

Abstrakt

Författare	Årtal
Ray, Sara Sophia Therese	2021
Arbetets titel	
Gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp	
Opublicerad avhandling för magisterexamen i pedagogik	Sidantal
Vasa: Åbo Akademi. Fakulteten för pedagogik och välfärdsstudier	101
Referat	
<p>Insatser inom utbildningen krävs för att främja en hållbar framtid. För förståelse av den pågående klimatförändringen är det väsentligt att ha kunskaper om kolets kretslopp. Elever och studerande i alla åldrar har dock svårigheter att förstå naturens ämneskretslopp och har många gånger uppfattningar om kolets kretslopp som inte överensstämmer med verkligheten. Dessa avvikande uppfattningar benämns alternativa uppfattningar. För att främja korrekta uppfattningar och hjälpa studerande att utveckla ett systemtänkande kring biologiska processer är det viktigt att lärare har insikter om studerandes uppfattningar.</p> <p>Syftet med avhandlingen är att undersöka gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp.</p> <p>Utgående från syftet är följande forskningsfrågor utformade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hurdana är studerandes uppfattningar om grundämnet kol? 2. Hurdana är studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna? 3. Hurdana är studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp? 4. Hurdana är studerandes uppfattningar om relationen mellan olika delar i kolets kretslopp? <p>Sju studerande i ett svenskspråkigt gymnasium i Finland är informanter i undersökningen. Datasamlingsmetoden är halvstrukturerad intervju. Teckningar av kolets kretslopp fungerar som komplement till de enskilda intervjuerna. Analysmetoden som används är meningskoncentrering och resultaten är kategoriserade i tabeller. I resultaten framkommer att alla informanter besitter mer eller mindre alternativa uppfattningar om kolets kretslopp. I enlighet med tidigare forskning framkommer också att goda kunskaper om kolets kretslopp går hand i hand med goda kunskaper om fotosyntesen, celandningen, näringskedjan och nedbrytningen. En god helhetsuppfattning om kolets kretslopp visar också på en större förmåga till systemtänkande om naturens ämneskretslopp. Det vore viktigt att studerande ges möjligheter att träna systemtänkande i biologiundervisningen. En utvecklande metod kan vara att studerande ritar ämneskretslopp och diskuterar sina uppfattningar med varandra.</p>	
Sökord	
Studerandes uppfattningar, students' conceptions, alternativa uppfattningar, alternative conceptions, kolets kretslopp, carbon cycle, biologiundervisning, biology teaching	

Innehåll

Abstrakt

1. Inledning	8
1.1. Bakgrund	8
1.2. Syfte och forskningsfrågor	10
2. Teori.....	12
2.1. Kolets kretslopp.....	12
2.2. Biologi som vetenskap och läroämne.....	16
2.2.1. Kolets kretslopp i läroboken Korall	16
2.3. Studerandes alternativa uppfattningar inom biologi och kolets kretslopp	19
2.3.1. Orsaker till studerandes alternativa uppfattningar inom kolets kretslopp.....	24
2.3.2. Bearbetning av studerandes alternativa uppfattningar inom kolets kretslopp.....	27
2.4. Systemtänkande.....	31
2.4.1. Systemtänkande i undervisningen	31
3. Metod.....	33
3.1. Val av metod	33
3.2. Forskningsansats	33
3.3. Datainsamlingsmetod	34

3.4. Urval och avgränsningar	36
3.5. Undersökningens genomförande	38
3.5.1. Undersökningens två delmoment	38
3.6. Databearbetning och analys	39
3.7. Etik, tillförlitlighet och trovärdighet	45
4. Resultat.....	50
4.1. Studerandes uppfattningar om grundämnet kol	50
4.2. Studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna	52
4.3. Studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp.....	66
4.4. Studerandes uppfattningar om relationen mellan olika delar i kolets kretslopp	71
4.5. Sammanfattning av gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp	74
5. Diskussion	77
5.1. Metoddiskussion.....	77
5.2. Resultatdiskussion.....	78
5.3. Förslag till fortsatt forskning.....	81
Litteratur.....	82

Tabeller

Tabell 1	20
Tabell 2	21
Tabell 3	22
Tabell 4	23
Tabell 5	50
Tabell 6	51
Tabell 7	52
Tabell 8	53
Tabell 9	53
Tabell 10	54
Tabell 11	55
Tabell 12	56
Tabell 13	57
Tabell 14	58
Tabell 15	58
Tabell 16	59
Tabell 17	60
Tabell 18	61

Tabell 19	61
Tabell 20	62
Tabell 21	63
Tabell 22	64
Tabell 23	66
Tabell 24	67
Tabell 25	68
Tabell 26	70
Tabell 27	71
Tabell 28	73
Tabell 29	74
Tabell 30	74
Tabell 31	75
Tabell 32	79
 Figurer	
Figur 1	14
Figur 2	18
Figur 3	44

Bilagor

Bilaga 1: Blankett för godkännande av deltagande i undersökningen

Bilaga 2: Intervjuguide

Bilaga 3: Checklista med begrepp för intervju

Bilaga 4: Teckningsunderlag

Bilaga 5: Teckning av informant 1

Bilaga 6: Teckning av informant 2

Bilaga 7: Teckning av informant 3

Bilaga 8: Teckning av informant 4

Bilaga 9: Teckning av informant 5

Bilaga 10: Teckning av informant 6

Bilaga 11: Teckning av informant 7

1. Inledning

Studenter har ofta alternativa uppfattningar inom den komplexa biologivetenskapen. I gymnasieundervisningen ska studenter utveckla en mångsidig kompetens, bland annat att inse nödvändigheten av en hållbar livsstil och kunna främja en hållbar utveckling. För att kunna förstå den pågående klimatförändringen krävs kunskaper om naturens ämneskretslopp, bland vilka kolets kretslopp är ett av de mest centrala. I denna avhandling undersöks gymnasiestudenters uppfattningar om kolets kretslopp genom en kvalitativ analys. Genom att lärare och studenter själva blir medvetna om de alternativa uppfattningarna kan lärandeprocessen och korrekta uppfattningar främjas.

1.1. Bakgrund

Den pågående klimatförändringen är ett varnande exempel för människans ohållbara användning av fossila bränslen och dess följder (IPCC, 2018a; IPCC, 2018b). För att minska de negativa konsekvenserna av klimatförändringen behöver varje nation efter bästa förmåga vidta åtgärder, för att gradvis öka insatserna för en hållbar framtid. Bland dessa kan investeringar i ny teknik, ekonomiskt understöd till utvecklingsländer och insatser inom utbildning nämnas. (UNFCCC, 2021.)

Inom utbildningen ska elever och studenter lära sig vad en hållbar utveckling innebär och samtidigt spöras till att själva leva ett hållbart liv (Utbildningsstyrelsen, 2014, 2019). För att elever och studenter ska kunna agera för en hållbar framtid krävs kunskap om orsaker, följder och lösningar till klimatproblematiken (Almers, 2009). En central aspekt för förståelse av klimatförändringen är kunskap om naturens ämneskretslopp, bland vilka kolets kretslopp är särskilt viktigt (Bengtsson, m.fl., 2017; Hartley m.fl., 2011). Forskning visar dock att elevers och studenters uppfattningar om ämneskretsloppen är bristfälliga (Çimer, 2011; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003).

Alternativa uppfattningar förekommer allmänt bland elever och studenter. Alternativa uppfattningar kan i stora drag definieras som underliga och felaktiga uttryck, som inte är vetenskapligt korrekta. Begreppet alternativa uppfattningar (eng. alternative conceptions) har tidigare använts i forskning (Garnett m.fl., 1995; Tsai & Chou, 2002). En synonym som också används i forskning är missuppfattningar (eng. misconceptions) (King, 2009; Nakhleh, 1992). I denna avhandling används främst begreppet alternativa uppfattningar, men också termen

avvikande uppfattningar förekommer. Dessa begrepp antyder att uppfattningarna inte nödvändigtvis är helt felaktiga och inger en mer positiv klang än synonymen missuppfattning (Maskiewicz & Lineback, 2013). En redogörelse för hur alternativa uppfattningar kan uppkomma och bearbetas ges i kapitel 2.3.

De alternativa uppfattningarna är allmänt förekommande i samhället och är oberoende av ålder, kön, utbildning och kultur (Bahar, 2003). Uppfattningarna är svåra att förändra och påverkar lärandeprocessen negativt (Bahar, 2003; Çetin, 2007; Çimer, 2011; Köse, 2008; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003). För att kunna utveckla en korrekt kunskap inom biologivetenskapen krävs förståelse av a) enskilda processer, b) kopplingar mellan dessa processer och c) övergripande helheter (Lin & Hu, 2003). Dessa delar utgör tre nivåer av systemtänkande, vilka enligt Kali m.fl. (2003) är grundläggande för uppfattningen av biologiska kretslopp. En av de främsta orsakerna till både bristfälligt systemtänkande och alternativa uppfattningar inom biologin är vetenskapens komplexa karaktär. Biologins komplexitet anser också elever och studerande själva är en orsak till att de upplever att biologiämnet är svårt i skolan (Çimer, 2011; Düsing m.fl., 2019; Özay & Öztaş, 2003). För att studerande ska kunna bearbeta sina avvikande uppfattningar är det viktigt att lärare har kunskap om deras uppfattningar (Bahar, 2003; Tekkaya, 2002). Därtill är det också nödvändigt att lärarna själva granskar sina egna uppfattningar. Det är allmänt förekommande att lärare har alternativa uppfattningar om vetenskapliga fenomen, vilket också gäller lärare och lärarstuderande i Finland (Hemmi m.fl., 2020). Genom kunskap om vilka alternativa uppfattningar som är vanligt förekommande, vad som orsakar dessa och hur dessa kan bearbetas, kan lärare bedriva en medveten undervisning som främjar korrekta uppfattningar (Hartley m.fl., 2011).

I stora globala frågor är korrekta kunskaper synnerligen viktiga. Ett gemensamt agerande krävs på både nationell och internationell nivå i arbetet för en hållbar framtid (IPCC, 2018a; IPCC, 2018b). I det demokratiska samhället innefattar detta alla medborgare. För att rätta miljöbeslut ska kunna fattas behöver politiker också ha korrekt förståelse av naturens kretslopp (Kali m.fl., 2003). Kompetenta politiker förutsätter i sin tur kompetenta väljare. Att befolkningen besitter alternativa uppfattningar om kolets kretslopp och klimatförändringen är därmed problematiskt. Vikten av att främja korrekta uppfattningar om naturens ämneskretslopp inom utbildningen är alltså betydande, och med tanke på detta har denna avhandling också en samhällsaktuell betydelse.

Mitt personliga intresse för undersökningen i denna avhandling är också stort, eftersom biologi och hållbar utveckling är två av mina intresseområden. Som tillägg till mina klasslärarstudier avlägger jag ytterligare ämnesstudier i biologi och geografi, för att erhålla behörighet inom dessa ämnen i gymnasiet. Därmed är det speciellt givande att undersöka gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp för att vidga min egen förståelse av hur studerande tänker kring komplexa biologiska processer. Min ambition som blivande lärare är att ständigt utveckla mina kunskaper och färdigheter, vilket jag anser vara nödvändigt för att bedriva en god undervisning. Eftersom de alternativa uppfattningarna är många och hindrar studerande i deras kunskapsutveckling behöver jag som lärare ha kunskap om vilka dessa är, och hur jag genom min undervisning kan hjälpa studerande att själva bearbeta sina alternativa uppfattningar. Under min arbetsprocess har jag utvecklat mina egna kunskaper om studerandes uppfattningar och resultaten har gett mig nya insikter som jag kommer att ha nytta av i mitt arbete som lärare. Jag hoppas även att min avhandling ska erbjuda övriga lärare insikter, som ska kunna vara användbara i deras undervisning.

1.2. Syfte och forskningsfrågor

Syftet med denna avhandling är att undersöka vilka uppfattningar gymnasiestuderande har om kolets kretslopp.

Enligt syftet är följande forskningsfrågor utformade:

- 1) Hurdana är studerandes uppfattningar om grundämnet kol?
- 2) Hurdana är studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna?
- 3) Hurdana är studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp?
- 4) Hurdana är studerandes uppfattningar om relationen mellan olika delar i kolets kretslopp?

I början av arbetsprocessen var syftet mera specifikt utformat för att undersöka gymnasiestuderandes alternativa uppfattningar. Under processens gång omformulerades dock syftet till att mera allmänt betona gymnasiestuderandes uppfattningar. Denna formulering lämpar sig bättre, eftersom både korrekta uppfattningar och alternativa uppfattningar presenteras i resultaten.

Den första forskningsfrågan har en central roll med tanke på syftet, eftersom studerandes kunskaper om grundämnet kol är grundläggande för deras förståelse av kolets kretslopp (Bengtsson m.fl., 2017). Den andra forskningsfrågan behandlar studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna. De ekologiska processer som betonas är fotosyntesen, cellandningen, näringskedjan och nedbrytningen, eftersom dessa är viktiga för förståelse av kolets kretslopp (Hartley m.fl., 2011; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003). Trots att cellandning, energiflöde genom näringskedjan och nedbrytning är processer som delvis går in i varandra har jag valt att skilja dem åt som enskilda ekologiska processer i denna avhandling, eftersom det tillät mig att mera specifikt studera de studerandes uppfattningar inom varje process. Den tredje forskningsfrågan är mycket relevant med tanke på klimatförändringen och den fjärde forskningsfrågan tillät mig att studera de studerandes systemtänkande, vilket ger en helhetsbild över deras uppfattningar om kolets kretslopp.

2. Teori

I detta kapitel ges en redogörelse för kolets kretslopp och de ekologiska processerna fotosyntes, cellandning, energiflöde genom näringskedjan och nedbrytning. Därefter beskrivs biologi som vetenskap och läroämne, och i samband med Figur 2 diskuteras presentationen av kolets kretslopp i läroboken *Korall*. Därefter beskrivs vanliga alternativa uppfattningar bland studerande inom ämnet biologi, vad som kan orsaka dessa uppfattningar och hur de kan bearbetas. Slutligen beskrivs systemtänkande och vilken betydelse det har för lärandet och undervisningen.

2.1. Kolets kretslopp

Omsättningen av grundämnet kol (C) har en mycket central roll i ekosystemen (Nationalencyklopedin, u.å.), eftersom "[k]olets kretslopp är den kemiska motor som förser det mesta av livet på jorden med 'byggnadsmaterial' och energi" (Olsson, 2011, s. 11). Alla levande organismer innehåller kol, eftersom kol är en byggsten i kolhydrater, fetter, proteiner och benstrukturer (Pearson education, 2011). Samma kolatomer som bildades vid jordens uppkomst cirkulerar än idag genom den levande och den icke-levande naturen. Detta sker genom att kolatomerna bildar molekyler och föreningar i de ekologiska processerna i kolets kretslopp. (Hartley m.fl., 2011.) Dessa processer är: fotosyntes, cellandning, energiflöde i näringskedjan och nedbrytning. Processerna beskrivs nedan i tur och ordning.

Fotosyntesen är den process genom vilken autotrofa organismer (växter, alger och cyanobakterier) binder solens energi i kemisk form, som kan utnyttjas av organismerna. De fotosyntetiserande gröna växterna fixerar koldioxid ur luften med växternas specialiserade cellorganeller: kloroplasterna. Här bildas kolhydraten glukos när vatten oxideras till syre, och oorganiskt kol förändras till organiskt kol. Reaktionsformeln är: koldioxid (CO₂) + vatten (H₂O) + solljus → glukos (C₆H₁₂O₆) + syre (O₂). (Nationalencyklopedin, u.å.)

Organismer med fotosyntes kallas *producenter* i en *näringskedja*, eftersom de kan producera sin egen energi. Heterotrofa organismer, som inte själva kan producera energi utan behöver konsumera den genom sin föda, kallas för *konsumenter* i en näringskedja. Energin och det organiska kolet flödar då mellan organismerna i naturens näringskedjor. (Nationalencyklopedin, u.å.) Beroende på vilken föda organismerna utnyttjar tillhör olika organismer olika näringsnivåer, s.k. trofivåer. Producenterna befinner sig på den

första trofinivån, primära konsumenter (växtätare) befinner sig på den andra trofinivån och sekundära konsumenter (köttätare) befinner sig på den tredje trofinivån, osv. Vid den totala energiöverföringen från en trofinivå till en annan frigörs omkring 90 procent av energin och därmed också kol i form av koldioxid. Detta energispillflöde är en följd av den förbrukade energin hos organismerna. (Nationalencyklopedin, u.å.)

Den förbränningsprocess som frigör energin i cellerna kallas *cellandning* eller respiration. Genom denna process frigör specialiserade cellorganeller, mitokondrier, den kemiskt bundna energin i glukosen till en form som kan utnyttjas av organismerna. Restprodukter i cellandningen är koldioxid och vatten, vilka avges av cellen. Reaktionsformeln är: glukos ($C_6H_{12}O_6$) + syre (O_2) \rightarrow energi + koldioxid (CO_2) + vatten (H_2O). De autotrofa växternas cellandning benämns autotrof respiration, i vilken endast kolhydrater fungerar som energikälla. De heterotrofa organismernas cellandning benämns heterotrof respiration. Förutom kolhydrater kan de heterotrofa organismerna också använda proteiner och fetter som energikälla. (Nationalencyklopedin, u.å.; Olsson, 2011.)

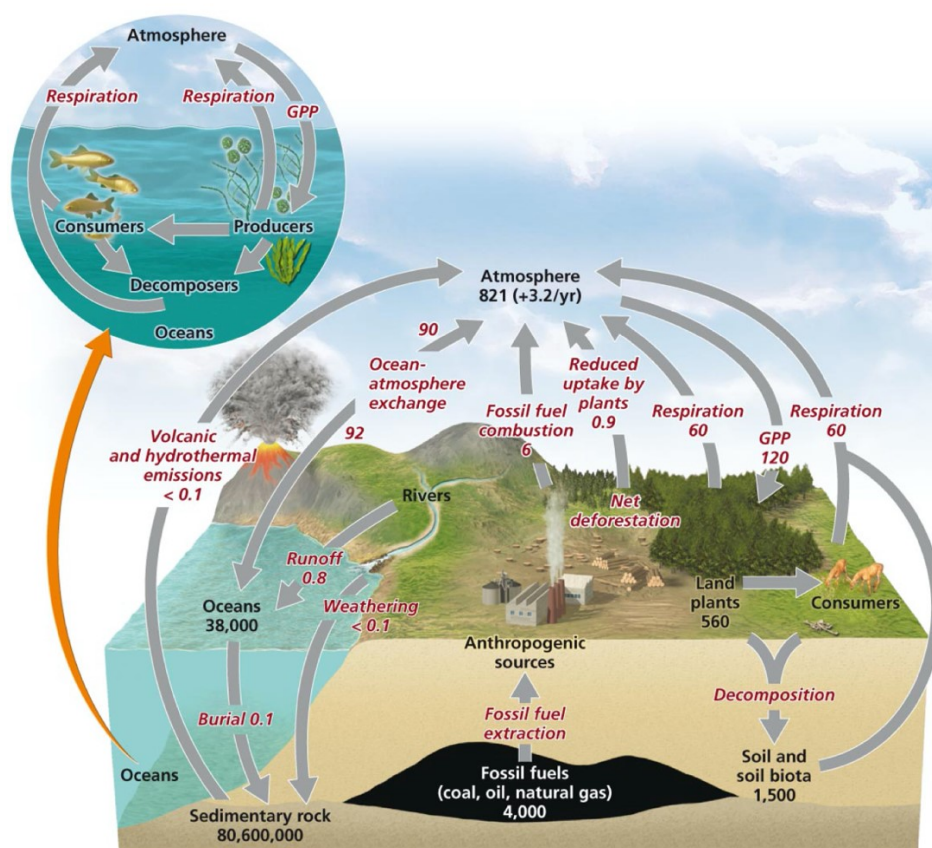
Vid *nedbrytningen* bryter *nedbrytare*, destruerer, ner dött organiskt material till oorganiskt material. De främsta nedbrytarna är bakterier och svampar. Dessa oxiderar den döda materian i sin cellandning. Vid oxidationen frigörs näringsämnen i marken, vilka varit bundna i den döda organiska materian. Genom cellandningsprocessen frigörs också koldioxid ut i atmosfären. Under aeroba förhållanden är nedbrytningen fullständig, medan den vid anaeroba förhållanden är ofullständig. Under syrefria eller mycket syrefattiga förhållanden kan det döda organiska materialet ackumuleras i fossil form. Detta kan ske i t.ex. vattendränkta myrar och på havsbottnar. Fossila bränslen, såsom olja, stenkol och naturgas, har bildats genom anaerob nedbrytning. I anaeroba miljöer avges också kol i form av metangas (CH_4). (Nationalencyklopedin, u.å.)

I Figur 1 illustreras kolets kretslopp. Fotosyntesen åskådliggörs genom pilarna "GPP", vilket står för upptag av koldioxid. Både producenter i haven och på land tar upp atmosfärens koldioxid. Cellandningen (eng. respiration) illustreras med pilar upp till atmosfären från alla levande organismer. Pilen mellan växter och djur betecknar kolets färd i näringskedjorna. Allt dött organiskt material ska därefter brytas ner vid nedbrytningen (eng. decomposition). Pilen från nedbrytningen upp till atmosfären visar på nedbrytarnas cellandning och utsläpp av koldioxid. Förutom fotosyntes, cellandning, energiflöde och nedbrytning visar bilden också övriga delmoment i kolets kretslopp. Dessa är: naturliga kolutsläpp via vulkanisk aktivitet,

lagring av kol i sedimentära bergarter, utbyte av kol mellan havsvattnet och atmosfären och människans påverkan.

Figur 1

Kolets kretslopp (Pearson Education, 2011)



Kolet cirkulerar mellan atmosfären och de levande organismerna i havet och på land i ett snabbt kretslopp. (Atmosfär – växt – växtätare – köttätare – nedbrytare – atmosfär). Det sker ett kontinuerligt utbyte av koldioxid och syre i och med fotosyntesen och cellandningen. Inom detta kretslopp finns också mindre kretslopp, eftersom alla levande organismer har cellandning. Exempelvis tar växter upp koldioxid i sin fotosyntes och avger koldioxid i sin cellandning. (Atmosfär – växt – atmosfär). Trots att växter också har cellandning minskar de andelen koldioxid i atmosfären, eftersom de binder förhållandevis mer koldioxid i sin fotosyntes än vad de avger i sin cellandning. Däremot ökar alla heterotrofa organismer andelen koldioxid i atmosfären till följd av sin cellandning. (Nationalencyklopedin, u.å.; Olsson, 2011.)

Det kol som under miljontals år lagrats i den icke-levande naturen deltar inte naturligt i det snabba kretsloppet, utan tillhör kolets långsamma kretslopp. Kolreservoarer finns bl.a. i havsbottenarnas berggrund, i skogarnas detritus- och mullämnen och i torvmarker. Den allra största mängden kol i biosfären finns sannolikt bundet i jordskorpans kalksten (Johansson, 2012). Omkring 20 000 000 miljarder ton kol antas vara lagrat i sedimentära bergarter. Vilket kan jämföras med att det finns ca 760 miljarder ton kol i atmosfären och mellan 5 000 och 10 000 miljarder ton kol lagrat i fossila bränslen. (Nationalencyklopedin, u.å.)

Genom de naturliga mekanismerna cirkulerar kolet balanserat i både det snabba och det långsamma kretsloppet. Trots naturliga utsläpp från kolreservoarer, genom t.ex. skogsbränder och vulkanutbrott, kan koldioxidhalten hållas konstant i atmosfären. Vid större plötsliga kolutsläpp reglerar kolsänkor kolhalten i atmosfären. Till exempel fungerar havens ytvatten som en reglerande mekanism genom att koldioxid löser sig i havens ytvatten som kolsyra. Idag sker dock en snabb förändring i kolets kretslopp, där andelen kol ökar i atmosfären p.g.a. att kol överförs från det långsamma kretsloppet till det snabba kretsloppet. (Nationalencyklopedin, u.å.; Olsson, 2011).

Människans inverkan på naturen har ökat kraftigt sedan den industriella revolutionen, då samhällsstrukturerna förändrades från jordbrukarsamhällen till industrisamhällen. Detta innebar att människan lärde sig utnyttja den lagrade energin i kolhaltiga fossila bränslen, utvecklade nya maskiner och började bruka jorden mera effektivt. (Nationalencyklopedin, u.å.) Fossila bränslen står som ett samlingsbegrepp för alla lagrade kolreservoarer, som bildats av döda djur- och växtdelar. Av dessa fossila bränslen använder människan främst olja, kol och naturgas (Nationalencyklopedin, u.å.). När människan bränner fossila bränslen ökar kolhalten i atmosfären och det globala klimatet påverkas, eftersom växthuseffekten effektiveras. Utöver detta påverkar människan också en ökad kolmängd i atmosfären genom förändrad markanvändning, jordbruk och konsumtionsvanor. Den antropogena klimatförändringen är idag en global aktualitet som inverkar på hela biosfären (IPCC, 2018a). Med människan som en aktiv del i kolets kretslopp kan ett kretslopp med totalt sju länkar skapas: atmosfär –1– växt –2– växtätare –3– köttätare –4– nedbrytare –5– fossilt material –6– människans användning –7– atmosfär.

2.2. Biologi som vetenskap och läroämne

Gymnasiestuderande ska förstå biologins karaktäristiska drag, känna till dess strukturer och biologiska processer. I gymnasiets värdegrund poängteras vikten av att främja en hållbar livsstil och studerande ska själva inse behovet av att leva ett hållbart liv (Utbildningsstyrelsen, 2019). Detta kräver en helhetsuppfattning och en förmåga att se biologiska fenomen ur ett globalt perspektiv. Likaså krävs en utvecklad tankeförmåga för att ”studerande ska förstå betydelsen av sina egna handlingar och det globala ansvarets betydelse då det gäller att säkra en hållbar användning av naturresurser, för att motverka klimatförändringen” (Utbildningsstyrelsen, 2019, s. 16). För att utvecklas inom kompetensen att påverka och bidra till en hållbar framtid krävs kunskap om orsaker, följder och lösningar på klimatproblematiken (Almers, 2009). Bland sådan central kunskap ingår kunskap om naturens ämneskretslopp och speciellt kunskap om kolets kretslopp (Hartley m.fl., 2011).

I gymnasiets två obligatoriska biologikurser ligger fokus på livet och evolutionen respektive på ekologi och miljö (Utbildningsstyrelsen, 2019). Studier inom biologin förutsätter en komplex tankeförmåga, eftersom livet inte låter sig förklaras enkelt och entydigt. Detta innefattar förmåga att tänka på flera olika hierarkiska nivåer, såsom molekylnivå, cellnivå och organismnivå. (Lin & Hu, 2003.) Detta framkommer också i gymnasiets läroplan, eftersom studerande ska lära sig ”förstå biologiska samband mellan orsak och verkan från molekylnivå till biosfären” (Utbildningsstyrelsen, 2019, s. 241). Detta är relevant med tanke på kolets kretslopp eftersom kolet finns sig i många olika föreningar under kretsloppets gång, trots att kolatomerna hela tiden är de samma (Nationalencyklopedin, u.å.).

I gymnasiets andra obligatoriska biologikurs, inom vilken fotosyntes, cellandning, energiflöde i naturen och nedbrytning behandlas, är hållbar utveckling ett framträdande tema. Kursinnehållet innefattar ”kolets, kvävet och fosfors kretslopp” och ”energiflödet i ett ekosystem” (Utbildningsstyrelsen, 2019, s. 243).

2.2.1. Kolets kretslopp i läroboken *Korall*

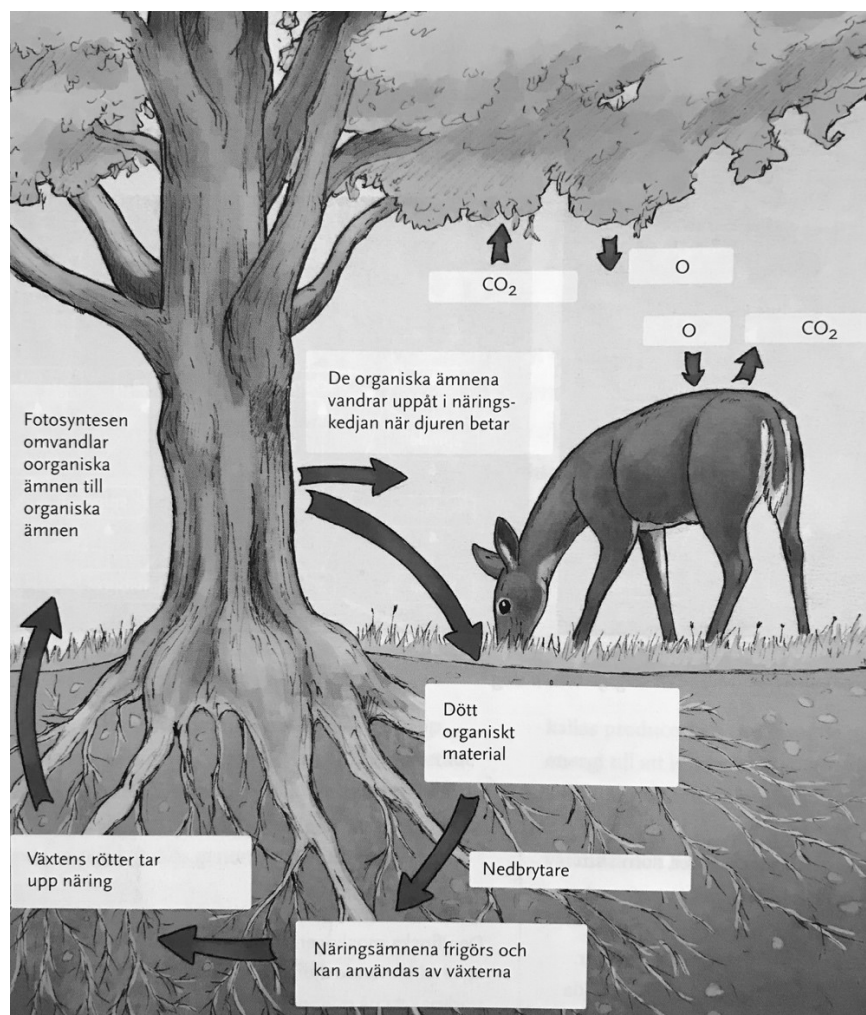
Det gymnasium inom vilket denna undersökning utfördes använder i likhet med andra svenskspråkiga gymnasier i Finland läromedelsserien *Korall*. I läroboken för kurs 2 *Korall - Ekologi och miljö* beskrivs kolets kretslopp i ett kapitel utgående från en bild (Figur 2). Kapitlet

fokuserar först på helheten i ekosystemet och ämneskretsloppen, för att sedan enskilt beskriva kolets och kvävet kretslopp. I ett enda stycke beskrivs kolets kretslopp, vilket medför att texten är mycket förenklad. Varken bilden eller texten sätter huvudfokus vid kolatomen (C) som cirkulerande enhet i kolets kretslopp. Istället innehåller beskrivningen ett stort fokus på ämnet syre (O). Under kolets kretslopp står det bl.a. "Kol och syre cirkulerar i ekosystemet enligt bilden ovan", "[f]örmultning är en form av nedbrytning som kräver syre" och "[o]m nedbrytningen sker utan syre kallas det rötning". Förvirring kring begreppet andning kan uppstå av texten eftersom det i texten står: "[i] cellandningens komplicerade reaktioner produceras koldioxid, som konsumenterna andas ut. Även nedbrytarna andas, eftersom största delen av dem är aeroba." (Idänpirtti m.fl., 2016, s. 14.)

Författarna lägger beskrivningens huvudfokus på bilden av kolets kretslopp. Eftersom bilden, liksom texten, är förenklad kan den ge upphov till alternativa uppfattningar bland de studerande (King, 2009; Lin & Hu, 2003). Många läromedel inom biologiundervisningen innehåller också felaktigheter (King, 2009; Storey, 1989). Pilarna från trädet, vilka går via marken upp till trädet igen, kan t.ex. förstås som att kolet i dött organiskt material frigörs till marken och direkt kan användas av växternas rötter. Trots att det i rutan står "[n]äringsämnen frigörs och kan användas av växterna" (Idänpirtti m.fl., 2016, s. 14), kan detta leda till alternativa uppfattningar om studerande inte har en korrekt uppfattning om vad grundämnet kol är.

Figur 2

Kolets kretslopp i Korall 2 (Idänpirtti m.fl., 2016, s. 14)



Ämneskretslopp är ett område inom biologin som elever generellt upplever är svårt att lära sig. Den komplexa karaktären inom biologin är mycket påtaglig hos naturens ämneskretslopp, vilket också studerande själva upplever. Denna komplexitet nämner studerande själva som en grundorsak till varför de har svårigheter att lära sig biologi. (Çimer, 2011.) Tidigare forskning visar att elever har bristande kunskaper om grundläggande ekologiska processer även efter att detta tagits upp i undervisningen (Gallegos m.fl., 1994; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003). Därtill har elever ofta svårt att förstå interaktioner mellan olika processer i naturen, vilket medför en vag helhetsuppfattning (Lin & Hu, 2003; Waheed &

Lucas, 1992). Vilka alternativa uppfattningar som är vanliga bland studerande, hur dessa uppkommer och hur dessa kan åtgärdas presenteras utförligare i följande kapitel.

2.3. Studerandes alternativa uppfattningar inom biologi och kolets kretslopp

Forskning kring alternativa uppfattningar fick sin början på 1970-talet när forskare började inse att barns tänkande kring världen är väldigt avvikande från vuxnas tänkande. Piagets studier om kognitiv utveckling, tillsammans med insikten om att barn inte är oskrivna blad när de kommer till skolan, blev startskottet för forskares intresse kring elevers och studerandes uppfattningar. Under 1980- och 1990-talen kartlades en stor del av elevers och studerandes alternativa uppfattningar inom naturvetenskaperna och det blev uppenbart att studerande besitter en stor del avvikande uppfattningar inom de naturvetenskapliga ämnena. (Maskiewicz & Lineback, 2013.) Eftersom den kunskap människan lärt sig påverkar ny kunskap hen tillägnar sig är uppfattningarna hårt förankrade och svåra att förändra. Detta syns tydligt i och med att studerande ofta behåller sina alternativa uppfattningar efter att de deltagit i undervisning, där korrekt kunskap om fenomenet lyfts fram (Bahar, 2003; Gallegos m.fl., 1994; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003).

De alternativa uppfattningarna är individuella och varierar mellan olika utbildningsstadier (Södervik m.fl., 2017). Avvikande uppfattningar är vanliga inom områden i biologi där komplexiteten är särskilt påtaglig. Fotosyntes, cellandning, energiflöde, klassificering, genetik, människans cirkulationssystem och naturens ämneskretslopp är exempel på områden där avvikande uppfattningar är speciellt vanliga (Tekkaya, 2002). Dessa hör också till de områden som studerande själva upplever är bland de svåraste att förstå inom biologiämnet (Çimer, 2011). Med tanke på avhandlingens syfte ligger fokus på tänkande kring kolets kretslopp med tillhörande ekologiska processer. Dessa är som tidigare nämnts fotosyntes, cellandning, energiflöde i naturen och nedbrytning. (Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003.) Eftersom alternativa uppfattningar är personliga finns det stora variationer bland elevers och studerandes olika uppfattningar (Ahopelto m.fl., 2011; Lin & Hu, 2003; Södervik m.fl., 2017; Özay & Öztaş, 2003). Forskning visar dock att en del av dessa uppfattningar är mer vanliga än andra (Tekkaya, 2002). I Tabell 1–4 presenteras allmänt förekommande alternativa uppfattningar bland elever och studerande inom fotosyntes, cellandning, energiflöde i naturen och nedbrytning. Uppfattningarna är inte specifikt angivna efter ålder, eftersom samma

avvikande uppfattningarna återfinns hos varierande åldersgrupper. Elever har också uppvisat att en del alternativa uppfattningar kan vara återkommande under skolgången (Dedic m.fl., 2015).

Många studerande har svårt att förstå fotosyntesen, cellandningen, energiflödet i näringskedjorna och nedbrytningen, och de avvikande uppfattningarna är allmänt förekommande (Ahopelto m.fl., 2011; Çetin, 2007; Dedic m.fl., 2015; Lin & Hu, 2003; Södervik m.fl., 2017; Özay & Öztaş, 2003).

Tabell 1

Alternativa uppfattningar om fotosyntesen

Fotosyntes är växternas cellandning (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Fotosyntes är växternas andning (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Fotosyntesens syfte är gasutbyte, där koldioxid tas in och syre avges (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Fotosyntesens syfte är att växter omvandlar koldioxid till syre (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Fotosyntesen sker främst i löven hos växterna (Köse, 2008).
Fotosyntes kan ske utan solljus (Köse, 2008).
Växter får sin näring/mat från marken (Ahopelto m.fl., 2011; Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Koldioxid, vatten, näringsämnen, mineraler och gödning är näring/mat för växterna (Tekkaya, 2002).
Växter har fotosyntes och djur har cellandning (Köse, 2008).
Ämnet koldioxid är för lätt för att kunna vara källan till växternas biomassa (Hartley m.fl., 2011).

I en undersökning där elevers uppfattningar om ekologiska processer undersöktes fann Lin och Hu (2003) att eleverna, som var i åldern 12–13 år, bäst kunde förklara fotosyntesen av de tre processerna fotosyntes, cellandning och energiflöde. Trots detta bedömdes endast 26 procent av eleverna ha en stark förståelse av fotosyntesen. En större andel, 42 procent, bedömdes ha en moderat förståelse av fotosyntesen, medan 31 procent bedömdes ha en svag förståelse av fotosyntesen. Özay och Öztaş (2003) bedömde i en annan undersökning att elever i åldern 14–15 år hade mycket bristfälliga kunskaper om fotosyntesen. Enbart 20 procent av

eleverna hade en korrekt uppfattning om fotosyntesens syfte och om varför fotosyntesen är livsviktig för alla levande organismer. Övriga 80 procent hade alternativa uppfattningar angående frågan. Eleverna klarade till viss del av att förklara gasutbyte i fotosyntesen, men få eleverna förstod att växter absorberar koldioxid och vatten för att bilda organiskt material. De flesta elever hade alternativa uppfattningar om hur växtmassan ökar och nämnde bl.a. att växterna växer tack vare jord och vatten, som den lever av. Endast 23 procent hade den korrekta uppfattningen om att växtmassan ökar tack vare de energirika organiska föreningar som växterna producerar i fotosyntesen. (Özay & Öztaş; 2003.)

Tabell 2

Alternativa uppfattningar om cellandningen

Cellandningens syfte är att minska koldioxiden och öka syret i luften (Tekkaya, 2002).
Cellandningens syfte är gasutbytet, där syre tas in och koldioxid avges (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Cellandning är det samma som andning (Tekkaya, 2002).
Cellandningen sker i lungorna (Tekkaya, 2002).
Växternas cellandning sker enbart under natten/ i mörker (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
En del djur (t.ex. evertebrater) har inte cellandning (Tekkaya, 2002).
Djur har aerob cellandning och växter har anaerob cellandning (Tekkaya, 2002).
Växter har inte cellandning, de har fotosyntes istället (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).

Angående cellandningen är det vanligt att studerande enbart fokuserar på gasutbytet och processen förväxlas ofta med andning. I sådana fall har studerande inte kunskap om cellandningens syfte, vilket är frigörande av energi i cellen. När studerande inte har tillräcklig kunskap om fotosyntesen och cellandningen på molekylnivå är det också vanligt att dessa processer uppfattas som varandras motsatser. Fotosyntes kan då uppfattas som växternas andning och cellandning som djurens andning. (Parker m.fl., 2012.) Elevers och studerandes förståelse av de biologiska processerna avspeglas också i deras begreppsanvändning. En korrekt och ämnesspecifik begreppsanvändning hör ofta samman med en vetenskaplig förståelse, medan informella resonemang ofta hör samman med alternativa uppfattningar (Bengtsson m.fl., 2017; Hartley m.fl., 2011.)

Tabell 3*Alternativa uppfattningar om energiflöde genom näringskedjan*

Energi används upp eller försvinner (Tatar & Oktay, 2007).
Energi kan "försvinna", "brännas bort" eller "användas upp" (Hartley m.fl., 2011).
Energi lagras i mat och bränsle (Tatar & Oktay, 2007).
Matspjälkningen är den process som frigör energi till kroppen (Tekkaya, 2002).
Växter får sin energi från marken, luften, solen, vinden, vattnet och djuren (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Djur får sin energi av sömn, luft, vattnet de dricker och genom att hållas varma (Tekkaya, 2002).
I naturen finns flera producenter än konsumenter, eftersom de får en större avkomma (Tekkaya, 2002).
Levande organismer interagerar inte med den icke-levande naturen (Tekkaya, 2002).
Starka organismer har mera energi än svaga organismer (Tekkaya, 2002).
Sammanblandning av energi och materia, t.ex. koldioxid och vatten innehåller energi som organismer kan utnyttja. (Hartley m.fl., 2011).
Växter kallas producenter eftersom de är mat och syrekälla för andra organismer (Köse, 2008; Özay & Öztaş, 2003).
Växter kallas producenter eftersom de producerar frukt och grönsaker åt människan (Köse, 2008; Özay & Öztaş, 2003).
Växter använder solljuset som energi för att växa (Köse, 2008).

Eleverna i Lins och Hus (2003) undersökning hade stora svårigheter med att förklara ämnes- och energiflödet mellan delarna i en näringskedja, dvs. mellan producenter, konsumenter och nedbrytare. Av eleverna uppvisade 76 procent en svag förståelse av ämnes- och energiflödet, medan 22 procent av eleverna hade en moderat förståelse och endast 2 procent av eleverna kunde anses ha en stark förståelse. Eleverna hade störst problem med att finna samband mellan den levande och den icke-levande naturen. Özay och Öztaş (2003) fann i sin undersökning att en stor del av eleverna såg näringskedjan som en form av ätande. Detta resulterade i att en näringskedja kunde konstrueras från konsument till producent, och pilar drogs från köttätare till växtätare och från växtätare till växt. I ett sådant fall förstår inte eleven flödet av energi och ämnen, som startar med växten och därefter överförs till växtätare och

köttätare (Gallegos m.fl., 1994). Studerandes uppfattningar om växternas tillväxt och energi har också visat sig vara bristfälliga (Parker m.fl., 2012). Studerande har bl.a. alternativa uppfattningar om termodynamikens första huvudsats, vilken är att energi inte kan skapas eller försvinna utan omvandlas från en form till en annan (Tatar & Oktay, 2007).

En alternativ uppfattning kopplad till själva begreppet är framträdande i Tabell 3, bl.a. användningen av termer som *bränns bort* och *användas upp* i fråga om energi visar på ett individcentrerat tänkande. Man förstår i sådana fall kanske inte att cellandningen också påverkar organismens omgivning (Hartley m.fl., 2011). Özay och Öztaş (2003) fann också att felaktig begreppsanvändning bland eleverna var mycket allmänt. Nästan 80 procent av eleverna i åldern 14–15 år hade alternativa uppfattningar om varför växter kallas producenter. Cirka hälften av eleverna svarade att *växterna producerar frukt, och därför kallas producenter*, medan 23 procent av eleverna trodde att det var på grund av att *växterna producerar syre*.

Tabell 4

Alternativa uppfattningar om nedbrytningen

Nedbrytningsprodukterna är energi för växterna (Köse, 2008; Hartley m.fl., 2011).
Vid nedbrytningen stannar allt i jorden (Helldén, 1999).
I nedbrytningen deltar inga organismer, det är jorden som bryter ner allt naturligt (Çetin, 2007).
Syret bryter ner dött material i marken (Çetin, 2007).
Bakterier producerar mineraler i nedbrytningsprocessen (Çetin, 2007).

Alternativa uppfattningar om nedbrytningen är t.ex. att nedbrytningsprodukter är energi för växterna (Köse, 2008; Hartley m.fl., 2011), vilken kan kopplas ihop med avvikande uppfattningar såsom: att *koldioxid, vatten, näringsämnen, mineraler och gödning är näring/mat för växterna* (Tekkaya, 2002). Sådana uppfattningar kan hänga ihop med att studerande har bristande kunskaper om materia, t.ex. att *ämnet koldioxid är för lätt för att kunna vara källan till växternas biomassa* (Hartley m.fl., 2011). Kunskap om ämnens karaktär är grundläggande för korrekta förståelser av naturens ämneskretslopp, vilket också innefattar förståelse av atomers och molekylers karaktär och kunskap om kemiska reaktioner. Studerande behöver alltså ha både kemisk och biologisk förståelse av materia och hur materian rör sig i naturen för att kunna uppfatta naturens kretslopp (Bengtsson m.fl., 2017; Vikström, 2015).

Studeringe behöuer förstå att ämnen kan ändra form och att ett grundämne är det samma oberoende om det är i fast, i flytande eller i gasform. Studeringe i alla åldrar har svårt att förstå att ett ämne är uppbyggt av fasta partiklar, som är i ständig rörelse och har ett vakuum mellan sig, vilket hänger samman med avvikande uppfattningar om atomers och molekylers karaktär. Det är t.ex. vanligt att studeringe tror att *molekyler är mycket större än de i verkligheten är* och att *molekyler kan variera i storlek*. Studeringe på universitetsnivå har ofta en god kunskap om atomens olika delar, men kunskap om interaktionen mellan atomerna är i många fall bristfällig. Alternativa uppfattningar om ämnenas fasövergångar förekommer alltså också på universitetsnivå. (Nakhleh, 1992.)

För att bilda sig en korrekt uppfattning om kolets kretslopp behöver studeringe förmå tänka komplext (Kali m.fl., 2003), och ha kunskap om materia och de enskilda ekologiska processerna. I en korrekt förståelse av kolets kretslopp kan studeringe spåra materia i interaktionen mellan processerna. Bristande systemtänkande är ofta ett problem bland studeringe, även på högre utbildningsnivå (Kali m.fl., 2003). I en undersökning på universitetsnivå där biologistuderandes uppfattningar om energi och materia kartlades, framkom att endast 12 procent av de studeringe kunde resonera vetenskapligt om ämnet innan de deltog i undervisning om temat. Andelen vetenskapliga resonemang ökade till 27 procent efter undervisningen, men hälften av de studeringe resonerade dock med en kombination av vardagligt och vetenskapligt tänkande. En andel på 22 procent uppvisade ett informellt vardagligt resonemang om energi och materia innan undervisningen. Denna andel sjönk till 16 procent efter undervisningen. (Hartley m.fl., 2011.) Ett bristande systemtänkande ligger många gånger till grund för utvecklingen av alternativa uppfattningar, liksom otillräckliga förkunskaper. I följande kapitel redogörs för orsaker till uppkomsten av alternativa uppfattningar.

2.3.1. Orsaker till studerandes alternativa uppfattningar inom kolets kretslopp

Forskning visar att studerandes svårigheter inom biologi ofta berör den komplexa karaktären hos ämnet (Bahar, 2003; Bahar m.fl., 1999; Çimer, 2011; Dedic m.fl., 2015; Düsing m.fl., 2019; Lazarowitz & Penso, 1992; Tekkaya, 2002; Tekkaya m.fl., 2001). När människan förklarar ett vetenskapligt fenomen utan tillräcklig kunskap fyller hen i bristen på kunskap med egna antaganden (Cardak & Dikmenli, 2016), vilket medför utveckling av alternativa uppfattningar.

Ofta bottenar dessa uppfattningar i en bristande förmåga till vetenskapligt tänkande (Kali m.fl., 2003).

Elever och studerande behöver gradvist utveckla ett vetenskapligt tänkande. Grundläggande för korrekta uppfattningar om ekologiska processer är att studerande förmår tänka hierarkiskt och komplext. Hierarkiskt tänkande innebär förmåga att förstå processer på atom-, molekyl-, cell, organism- och ekosystemnivå. Med denna insikt behöver studerande etablera ett systemtänkande, dvs. förstå de ekologiska processerna, se interaktionen mellan dem och samtidigt se kretsloppet ur ett helhetsperspektiv (Kali m.fl., 2003). Om en studerande inte har förmåga att resonera vetenskapligt kommer hen att skapa alternativa uppfattningar om det hen lär sig. (Hartley m.fl., 2011.) Eftersom fotosyntes, cellandning, näringskedjor och nedbrytning redan tidigt tas upp i grundskolan och eleverna då inte hunnit utveckla ett vetenskapligt tankesätt, tillägnar de sig kunskapen genom ett informellt tänkande. Av denna orsak är kunskapsinnehållet om de ekologiska processerna mycket förenklat i början av grundskolan, varefter det i högre årskurser ökar i komplexitet. Detta är nödvändigt för att eleverna ska kunna tillägna sig kunskapen, men samtidigt medför det risker. En förenklad bild av verkligheten ger utrymme för egna resonemang och därmed utveckling av alternativa uppfattningar. (Dedic m.fl., 2015; Lin & Hu, 2003.)

Vardagliga erfarenheter ligger många gånger till grund för uppkomsten av alternativa uppfattningar (Mintzes & Wandersee, 2005). Vardagliga erfarenheter kan orsaka bristande och/eller felaktiga förförståelser hos studerande när de uppfattar undervisningen utgående från vardagliga föreställningar. När komplexiteten kring de ekologiska processerna ökar i högre årskurser finns också en risk att studerande lägger sitt fokus på detaljer samtidigt som de glömmer helhetsbilden (Dedic m.fl., 2015). Studerande som endast memorerar detaljkunskap kan inte uppfatta helheten (Parker m.fl., 2012).

Bland vardagliga erfarenheter är framförallt vardagligt språkbruk en bidragande orsak till att alternativa uppfattningar utvecklas. Begreppens betydelse kan ha en annan betydelse i vetenskapliga sammanhang än i det talade vardagsspråket. Fotosyntesprocessen, som tidigt tas upp i grundskolans undervisning, innehåller många vardagliga termer. Solljus, koldioxid, vatten, gröna blad och energi är begrepp som barn tidigt bildar sig en uppfattning om. (Lin & Hu, 2003.) Bekanta ord är delvis ett stöd för lärandet, men samtidigt uppstår problem när den individuella uppfattningen om termerna strider med den vetenskapliga betydelsen. Elever och studerande bygger sin kunskap utgående från deras förståelse av begreppen och ifall förståelsen

av termerna är felaktig kan de inte till fullo förstå processerna. Betydelsen av ordet energi är t.ex. olika beroende på om ordet används i vardaglig eller i vetenskaplig kontext. Ett exempel på ett vardagligt uttalande är: jag har sovit gott och fått mycket energi. Detta kan leda till uppfattningen om att sömn skapar energi. (Tekkaya, 2002; Özay & Öztaş, 2003.) Om eleven har en bristfällig förståelse av vad energi är och varifrån energin kommer ser de inte heller kopplingen mellan fotosyntesen, celandningen och energiflödet i naturen (Gallegos m.fl., 1994).

Andra orsaker till uppkomsten av alternativa uppfattningar hos studerande är bristande och/eller felaktiga förförståelser, vilka utgör grunden för ny kunskap. När elever och studerande redan innan biologiundervisningen har en felaktig uppfattning om ett fenomen påverkas lärandet. Nya alternativa uppfattningar uppstår när ny kunskap fogas till gammal felaktig kunskap. (Ahopelto m.fl., 2011; Hewson & Hewson, 1983; Södervik m.fl., 2017; Özay & Öztaş, 2003.) Det finns kunskap som är väsentlig för att kunna förstå ny kunskap, och om eleven eller den studerande inte har den förkunskap som krävs för att lära sig ny kunskap skapar individen alternativa uppfattningar om fenomenet (Nakhleh, 1992). Om en studerande t.ex. inte förstår syftet med fotosyntesen och att kolet från koldioxiden binds i glukos, har hen svårigheter att förstå kolets kretslopp. (Tekkaya, 2002.)

2.3.1.1. Lärarens undervisning. Komplexiteten och kunskapens hierarkiska karaktär inom biologin sätter onekligen krav på undervisningen. Hartley m.fl. (2011) anser att den traditionella biologiundervisningen är en av de största orsakerna till att studerande utvecklar avvikande uppfattningar om kolets kretslopp. För en korrekt uppfattning krävs, förutom förmågan att själv tänka komplext och hierarkiskt, också ämnesöverskridande kunskap och kunskap om alla delar som ingår i kolets kretslopp. Kunskaper inom fenomenet kolets kretslopp ryms inte in under biologin, utan berör också kunskaper inom kemi, geografi och matematik. Det är väsentligt att undervisningen betonar förståelsen av de biologiska processerna, men samtidigt behöver undervisningen betona interaktioner mellan dem. Det finns alltså en risk med att undervisningen bedrivs enligt delområden och att fokus främst ligger på förståelse av enskilda ekologiska processer (Hartley m.fl., 2011).

Livet är som ett stort nätverk där olika delar är sammanlänkade, vilket studerande behöver förstå för att skapa sig en vetenskaplig helhetsuppfattning och utveckla sitt systemtänkande (Kali m.fl., 2003; Lin & Hu, 2003; Waheed & Lucas, 1992). Läraren har en stor inverkan på elevers och studerandes uppfattningar. Forskning visar på ett samband mellan

lärarens metoder i undervisningen och utvecklingen av alternativa uppfattningar hos studerande. Om läraren själv har alternativa uppfattningar och bristande ämneskunskap är sannolikheten mycket stor att studerande också bildar alternativa uppfattningar (Köse, 2008). Klasslärare i Finland har, i likhet med övriga delar av världen, också alternativa uppfattningar om vetenskapliga fenomen. Hela 40–80 procent av klasslärare uppvisade i en långtidsstudie samma alternativa uppfattningar inom grundläggande kemi, som barn uppvisat i 5–12 års åldern. (Hemmi m.fl., 2020.)

Inom undervisningen är också lärares bedömning mycket viktig, vilken ska stödja och främja lärandet (Utbildningsstyrelsen, 2019). I skriftliga provsvar, som inte mäter studerandes förståelse, är det möjligt att studerande skriver ett korrekt svar trots att hen inte har en korrekt uppfattning. Ändamålsenliga bedömningsmetoder främjar korrekta uppfattningar, medan bedömning som inte är genomtänkt kan orsaka utveckling av alternativa uppfattningar bland studerande. En medveten och kompetent lärare kan därmed genom god pedagogisk förmåga motverka utvecklingen av alternativa uppfattningar, vilket bl.a. diskuteras i följande kapitel. (Tekkaya, 2002.)

2.3.2. Bearbetning av studerandes alternativa uppfattningar inom kolets kretslopp

För att studerande ska kunna bearbeta sina alternativa uppfattningar och utveckla en mer korrekt förståelse behöver de själva inse att deras uppfattningar är avvikande och finna förklaringar som är vetenskapligt korrekta. En förutsättning för detta är att studerande utvecklas i deras vetenskapliga tänkande (Lin & Hu, 2003; Tekkaya, 2002; Özay & Öztaş, 2003). En viktig aspekt inom det vetenskapliga tänkandet är systemtänkande, vilket redogörs för mera ingående i kapitel 2.4. En studerande som har utvecklats inom vetenskapligt tänkande och systemtänkande kan spåra materia och energi på alla hierarkiska nivåer. Hen förstår t.ex. att materia inte plötsligt kan förvandlas till energi och att energi inte kan försvinna. Hen kan också redogöra för hur atomer omorganiseras i olika molekyler och hur materia ändrar form från gasform, till flytande form och till fast form. (Hartley m.fl., 2011.) Tecken på att studerande besitter ett utvecklat systemtänkande inom ett ämneskretslopp är att hen kan spåra ämnet genom de ekologiska processerna och samtidigt se kretsloppet ur ett helhetsperspektiv (Kali m.fl., 2003).

2.3.2.1. Lärares förhållningssätt till alternativa uppfattningar i undervisningen.

Lärares didaktiska förmåga och undervisningsmetoder är väsentliga för studerandes

vetenskapliga tankeutveckling (Rosenkränzer m.fl., 2017). Genom undervisningen kan lärare hjälpa studerande att inse vilka alternativa uppfattningar de besitter och därefter hjälpa dem att bearbeta dessa. För att detta ska lyckas är det grundläggande att lärare själva har korrekta uppfattningar och är medvetna om deras egna uppfattningar. Lärare behöver därtill ha kännedom om vilka alternativa uppfattningar som är vanligt förekommande och vilka avvikande uppfattningar som studerande besitter. Med sådan information kan lärare genomföra en medveten undervisning, som främjar korrekt kunskap. Särskild uppmärksamhet i undervisningen behöver fästas vid de riskfaktorer som tenderar att orsaka alternativa uppfattningar, vilka diskuterades i föregående kapitel. (Hartley m.fl., 2011; Hemmi m.fl., 2020; Tekkaya, 2002.)

När lärare ska hjälpa studerande att finna lösningar till sina alternativa uppfattningar vore det viktigt att tillämpa ett tillvägagångssätt som inte upplevs negativt av studerande. Under 1980-talet och 1990-talet ansåg forskare att lärare skulle utmana studerandes tänkande för att eliminera felaktiga uppfattningar, för att dessa uppfattningar sedan skulle kunna bytas ut mot korrekta uppfattningar. Nyare forskning uppmanar däremot lärare till att hjälpa studerande identifiera och bearbeta de alternativa uppfattningarna. En alternativ uppfattning innehåller som sagt en blandning av både felaktig och korrekt kunskap. Med bearbetning av avvikande uppfattningar menas därmed att studerande erhåller en djupare förståelse kring sina egna uppfattningar, vilka därefter utvecklas till mer vetenskapligt korrekta uppfattningar. Hela uppfattningen behöver alltså inte raderas ur minnet, utan det är den felaktiga kunskapen som är bunden till en viss uppfattning som behöver förändras. (Maskiewicz & Lineback, 2013.)

2.3.2.2. Undervisningsmetoder kan hjälpa studerande att bearbeta sina alternativa uppfattningar. Det finns flera metoder lärare kan tillämpa i undervisningen för att stöda studerande i deras bearbetning av alternativa uppfattningar. Sådana metoder är t.ex. *öppna frågor*, *tankekartor*, *teckningar* och *intervjuer*. Teckningar tillsammans med individuella intervjuer har visat sig vara en särskilt effektiv metod för att undersöka vilka uppfattningar studerande har om bl.a. fotosyntes och cellandning. (Köse, 2008.) En annan undervisningsmetod som visat sig vara användbar inom biologiämnet är principbaserat tänkande (Hartley m.fl., 2011; Thinking like a biologist, 2019).

Vid *principbaserat tänkande* (eng. principled thinking) närmar sig den studerande lärostoffet som en biolog. Fokus ligger på energiprincipens lagar om att materia och energi inte kan nybildas eller förstöras. Studerande behöver förstå att atomer är grunden i materia och

därefter finna hierarkiska samband mellan mikro- och makronivå (Vikström, 2015). Att använda principbaserat tänkande i undervisningen om kolets kretslopp handlar om att studerande ska fästa uppmärksamhet vid kolet som materia och att de ska kunna spåra kolets färd genom kretsloppet, (från atmosfären, genom de ekologiska processerna, tillbaka till atmosfären). (Thinking like a biologist, 2019.)

I en amerikansk undersökning användes principbaserad undervisning, enligt projektet Thinking like a biologist. Över 500 universitetsstuderande deltog och vägledades till insikt och bearbetning av sina egna avvikande uppfattningar. De studerandes uppfattningar testades före och efter deltagande i en, två eller tre lektioner, där principbaserad undervisning tillämpats. Genom undervisningen ökade antalet korrekta vetenskapliga resonemang från 12 procent till 27 procent, medan andelen avvikande informella resonemang minskade från 22 procent till 16 procent. Majoriteten av de studerande som deltog i undersökningen (58 procent i första testet och 50 procent i andra testet) använde dock en blandning av både vetenskapliga och informella resonemang. Ett av de främsta exemplen på sådana resonemang var att studerande uppfattade att osynliga processer (såsom gasutbyte) sker, men saknade förståelse av detta på atom- och molekylnivå. Andra exempel var bl.a. att studerande använde en stor del vetenskapliga termer utan att kunna förklara den biologiska processen, och att studerande tvärtom förklarade processerna med ett mycket vardagligt språk.

En annan metod som är användbar att tillämpa i undervisningen är konstruerande av *begreppskartor* (eng. concept mapping). En begreppskarta konstrueras med huvudordet högst upp, vilket därefter länkas samman med underliggande begrepp. Pilar eller streck länkar samman begreppen med varandra och innehåller ett eller några ledord som klargör sambandet mellan begreppen. När studerande skapar dessa begreppskartor bildar de sig en uppfattning om sitt tänkande, vilket hjälper dem att upptäcka sina avvikande uppfattningar. Begreppskartor som konstrueras för ämneskretslopp stöder också studerande att fokusera på ämnet i kretsloppet. I fråga om kolets kretslopp hjälper det alltså studerande att fokusera på kolatomen som cirkulerande enhet och att finna interaktionen mellan de ekologiska processerna i kretsloppet. (Fisher, 2001; Guastello m.fl., 2000; Kinchin, 2000; Tekkaya, 2002.)

En tredje metod lärare kan använda sig av är *texter med begreppsförändring* (eng. conceptual change text). Målet med metoden är att medvetandegöra studerande om deras korrekta och avvikande uppfattningar. Uppgiften är att läsaren (den studerande) ska upptäcka alternativa uppfattningar som läraren infogat i en text kring ett vetenskapligt fenomen. När

läsaren upptäcker textens brister värderar hen samtidigt sina egna uppfattningar. Metoden kan fungera som en form av självbedömning, vilket gymnasiestuderande bör ges möjligheter till under sina studier (Utbildningsstyrelsen, 2019). När den studerande har identifierat de avvikande förklaringarna i texten kan hen därefter forma en vetenskaplig förklaring. Enligt tidigare forskning lämpar sig texter med begreppsförändring särskilt bra för alternativa uppfattningar som fått ett starkt fäste hos en studerande. (Çaycı, 2018; Tekkaya, 2002.)

2.3.2.3. Medveten undervisning främjar korrekta uppfattningar. Eftersom informellt och vardagligt språkbruk är en av de främsta orsakerna till alternativa uppfattningar bör läraren vara särskilt uppmärksam på sin egen och studerandes språkbruk (Andersson, 2008; Gallegos m.fl., 1994; Hartley m.fl., 2011; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003). Ord vars betydelse i andra kontexter kan variera från den vetenskapliga betydelsen kan läraren behöva klargöra. Bland sådana begrepp kan t.ex. *energi*, *cellandning*, *bindning*, *atom* och *molekyl* nämnas. Om studerande uppvisar alternativa uppfattningar gällande begrepp eller biologiska processer som är grundläggande för en korrekt kunskap är det viktigt att läraren behandlar detta i sin undervisning. (Tekkaya, 2002; Thinking like a biologist, 2019.)

Lärarens bedömning bör främja lärande (Utbildningsstyrelsen, 2019). I en medveten undervisning är följaktligen bedömningen en viktig del. Frågornas utformning i summativa prov har en stor betydelse, vilka bör kontrollera studerandes uppfattningar och det vetenskapliga tänkandet. Formativ bedömning är också viktig för att motverka att avvikande uppfattningar blir bestående bland studerande. Problematiken kring läromedlen som används i undervisningen medför att lärare behöver känna till de läromedel som används och vara medveten om dess brister och dess möjligheter. (Lin & Hu, 2003; Tekkaya, 2002.) Till exempel kan det hända att innehåll i läromedlen i biologi presenteras på ett sådant sätt att det kan ge upphov till alternativa uppfattningar (King, 2009; Storey, 1989). Sådana risker finns också med läromedelsserien Korall, som används i finlandssvenska skolor. Framställningen av kolets kretslopp i Korall behandlades i kapitel 2.2.

Trots att läraren utför en god undervisning kvarstår faktumet att en god undervisning inte är någon garanti för att studerande inte utvecklar alternativa uppfattningar. Sist och slutligen är det studerande som tillägnar sig kunskapen och de har själva ett ansvar över sitt eget lärande (Utbildningsstyrelsen, 2019). Studerandes egen motivation och flit påverkar i hög grad deras kunskaper, vilket de själva också är medvetna om (Çimer, 2011). Studerande som finner motivation och mening med sina studier lär sig bevisligen bättre (Cordova m.fl., 2014;

Fisher, 2001). Det är nödvändighet att gymnasiet främjar studerandes studiemotivation på olika sätt och sporrar dem till livslångt lärande (Utbildningsstyrelsen, 2019).

2.4. Systemtänkande

Systemtänkande (eng. systems thinking) är en förmåga att tänka komplext som behövs både inom vetenskapen och det vardagliga livet. Begreppet systemtänkande har ingen enhetlig definition, men kan förstås genom identifiering av de delar som finns i ett system och identifiering av hur dessa delar interagerar med varandra (Braeutigam & Reiss, 2020). Kali m.fl. (2003) använder i sin forskning en definition av O'Connor och McDermott, som baserar sig på denna princip. De förklarar ett system likt en enhet som upprätthåller dess existens och funktion i sin helhet genom interaktioner mellan systemets delar. Tre nivåer kan urskiljas i systemet: a) förståelse av delar i systemet, b) förståelse av länkar mellan delarna och c) förståelse av systemets helhet. (Kali m.fl., 2003.) Med tanke på kolets kretslopp kan den första nivån i O'Connors och McDermotts definition relateras till förståelse av var kol finns i naturen och till förståelse av de ekologiska processerna. Den andra nivån kan relateras till förståelse av kolatomens väg mellan delarna i kretsloppet, vilket framförallt sker genom de ekologiska processerna i ekosystemet. Den tredje nivån kan slutligen relateras till förståelse av kolatomens väg från atmosfären och tillbaka till atmosfären och därtill förmåga att se kretsloppet ur ett globalt perspektiv. Dessa tre nivåer av systemtänkande har fungerat som inspiration till analysen av datamaterialet, vilket framkommer i metodkapitlet.

2.4.1. Systemtänkande i undervisningen

Systemtänkande är en grundläggande färdighet för att studerande ska utveckla korrekta uppfattningar om naturens kretslopp (Kali m.fl., 2003). Braeutigam och Reiss (2020) poängterar därtill att systemtänkande är en central förutsättning för att studerande ska utveckla förståelse av klimatförändringen. Det vore därmed viktigt att lärare i biologi och geografi skulle inkorporera övning av systemtänkande i undervisningen. (Braeutigam & Reiss, 2020; Rosenkränzer m.fl., 2017.)

För att undervisningen ska främja systemtänkande är det nödvändigt att lärare själva har ett utvecklat systemtänkande och en god ämneskunskap. Ännu mera väsentligt tycks det dock vara att lärare har en god didaktisk förmåga att undervisa om komplexa system (Rosenkränzer

m.fl., 2017.) Detta kan t.ex. handla om att lärare lyfter fram interaktioner mellan olika delar i ett system för att hjälpa studerande att utveckla förståelse av interaktioner mellan delarna i systemet (Chi m.fl., 2012). Det är viktigt att studerande vägleds i sitt tänkande, eftersom människor i allmänhet tenderar att tänka enkelt om kausala effekter i komplexa system. Med detta menas ett tänkande där ett envägs förhållande beskrivs mellan objekt A och objekt B, trots att verkligheten egentligen kanske är att A påverkar B och C, vilka i sin tur påverkar varandra och där förhållandet kan vara flervägs. Utan ett utvecklat systemtänkande är det vanligt att människor endast beskriver ytliga delar i ett system, utan att redogöra för interaktioner mellan delarna och vad detta har för betydelse ur ett helhetsperspektiv. Med tanke på detta poängterar Rosenkränzer m.fl. (2017) att det vore viktigt att systemtänkande och didaktiken kring systemtänkande skulle främjas inom lärarutbildningen. (Sweeney & Sterman, 2007.)

För att studerande ska utveckla sina kognitiva förmågor och kunna erhålla en djupare förståelse kring naturens kretslopp kan det vara nödvändigt att öva systemtänkande i undervisningen. I en israelisk studie undersöktes utvecklingen av elevers systemtänkande kring det geologiska kretsloppet. Efter undersökningen hade endast ett fåtal av eleverna (som var i 12-års åldern) uppnått den nivå av systemtänkande som krävdes för en korrekt förståelse av kretsloppet. Forskningen visade dock att aktiviteterna utvecklade sådana kognitiva förmågor hos eleverna som är nödvändiga för att nå högre nivåer av systemtänkande. Aktiviteterna gick ut på att integrera lärande av kunskap och lärande av systemtänkande. Ett exempel på en aktivitet som forskarna använde var att konstruera kretslopp utgående från väsentliga komponenter parallellt med undervisningen. Detta utfördes genom att läraren först presenterade en modell med de väsentliga begreppen, vilka i detta fall alltså var kopplade till det geologiska kretsloppet (bl.a. sedimentära bergarter, metamorfa bergarter och magma). Efter olika undervisningsmoment, som behandlade geologiska processer, skulle eleverna förena de geologiska begreppen genom att rita pilar och skriva ut vilka processer som äger rum mellan begreppen. Den färdiga begreppsmodellen av kretsloppet hjälpte därmed eleverna att upptäcka förhållandet mellan de olika delarna i kretsloppet. (Kali m.fl., 2003.)

3. Metod

Detta kapitel inleds med en redogörelse för valet av avhandlingens metod och forskningsansats. Därefter beskrivs datainsamlingsmetod och undersökningens genomförande, följt av beskrivningar av analysmetod och analysens tillvägagångssätt. Slutligen diskuteras etik, tillförlitlighet och trovärdighet.

3.1. Val av metod

För att få tillgång till en tillräcklig mängd datamaterial för analys valdes kvalitativa halvstrukturerade intervjuer som datainsamlingsmetod, vilka kompletterades med teckningar av kolets kretslopp. Eftersom syftet är att undersöka studerandes uppfattningar valdes forskningsansatsen fenomenografi och analysmetoden meningskoncentrering. Under analysen kategoriserades också datamaterialet, vilket var fördelaktigt med tanke på resultatframställningen i tabeller.

3.2. Forskningsansats

Forskningsansatsen i denna undersökning är fenomenografi, vilket är en kvalitativ forskningsansats där strävan är att beskriva människors förståelser och uppfattningar genom djupa analyser av material från enskilda personer. Fenomenografin växte fram ur det empiriska forskningsområdet på 1970-talet genom en forskargrupp vid Göteborgs universitet. Den pedagogiska forskargruppens intresseområde var *vad* som lärdes in framom den traditionella ansatsen om *hur mycket* som lärdes in. Ordet fenomenografi beskriver också väl forskningsansatsens fokus. *Fenomeno(n)* härstammar från grekiskans *phainomenon* och betyder *det som visar sig*, medan *grafia* handlar om att *beskriva i ord och i bild*. Fenomenografin handlar alltså om *beskrivning av det som visar sig*, vilket sätter den sinnliga uppfattningen av ett fenomen i fokus. (Alexandersson, 1994.) Ansatsen lämpar sig därför väl för studier vars syfte är att undersöka uppfattningar om ett specifikt fenomen, vilket i denna avhandling alltså är kolets kretslopp. (Dahlgren & Johansson, 2009; Larsson, 1986.)

Inom den fenomenografiska ansatsen finner forskare den grundläggande informationen i skillnader mellan hur människor uppfattar ett fenomen och hur fenomenet i verkligheten fungerar. Uppfattningar är kvalitativa skildringar av fenomen i omvärlden och eftersom

uppfattningarna är personliga kan samma fenomen uppfattas på olika sätt. (Dahlgren & Johansson, 2009; Larsson, 1986.) Metodiken som används för datainsamling och analys varierar beroende på forskningens syfte, men trots det är en del gemensamma karaktärsdrag framträdande. Datamaterialet samlas in genom intervju och uppfattningarna bestäms genom analys av informanternas utsagor. Därefter redovisas resultaten i beskrivningskategorier, vilka bör sammanfattas gemensamt. (Alexandersson, 1994.)

Fenomenografiskt inriktade forskare avgör ofta djupet av en uppfattning enligt hur många aspekter av ett fenomen som uppfattningen innehåller och om aspekterna är sammanlänkade till varandra eller ej. I vissa fall är det möjligt att hierarkiskt kategorisera uppfattningar enligt denna princip. Överst i hierarkin befinner sig då djupa uppfattningar, som inkluderar många aspekter med korrekta sammankopplingar. Lägre ner i hierarkin är svagare uppfattningar som endast inkluderar få aspekter, och vilka inte innehåller korrekta sammankopplingar mellan aspekterna. Detta är principen jag har använt mig av i analysen av informanternas uppfattningar, vilket redogörs för i kapitel 3.6. Datamaterialet har också samlats in enligt den metod som oftast tillämpas inom fenomenografin, dvs. halvstrukturerade intervjuer (Dahlgren & Johansson, 2009.)

3.3. Datainsamlingsmetod

Valet av intervju som datainsamlingsmetod för undersökningen var ett klart val redan i början av skrivprocessen. Valet av den halvstrukturerade intervjun klarnade också ganska snart, eftersom jag ville försäkra mig om att datainsamlingsmetoden främjar informantens fria tänkande och samtidigt håller intervjusamtalet inom ämnet. För att få tillgång till ett omfattande datamaterial valde jag att kombinera teckningar med personliga intervjuer, vilket är en effektiv datainsamlingsmetod för undersökning av studerandes uppfattningar om komplexa processer (Köse, 2008). Som namnet beskriver innehåller den halvstrukturerade forskningsintervjun både strukturerade och ostrukturerade moment. Detta betyder att intervjun inte kräver en strikt utformad intervjuguide, utan den kan t.ex. utgöras av en översikt av de ämnen som ska behandlas under intervjun. Frågorna i intervjuguiden behöver inte heller vara exakt utformade och ordningsföljden behöver inte vara förutbestämd. Det är upp till intervjuaren att själv avgöra vilka moment i den halvstrukturerade intervjun som är strukturerade och vilka som är

ostrukturerade. (Kvale & Brinkmann, 2014.) Vad som är strukturerat och vad som är ostrukturerat bör dock preciseras (Trost, 2010).

Inom fenomenografin är det viktigt att intervjuaren inte strävar efter att försöka få informanterna att ge ett korrekt svar enligt en bedömningsgrund, utan intervjufrågorna behöver formuleras för att enbart undersöka informanternas tänkande (Alexandersson, 1994). För att lyckas med detta på bästa möjliga vis valde jag att dela upp undersökningens genomförande i två skilda delar. Den första delen av undersökningen var ett helt strukturerat moment, vilket bestod av tre inledande frågor och ett teckningsunderlag. Frågornas syfte var att få informanterna att reflektera kring kolets kretslopp innan de skulle börja rita. Därefter ritade informanterna kolets kretslopp på teckningsunderlag, vilka var utskrivna kopior av en modell jag hade ritat (bilaga 4). En noggrannare beskrivning av undersökningens genomförande ges i kapitel 3.5.

Nödvändigheten av att använda ett färdigt teckningsunderlag för delmoment ett avgjordes efter en första pilotstudie. Denna pilotstudie utfördes utan teckningsunderlag tillsammans med en gymnasiestuderande, som uppfyllde kraven för deltagande i min undersökning. Efteråt kunde jag konstatera att de tre inledande frågorna inte skulle vara ett tillräckligt stöd för att rita kolets kretslopp på ett tomt papper, utan att ett teckningsunderlag behövdes därtill. I tidigare forskning, där uppfattningar om kolets kretslopp undersökts, har också teckningar utgående från färdiga teckningsunderlag använts som datainsamlingsmetod (Düsing m.fl., 2019), vilket styrkte mitt beslut. Jag vägde också för- och nackdelar mot varandra i valet av att själv rita en naturbild eller i att använda ett naturfoto som underlag. Eftersom jag kunde avgöra vilka delar som skulle finnas med i en ritad bild valde jag att själv rita teckningsunderlaget. Jag bedömde också att det är mera fördelaktigt för informanten att själv rita och skriva på ett ritat underlag. När teckningsunderlaget var klart utformades en specifik intervjuguide för intervjutillfället, eftersom en intervjuguide oftast behövs för att kunna genomföra en bra kvalitativ intervju (Kvale & Brinkmann, 2014). En andra pilotstudie genomfördes sedan tillsammans med en universitetsstuderande i pedagogik, som läst ett kort biämne (25 sp) i biologi. Tillsammans med hen diskuterades också teckningsunderlaget och intervjuguiden efter pilotstudien. Vi konstaterade tillsammans att upplägget främjar informantens eget tänkande och uppfattningar om kolets kretslopp.

Intervjuguiden (bilaga 2) är strukturerad i block, med korta intervjufrågor för varje block. Frågorna är korta och enkla, eftersom det är viktigt för att underlätta förståelsen av

frågorna (Kvale & Brinkmann, 2014). Ett block behandlar ett särskilt delområde inom kolets kretslopp, t.ex. finns ett block med frågor om fotosyntesen, ett block med frågor om cellandningen och ett block med frågor om nedbrytningen. Intervjufrågorna var utformade på förhand och alla behandlades under intervjutillfället, vilket därmed var en strukturerad del av intervjun. Hur eller när frågorna diskuterades var däremot inte förutbestämt, vilket var en ostrukturerad del av intervjun. Frågorna behandlades vart efter ett visst delområde i kretsloppet kom på tal. Om informanten gav ett tillräckligt uttömmande svar på en intervjufråga utan att jag hade ställt frågan räknades den som behandlad under intervjun. Om en informant däremot inte gav ett tillräckligt omfattande svar på en intervjufråga kunde jag ställa följdfrågor. I vissa fall behövde jag också ställa ledande frågor för att informanten skulle ledas in till att tänka på ett visst fenomen. Om informanten t.ex. inte kom att tänka på fotosyntesen, kunde jag fråga om trädet har någon del i kolets kretslopp. De ledande frågornas syfte var alltså att leda in informanternas tänkande på ett visst föremål på bilden, utan att påverka deras uppfattningar om kolets relation till föremålet. En del väsentlig information tillät jag mig att avslöja under intervjun för att komma åt informanternas uppfattningar. Sådan info var att nämna kolatomen som cirkulerande partikel i kretsloppet, ifall en informant inte tänkte på detta. Att kolatomen är den cirkulerande enheten i kolets kretslopp avslöjades också för de informanter som deltog i undersökningen av Düsing m.fl. (2019), vilken också undersökte uppfattningar om kolets kretslopp. Utöver detta tillät jag mig också att nämna begreppen: fotosyntes, cellandning, nedbrytning och näringskedja, ifall det visade sig vara nödvändigt.

Avslutningsvis ställde jag frågan om informanten ville tillägga någonting i sin beskrivning av kolets kretslopp. Därefter kontrollerade jag en checklista med begrepp för att försäkra mig om att om att alla de väsentliga begreppen behandlades under intervjusamtalet (bilaga 3). Om något begrepp inte hade kommit på tal frågade jag informanten om dess betydelse och anknytning till kolets kretslopp.

3.4. Urval och avgränsningar

För urvalet av informanter kontaktade jag ett gymnasium och pratade med ämnesläraren i biologi. Med hjälp av biologiläraren som gymnasiets företrädare valde jag ut informanterna. Biologiläraren frågade efter frivilliga deltagare samtidigt som hen framförde mina kriterier för deltagande i undersökningen, dvs. att studerande skulle ha avlagt de två första obligatoriska

gymnasiekurserna i biologi och var villiga att visa sina vitsord i biologi till mig. Med biologilärarens hjälp skulle urvalet innefatta studerande med låga vitsord (5–6) i biologikurs två, studerande med medelhöga vitsord (7–8) i biologikurs två och studerande med höga vitsord (9–10) i biologikurs två. Orsaken till denna princip var att försäkra mig om att inte endast de studerande som har de högsta vitsorden skulle delta i undersökningen, och därmed kanske öka chanserna för varierande uppfattningar om kolets kretslopp. Jag valde att se på vitsorden i biologikurs två, eftersom kolets kretslopp behandlas i denna kurs. Med biologilärarens hjälp var totalt sju studerande intresserade av att delta i undersökningen. Fördelningen mellan vitsorden blev 2 + 3 + 2, dvs. två informanter med lägre vitsord, tre informanter med medelhöga vitsord och två informanter med höga vitsord.

Min ursprungliga plan för urval av informanter i det första delmomentet (rita kretsloppet) var dock 3 + 3 + 3, dvs. tre informanter med låga kursvitsord, tre informanter med medelhöga kursvitsord och tre informanter med höga kursvitsord. Utgående från dessa var planen att jag skulle välja informanter till det andra delmomentet (intervjuerna) genom lottdragning inom vitsordsgränserna. Planen för intervjuerna var alltså 2 + 2 + 2. Syftet med detta var att vid behov kunna kalla in informanter till intervju, ifall datamaterialet skulle visa sig vara för litet med endast sex informanter. Men, eftersom det visade sig vara svårt att finna frivilliga studerande till undersökningen bestämde jag mig för att 2 + 2 + 2 skulle vara tillräckligt för hela undersökningen. Slutligen blev antalet informanter ändå sju stycken, eftersom biologiläraren först hade sökt efter totalt nio informanter. Då syftet med en jämn vitsordsspridning bland informanterna enbart var för att öka chanserna för varierande svar visade sig fördelningen 2 + 3 + 2 vara fungerande.

Ämnet för undersökningen avslöjades inte för informanterna på förhand, men biologiläraren framhöll att temat för undersökningen var naturvetenskapligt. Läraren framhöll också att de studerandes anonymitet beaktas och att undersökningen inte skulle vara ett test för bedömning av deras kunskaper, som skulle kunna påverka deras vitsord i gymnasiet. Jag höll kontakt med biologiläraren under urvalsprocessen och när allt var klart genomfördes undersökningen.

3.5. Undersökningens genomförande

Undersökningen är genomförd i ett svenskspråkigt gymnasium i Finland. Undersökningens två delmoment var individuella, trots att informanterna utförde det första delmomentet samtidigt i ett av skolans rum. Det andra delmomentet utfördes enskilt tillsammans med forskaren i samma rum. Hela undersökningen genomfördes under samma dag, vilket kom att ta en hel skoldag.

Jag träffade samtliga informanter i ett av skolans rum. Jag tackade alla för deras frivilliga deltagande i undersökningen och berättade för informanterna hur undersökningen skulle gå till. Jag började med att berätta om undersökningens syfte och framhöll speciellt att undersökningen enbart söker efter de studerandes uppfattningar och att de inte behövde vara rädda för att skriva precis vad de tänkte. Jag uppmuntrade alltså alla till att vara ärliga med sina uppfattningar och försäkrade dem alla att de skulle vara anonyma i avhandlingen. Samtliga informanter undertecknade därefter blanketten för godkännande av deltagande i undersökningen (bilaga 1) och varje informant tilldelades ett nummer som de skrev ner på blanketten. Därtill antecknade informanterna sina vitsord i biologi och signerade sina blanketter med namnunderskrift. Blanketterna samlades därefter in med baksidan uppåt och gavs till biologiläraren. Hen granskade att informationen var riktig och avlägsnade den nedre delen med informanternas underskrifter. Den övre delen med informanternas nummer och vitsord i biologi överlämnades sedan åt mig och den nedre delen med underskrifter skulle biologiläraren bevara tills avhandlingen är färdigställd, för att därefter förstöras. Eftersom de två delmomenten utförs under olika tider under skoldagen bad jag också informanterna lova att inte läsa in sig på ämnet inför intervjutillfället, eftersom detta skulle förstöra mina resultat. Informanterna lovade därtill att inte prata med varandra om sina svar innan undersökningen var klar. När informanterna var klara över hur allt skulle gå till lade jag fram chokladstänger som alla fick som tack när de var klara med delmoment ett i undersökningen.

3.5.1. Undersökningens två delmoment

Det första delmomentet utfördes individuellt i grupp under min övervakning. Först ställdes tre inledande skriftliga frågor, (*Vad är kol?*, *Var finns kol?* och *Vad är ett kretslopp?*). Informanter besvarade frågorna inom åtta minuter. Därefter introducerades teckningsuppgiften och informanterna ritade kolets kretslopp med hjälp av teckningsunderlaget. Informanterna fick instruktioner om att redogöra noggrant för kolets kretslopp med stöd av bilden. Jag poängterade

att informanterna fick använda underlaget som de ville genom att skriva i bilden, rita till objekt i bilden och färglägga. Tiden för teckningsuppgiften var tio minuter, men det var också tillåtet att sitta längre. Ingen informant ville gå över tiden och när tio minuter hade gått lämnade samtliga informanter in sina teckningar. Därefter påbörjades det andra delmomentet, intervjuerna.

Den planerade tiden för det andra delmomentet, de enskilda intervjuerna, var 30 minuter. Detta visade sig vara en bra plan, eftersom den kortaste intervjun var 18 minuter lång och den längsta var 34 minuter lång. Innan intervjun påbörjades frågade jag informanten om jag fick spela in intervjun med min telefon, vilket alla gav sitt godkännande till. Därefter påbörjades intervjun med stöd av intervjuguiden. Till att börja med fick informanterna berätta om sina svar till de tre inledande frågorna. Sedan övergick samtalet till kretsloppsbilden, vilken jag och informanten tittade gemensamt på under intervjun. Inledningsvis styrde jag samtalet till trädet på bilden. Där diskuterade vi uppfattningar om fotosyntesen och intervjufrågorna kring blocket för fotosyntesen. När vi var klara med detta ställde jag frågan: vart far kolet sen? Beroende på hur informanterna svarade utvecklades diskussionen i riktning mot ett nytt block i intervjuguiden. Som en följd av detta blev intervjuerna kronologiskt sett olika, men samtliga block och frågor behandlades under varje intervju. Orsaken till att informanterna själva fick styra över diskussionen var att de skulle få prata så fritt som möjligt om sin kretsloppsbild. Som tidigare nämnts, behandlades också intervjufrågorna lite olika p.g.a. informanternas förklaringar om frågorna. Exempelvis kunde det räcka med ett konstaterande från min sida på frågan om var fotosyntesen sker, ifall informanten självmant förklarar att fotosyntesen sker i bladens kloroplaster. Medan jag behövde ställa frågor ifall informanterna inte själv uttryckte sin förståelse. Innan jag avslutade intervjun kontrollerade jag att samtliga frågor behandlats i intervjuguiden och att orden i begreppslistan också behandlats. Slutligen ställde jag frågan om informanten ville tillägga någonting till intervjun och därefter avslutades intervjusamtalet.

3.6. Databearbetning och analys

I analysprocessen av forskningsfrågorna 1–3 har jag utgått från Elo och Kyngäs (2008) modell för kvalitativt tillvägagångssätt vid bearbetning, organisering och resultatframställning av forskningens datamaterial. Användningen av modellen är anpassad efter datamaterialet, eftersom den kvalitativa analysen kan variera beroende på datamaterial och det inte finns några

enkla riktlinjer för hur en kvalitativ analys bör genomföras (Elo & Kyngäs, 2008). Jag har följt den induktiva strategin i modellen, eftersom den deduktiva strategin används vid undersökningar där befintliga data testas i en ny kontext (Elo & Kyngäs, 2008). Eftersom karaktären hos forskningsfråga 4 är annorlunda i jämförelse med de tre första forskningsfrågorna har analysen av forskningsfråga 4 inspirerats av O'Connors och McDermotts definition av systemtänkande, som framkommer i forskningen av Kali m.fl. (2003). Systemtänkande delas in i tre nivåer: a) förståelse av delarna i systemet, b) förståelse av länkarna mellan delarna och c) förståelse av systemets helhet. I kombination med informanternas uttalanden och de tre nivåerna av systemtänkande utarbetades en analysmodell (Figur 3) för forskningsfråga fyra. Analysmodellen redogörs för senare i detta kapitel. Analysmetoden jag använt mig av under databearbetningen och analysen är meningskoncentrering, vilket innebär att informanternas uttalanden koncentreras och presenteras i en komprimerad form (Kvale & Brinkmann, 2014).

Den första nivån av systemtänkande: a) delar i systemet, utgörs av allt som innehåller kol i kolets kretslopp. Både förståelse av vad kol är och var kol finns är väsentligt för förståelse av delarna i systemet. Forskningsfråga 1 behandlar två intervjufrågor: *Vad är kol?* och *Var finns kol?* Denna information, tillsammans intervju svaren inom de övriga forskningsfrågorna ger väsentlig information om förståelse av delarna i systemet. Forskningsfråga två undersöker specifikt förståelse av de ekologiska processerna: fotosyntes, celledning, energiflöde i näringskedjan och nedbrytning, vilka som tidigare nämnt är väsentliga processer för förståelsen av kolets kretslopp (Bengtsson m.fl., 2017; Lin & Hu, 2003; Özay & Öztaş, 2003). En annan betydande del i kretsloppet är människan, vars inverkan i systemet analyserats specifikt inom forskningsfråga tre. Den andra nivån av systemtänkande: b) förståelse av länkarna mellan delarna har analyserats specifikt inom forskningsfråga fyra, medan den tredje nivån av systemtänkande: c) förståelse av systemets helhet innefattar alla informanternas uppfattningar om kolets kretslopp, vilket kan värderas utgående från analysens slutsatser.

Analysprocessen inleddes genom förberedelse, vilket forskaren behöver göra för att kunna förstå kärnan i datamaterialet (Dahlgren & Johansson, 2009; Elo & Kyngäs, 2008). Avhandlingens syfte och forskningsfrågor hade en viktig funktion i att avgränsa datamaterialet. I enlighet med Elo och Kyngäs (2008) förberedande fas, bildade jag mig en noggrann uppfattning om datamaterialet genom transkription och genomläsning av intervjuerna, vilket är väsentligt eftersom forskaren inte kan analysera materialet genom att enbart lyssna på

intervjuerna (Larsson, 1986). Jag skrev också ut det transkriberade materialet för att få en bra överblick av materialet, vilket främjar förståelse av svaren (Larsson, 1986). Efter transkriberingen inledde jag den andra fasen i Elo och Kyngäs (2008) induktiva strategi: organiseringsfasen. Den utskrivna transkriberingen tillät mig att markera väsentliga uttalanden och skriva in egna kommentarer, vilket benämns som öppen kodning (Elo & Kyngäs, 2008). Efter den öppna kodningen bör informanternas utsagor grupperas i övergripande rubriker (Elo & Kyngäs, 2008), vilket jag utförde genom att gruppera informanternas utsagor i tabeller. En tabell gjordes för fotosyntesen, en tabell för cellandningen, en tabell för näringskedjan, en tabell för nedbrytningen och en tabell för diverse teman som framkommit under intervjuerna. Tabellerna innehöll en kolumn för varje informant, vilket tillät mig att jämföra informanternas svar strukturerat och visuellt. Detta var ett viktigt steg i analysen, eftersom likheter och skillnader behöver vara framträdande i datamaterialet inom fenomenografiska analysmodeller (Dahlgren & Johansson, 2009). För att ytterligare underlätta analysen färgkodades informanternas svar, (rätt svar = grön färg, tvetydigt svar = orange färg, inget svar eller fel svar = röd färg). Tabellerna skrevs därefter ut och fungerade på sätt och vis som en första kategorisering. Genom att analysera tabellerna bildade jag mig en uppfattning om vad som borde ingå i de slutliga kategorierna. Därefter kunde abstraktionsprocessen, enligt Elo och Kyngäs (2008) induktiva analysstrategi, inledas.

Abstraktion betyder att kategorier skapas utgående från forskningens syfte (Elo & Kyngäs, 2008). För att besvara syftet analyserades en forskningsfråga i taget och därefter jämfördes dessa med forskningsfrågorna och med varandra. Kategoriseringen upplevde jag var lite problematisk, eftersom jag behövde avgöra vilka intervjufrågor och vilka intervjusvar som bäst besvarade forskningsfrågorna. Larsson (1986) lyfter också fram denna problematik. Han säger att kategoriseringen kan vara svår, eftersom olika tillvägagångssätt kan beskriva samma data. Detta är dock i sig ingen nackdel, men forskaren behöver kunna avgöra vilket tillvägagångssätt som lämpar sig bäst med tanke på syftet. Under abstraktionsprocessen hade jag stor hjälp av tabellerna jag gjorde under grupperingen av informanternas utsagor, eftersom jag kunde fokusera på likheter och skillnader mellan utsagorna. De väsentliga likheterna, med tanke på syftet, behöver vara centrala inom kategorierna (Dahlgren & Johansson, 2009). För att avgränsa kategorierna från varandra delade jag in informanternas uppfattningar i nivåerna A, B och C. A-nivå indikerar en korrekt uppfattning, medan B-nivå delvis indikerar en korrekt uppfattning och delvis innehåller alternativa uppfattningar och C-nivå innehåller helt och hållet

alternativa uppfattningar, eller ingen uppfattning alls. I sådana fall där flera olika utsagor befinner sig inom samma nivå valde jag att numrera kategorierna, som t.ex. B1 och B2. Denna typ av nivåindelning av kategorierna möjliggjorde samtidigt en värdering av informanternas uppfattningar.

Samtidigt som jag kategoriserade informanternas utsagor genomförde jag en koncentrerad av datamaterialet. Fokus i denna koncentrerad var på det huvudsakliga innehållet i informanternas uttalanden. Detta tillvägagångssätt är kärnan i analysmetoden meningskoncentrerad, då långa utsagor koncentreras till kortare (Kvale & Brinkmann, 2014). Kategorierna är alltså koncentrerade uttalanden av informanternas utsagor. Genom att koncentrera informanternas uppfattningar i kategorier enligt A-, B- och C-nivå presenteras resultaten i form av beskrivningskategorier, vilket är typiskt inom den fenomenografiska forskningsansatsen (Alexandersson, 1994; Larsson, 1986). Både analysmetoden meningskoncentrerad och nivåindelning av beskrivningskategorierna tillät mig att vara uppmärksam på att kategorierna är tydligt avskilda från varandra och att kategorierna är förankrade i datamaterialet. Dessa två aspekter är mycket viktiga för en tillförlitlig kategorisering (Alexandersson, 1994; Larsson, 1986).

Antalet tabeller inom varje forskningsfråga och antalet kategorier i varje tabell varierar på basis av informanternas utsagor i intervjuerna. Resultaten är därmed mer omfattande inom en del forskningsfrågor än inom andra, vilket också beror på att en del forskningsfrågor är mer omfattande och informanterna berättade mer om en del intervjufrågor än inom andra. För att främja en klar framställning av resultaten finns sammanfattande tabeller över vilka kategorier informanterna tillhör infogade i resultatkapitlet. De informanter med flest antal A-kategorier presenteras högst upp i tabellen. I sådana fall där flera informanter befinner sig på samma nivå presenteras den informant med det lägsta informantnumret först. Denna princip är den samma för alla sammanfattande tabeller i resultatkapitlet. Av de sammanfattande tabellerna får läsaren därmed en överskådlig bild av vilka informanter som tillhör vilka kategorier och huruvida dessa uppfattningar innehåller alternativa uppfattningar eller inte.

Samma analysprincip gäller för samtliga tre första forskningsfrågorna, dvs. meningskoncentrerad av informanternas väsentliga utsagor och indelning av dessa i beskrivningskategorier enligt nivåerna A, B och C. Ett undantag finns dock inom analysen av forskningsfråga två. Alternativa uppfattningar kan inte kategoriseras enligt nivåer och därmed uteblev nivåindelningen av informanternas alternativa uppfattningar (Tabell 22). Med tanke på

den fjärde forskningsfrågan, vilken undersöker studerandes uppfattningar om relationen mellan de olika delarna i kolets kretslopp, krävdes dock ett annorlunda tillvägagångssätt i analysen.

Istället för att utgå från en eller flera intervjufrågor baserade jag analysen av forskningsfråga fyra på informanternas hela intervjumaterial och på deras ritade kretsloppsbilder. Inledningsvis studerade jag noggrant de ritade kretsloppsbilderna tillsammans med de transkriberade intervjuerna och tabellen jag konstruerat för den öppna kodningen, med fokus på att finna länkar mellan delar i kretsloppet. Jag skapade därmed en förståelse av informanternas uppfattningar om vilka delar som hör till kolets kretslopp och hur dessa är sammanlänkade. Efter att jag hade bildat mig en förståelse av informanternas uppfattningar genom att läsa och granska datamaterialet använde jag tomma teckningsunderlag för att själv rita ut de länkar som informanterna funnit. Jag gick därmed systematiskt igenom den öppna kodningstabellen och transkriberingarna enskilt för varje informant för att rita ut länkar mellan olika delar i kretsloppet. I detta skede fann jag att en tolkningsproblematik uppstod. Informanternas beskrivningar om länkarna varierade i kunskapsnivå. Jag behövde därmed avgöra vad som definierar en länk.

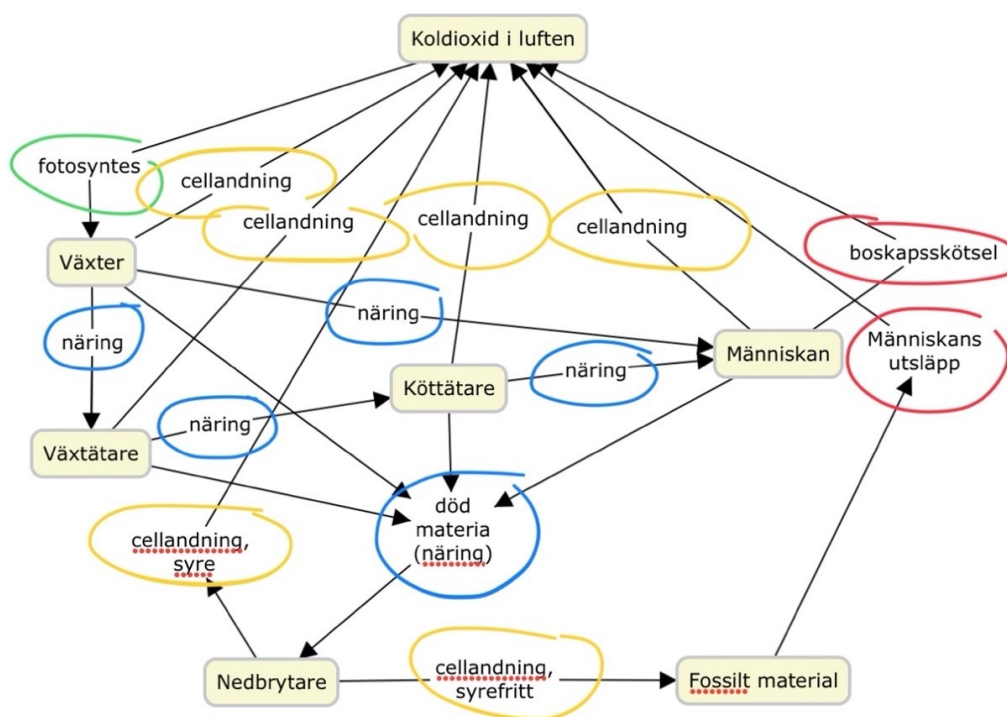
För att avgöra vad som skulle klassas som en länk prövade jag mig fram till en fungerande strategi. Till en början baserade jag min analys på markörer, som kunde visa på informanternas förståelse av att kolet färdades vidare. En markör var t.ex. att informanten nämnde att glukos innehåller kol och att glukos produceras i fotosyntesen. Denna strategi visade sig dock inte vara fungerande, eftersom informanterna kan uppfatta att kolet färdas vidare i kretsloppet trots att kunskapen om hur detta sker på molekylnivå saknas. Att söka efter markörer är inte heller alldeles tillförlitligt eftersom jag inte tagit biosyntesprocesser i beaktande i undersökningen, vilket alltså handlar om att kemiska föreningar (såsom glukos) omvandlas till nya föreningar som i sin tur bygger upp organismernas vävnader (Nationalencyklopedin, u.å.). Jag bestämde mig därmed för att en korrekt länk definieras av att informanten visade förståelse av att kol (i någon form) färdas vidare mellan två delar i kretsloppet, trots att hen kanske hade alternativa uppfattningar om hur kolet färdas vidare. För en godkänd länk behövde informanten alltså inte ha någon annan kunskap om själva länken än i vilken riktning kolet färdas mellan två olika delar. Denna uppfattning behövde dock överensstämma med verkligheten, dvs. denna länk måste finnas på riktigt och delarna behöver därmed vara korrekta. Ett exempel på en sådan korrekt länk är: ”växter tar upp koldioxid ur luften” (informant 3). Delarna växt och luft/atmosfär är korrekta, och koldioxid betecknar

förståelse av att kol färdas från atmosfären till växterna. Detta visade sig vara en fungerande strategi, eftersom forskningsfråga fyra inte undersöker vilka uppfattningar studerande har om länkarna utan endast vilka länkar som informanterna anser att finns. Eftersom det finns flera mindre kretslopp inom kolets kretslopp, t.ex. organismernas utsläpp av koldioxid till atmosfären, valde jag att fokusera på det mest omfattande kretsloppet som informanterna kunde skapa. Den längsta sammanlänkade kedjan i ett slutet kretslopp innehåller sju länkar: atmosfär –1– växt –2– växtätare –3– köttätare –4– nedbrytare –5– fossilt material –6– människans användning av fossila bränslen –7– atmosfär.

För att kunna utföra analysen på ett tillförlitligt sätt utvecklade jag en modell för sammanfogande länkar i kolets kretslopp (Figur 3). Modellen baserar sig på de korrekta delar inom kolets kretslopp som informanterna nämnde och de länkar som sammanbinder delarna med varandra. En ruta betecknar en del i kretsloppet och en pil betecknar en länk i kretsloppet. Pilens riktning anger kolets färdriktning. Inne i rutorna står namnet på vilken del det är fråga om och inne i pilen står ett begrepp, som betecknar hur kolet färdas vidare i kretsloppet.

Figur 3

Analysmodell för forskningsfråga 4



Sammanfattningen av samtliga forskningsfrågor, och därmed också summeringen av resultaten, svarar slutligen på tredje nivån av systemtänkande, c) förståelse av systemets helhet (Kali m.fl., 2003). De informanter som kunde konstruera ett fullständigt kolkretslopp hade därmed en bättre helhetsförståelse av kolets kretslopp i jämförelse med de informanter som inte kunde konstruera ett fullständigt kretslopp.

3.7. Etik, tillförlitlighet och trovärdighet

Med tanke på informanterna har etiska principer noggrant beaktats i undersökningen. Alla informanter har frivilligt ställt upp som deltagare i undersökningen. Detta efter att ha blivit informerade om vad deltagande innebär, vilket etiska regler föreskriver (Kvale & Brinkmann, 2014). Gymnasiets biologilärare frågade efter frivilliga bland de studerande som hade avlagt de två första obligatoriska kurserna i biologi. Hen framhöll mina anvisningar för deltagande i undersökningen, vilka var att undersökningens temaområde är naturvetenskapligt, att undersökningen inte är ett test för bedömning av goda kunskaper utan fungerar som material till en pro-gradu undersökning, att deltagandet är helt frivilligt och att studerande behöver vara villiga att visa upp sina kursvitsord i biologi för mig. Gymnasieläraren poängterade också att studeranden och skolan behandlas konfidentiellt, vilket innebär att varken skolan eller de studerandes namn presenteras i undersökningen. I undersökningen framkommer endast att studerande i ett svenskspråkigt gymnasium i Finland har deltagit. Därtill framkommer att en del av informanterna har lägre vitsord och att en del av informanterna har högre vitsord.

Det visade sig vara känsligt för många studerande att uppge sina vitsord i biologi och det var därmed svårt att få tillräckligt många frivilliga till undersökningen. Detta underlättades genom att gymnasieläraren fungerade som kontakt mellan mig och de studerande. Hen försäkrade studeranden att inga namn kommer att publiceras i avhandlingen och att de inte heller behöver uppge sina namn till mig, utan blir tilldelade ett nummer. De informanter som deltog i undersökningen godkände dessa villkor och fyllde i en blankett för deltagande i undersökningen där de skriftligen godkände sitt deltagande. Under inledningen till mitt intervjutillfälle lottade jag ut ett nummer till varje informant. Därefter undertecknade alla informanter blanketterna, med både nummer och namn, vilka samlades upp och gavs till biologiläraren utan att jag tittade på dem. Biologiläraren avlägsnade namnunderskrifterna och gav en del av blanketterna tillbaka, där endast informantens nummer och vitsord i deras

biologikurser framkommer. På så vis såg jag aldrig informantens namn utan endast deras nummer och vitsord. Namnunderskrifterna ska biologiläraren bevara fram till att denna avhandling är färdigställd, varefter hen förstör underskrifterna. På detta vis kan informanterna vara delvis anonyma för mig. Helt anonyma kan de dock inte vara, eftersom jag själv träffade dem personligen under intervjuerna.

Enligt Kvale och Brinkmann (2014) bör forskaren reflektera över undersökningens etiska principer på sju stadier: tematiseringen, planeringen, intervjusituationen, utskriften, analysen, verifieringen och rapporteringen. Vid tematiseringen har jag som forskare tänkt över mervärdet i att utföra en intervjuundersökning och behovet av att uppta de studerandes vitsord. Intervjusituationen möjliggör en djup förståelse av studerandes uppfattningar och jag bedömde att olika vitsord bland informanterna kan öka chansen för varierande svar. Jag anser också att det är intressant att jämföra informanternas uppfattningar med deras vitsordsnivå i biologi, trots att undersökningen inte är generaliserbar eftersom antalet informanter endast var sju stycken (Fejes & Thornberg, 2009). Under planeringen kontaktade jag ett gymnasium, där jag klargjorde syftet och urvalskriterierna för undersökningen. Biologiläraren förmedlade därefter mina instruktioner till de studerande. Under intervjusituationen, som i detta fall var uppdelad i två steg, strävade jag efter att minska eventuell stress hos informanterna. Jag inledde intervjusituationens båda delar med att påminna informanterna om att de inte kan misslyckas på något vis i min undersökning, utan att jag enbart är intresserad av att veta hur de tänker, och är glad över att de ställer upp som informanter. Under intervjusamtalet tänkte jag på att bemöta informanternas svar på ett uppmuntrande sätt. När intervjun var klar, tackade jag slutligen varje informant för deras deltagande och de fick varsin chokladstång som tack, vilket var uppskattat. Under utskriftsprocessen har jag noga tänkt över hur jag skriver om informanterna och deras uppfattningar. Med tanke på konfidentialitetskravet använder jag nummer istället för namn, och under analysprocessen har jag efter bästa förmåga behandlat informanternas svar objektivt. Under resultatredovisningen redovisar jag endast till säker kunskap, eftersom forskaren är skyldig att försäkra sig om att kunskapen är verifierad och säker. (Kvale & Brinkmann, 2014.)

Tillförlitlighet. Fyra aspekter är centrala i begreppet tillförlitlighet: kongruens, objektivitet, precision och konstans. När det gäller kvalitativa intervjuer är det egentligen lite märkligt att tala om tillförlitlighet, eftersom tanken om tillförlitlighet grundar sig på kvantitativa undersökningar. I kvantitativa studier ska materialet vara standardiserat för att tillförlitligheten ska kunna garanteras. När det gäller kvalitativa intervjuer ska

standardiseringen däremot vara låg. Detta innebär att forskaren ska ge akt på alla slags slumpmässiga händelser, t.ex. en felsägning eller ett förändrat tonfall hos informanten. (Trost, 2010.)

Undersökningens tillförlitlighet stärks genom att hela undersökningen, med samtliga sju intervjuer, genomfördes under samma dag. Kongruens eller likformighet handlar om att intervjufrågor, som handlar om samma sak, behöver ställas på ett likformigt sätt (Trost, 2010). Trots att den halvstrukturerade intervjun i detta sammanhang inte möjliggjorde att alla frågor ställdes på exakt samma sätt strävade jag som intervjuare efter likformighet, vilket underlättades av att alla intervjuer följde tätt inpå varandra. Under intervjusamtal finns dock alltid en risk att intervjuaren inte uppfattar informantens svar korrekt (Trost, 2010). Detta bör forskaren vara medveten om, vilket är orsaken till att jag under intervjusituationen ställde följdfrågor ifall jag uppfattade någonting som oklart. Genom att vara medveten om det egna förhållningssättet till både litteratur och datamaterial kan objektivitet beaktas inom kvalitativ forskning (Trost, 2010). Jag försökte efter bästa förmåga att ha ett objektivt förhållningssätt under datainsamlingen, vilket underlättades av att jag inte visste vilken informant som hade vilket vitsord. Inom kvantitativ forskning handlar begreppet objektivitet mera om att flera personer noterar samma sak (Trost, 2010), med det är inte möjligt att beakta i denna undersökning eftersom endast jag intervjuade informanterna.

Inom kvalitativ forskning handlar precision om att resultaten är innehållsrika och tangerar syftet mångsidigt. Vid kategoriseringen av resultaten har jag försökt fånga det centrala i informanternas utsagor och samtidigt behålla nyanserna i deras uttalanden, vilket är en tankegång inom fenomenografisk forskning. (Larsson, 2005.) Ansatsens fokus är alltså inte att söka efter en konstant kunskap, utan att studera skillnader i människors personliga uppfattningar (Dahlgren & Johansson, 2009). Det är därmed inte möjligt att i denna undersökning beakta aspekten konstans, vilket antyder att någonting är oförändrat (Trost, 2010).

Trovärdighet. Inom forskning handlar trovärdighet om att en undersökning faktiskt undersöker det som avses (Trost, 2010). Datainsamlings- och analysmetoderna i denna avhandling är utvalda med tanke på forskningens trovärdighet. Under intervjuens genomförande och utformningen av intervjufrågor eftersträvade jag att undersöka frågeställningar som är relevanta med tanke på syftet, vilket jag övade mig i genom två pilotundersökningar.

Den första pilotintervjun genomfördes tillsammans med en gymnasiestuderande, som uppfyllde kraven för undersökningens urval. Informanten ritade kolets kretslopp på ett tomt vitt papper, följt av en intervju som spelades in. Under transkriberingen av intervjun reflekterade jag över hur jag hade ställt intervjufrågorna och hur det kan ha påverkat informantens svar. Jag utgick från Kvaales och Brinkmanns (2014) rekommendationer för att bli en bättre intervjuare. I tabblån framkommer bl.a. att forskaren behöver klargöra otydliga svar och svar som inte hörs, att forskaren behöver fästa uppmärksamhet på vad informanten säger, hur det sägs och med vilken sinnesstämning. Vid behov behöver forskaren också följa upp uttalanden med ytterligare en fråga. Genom att beakta dessa punkter under intervjun och analysen stärks trovärdigheten, eftersom sannolikheten för att undersökningen verkligen undersöker studerandens uppfattningar höjs. Efter den första pilotintervjun insåg jag dock behovet av ett teckningsunderlag. Jag utvecklade ett underlag och genomförde en andra pilotintervju tillsammans med en universitetsstuderande, som läst ett kort biämne i biologi. Fokus var framförallt att kontrollera underlaget. Efter pilotintervjun diskuterade jag teckningsunderlaget och intervjuens genomförande tillsammans med universitetsstudenten, som också hjälpte mig att göra förbättringar.

Teckningar i kombination med intervjuer har visat sig vara en bra metod för att undersöka uppfattningar om komplexa processer i naturen (Köse, 2008). Undersökningens trovärdighet stärks därmed av att ett teckningsunderlag användes. Ett teckningsunderlag användes också i forskningen av Düsing m.fl. (2019), där uppfattningar om kolets kretslopp undersöktes. Ett riskfyllt moment i datainsamlingen var dock att undersökningen var uppdelad i två delmoment. Det fanns en risk för att informanterna skulle fördjupa sina kunskaper om kolets kretslopp mellan del ett och del två, vilket skulle sänka forskningens trovärdighet. Jag var noga med att poängtera detta för informanterna och förklarade varför det var viktigt att de varken läser in sig på ämnet före de enskilda intervjutillfällena eller diskuterar sina svar med varandra innan alla informanter genomfört undersökningen. Samtliga informanter gav sitt ord på att de inte skulle läsa, eller diskutera om ämnet mellan del ett och del två. Jag påminde också informanterna om detta efter deras enskilda intervjuer. Min känsla var att informanterna tog min begäran på allvar och att informanternas uppfattningar inte förändrades mellan del ett och del två, vilket tyder på att de inte läst in sig på ämnet däremellan. Ett ytterligare argument för trovärdighet är att undersökningens två steg utfördes snabbt inpå varandra under samma

skoldag. Detta minskar risken för att studeranden skulle ha läst in sig på temat och att deras uppfattningar skulle ha förändrats mellan undersökningens två delmomenten.

4. Resultat

I resultatkapitlet besvaras forskningsfrågorna i tur och ordning i underkapitlen 4.1–4.4. De tre första av dessa kapitel, i vilka de tre första forskningsfrågorna behandlas, ger information om informanternas uppfattningar om delarna i kolets kretslopp och om relationerna mellan dessa. Informanternas uppfattningar kategoriseras i tre nivåer i kapitel 4.1–4.3. A-nivå indikerar en helt korrekt uppfattning, B-nivå indikerar en alternativ uppfattning och C-nivå indikerar en mer felaktig alternativ uppfattning än kategori B eller inget svar alls. Den fjärde forskningsfrågan, som behandlas i kapitel 4.4, ger en helhetsbild över informanternas uppfattningar om kolets kretslopp genom att presentera antalet korrekta sammanlänkade delar i kolets kretslopp. Informanternas uppfattningar är därmed inte kategoriserade i A-, B- och C-nivåer i kapitel 4.4. Resultaten sammanfattas slutligen i kapitel 4.5.

4.1. Studerandes uppfattningar om grundämnet kol

I detta kapitel presenteras resultaten för forskningsfråga 1: Hurdana är studerandes uppfattningar om grundämnet kol? Två intervjufrågor: *Vad är kol?* (Tabell 5) och *Var finns kol?* (Tabell 6) presenteras i tabellerna nedan. Tre kategorier står för studerandes uppfattningar om vad kol är: A. Ett grundämne, som inte kan nybildas, B. Ett grundämne, som kan nybildas, och C. En organisk förening. Tre kategorier är också utformade för studerandes uppfattningar om var kol finns: A. Finns i levande och icke-levande natur, vilka samspelar med varandra, B. Finns i levande och icke-levande natur, men dessa samspelar inte med varandra och C. Finns endast i levande natur, om samspel till icke-levande natur finns är oklart. I slutet av kapitlet sammanfattas tabell 5 och 6.

Tabell 5

Inledande fråga 1

	<i>Vad är kol?</i>	<i>Informant</i>
<i>A</i>	Ett grundämne, som inte kan nybildas	3, 6
<i>B</i>	Ett grundämne, som kan nybildas	2, 4, 5, 7
<i>C</i>	En organisk förening	1

På frågan: *Vad är kol?* har sex, av samtliga sju, informanter svarat att kol är ett grundämne. Fyra informanter av dessa (informant 3, 5, 6 och 7) hade skrivit ut ordet ”grundämne” som svar på denna fråga och använde också begreppet i tal under intervjun, medan informanterna 2 och 4 endast nämnde ”grundämne” i intervjun. Informanterna 3 och 6 ansåg att grundämnet kol inte kan nybildas, medan fyra informanter ansåg att grundämnet kol kan nybildas (informanterna 2, 4, 5 och 7). Uppfattningarna om vad ett grundämne är varierade dock en aning bland dessa sex informanter. Informant 2 förklarade att ”ett grundämne består av ett ämne”. Informant 6 och informant 7 definierade också begreppet grundämne på liknande sätt. Informant 3 och informant 5 definierade dock begreppet annorlunda. Informant 3 ansåg att ett grundämne är ”sånt som finns hela tiden”, medan informant 5 ansåg att ett grundämne är ”ett ämne som är grundläggande” och ”som det finns mycket av”. Informant 1 var den enda av informanterna som inte nämnde ordet grundämne. Hen definierade istället kol som ”en organisk förening”. Hen var dock osäker på sitt svar och sade: ”har hört att det är en förening, men jag är int säker”.

Tabell 6

Inledande fråga 2

	<i>Var finns kol?</i>	<i>Informant</i>
A	Finns i levande och icke-levande natur, vilka samspelar med varandra	3, 4, 5, 6, 7
B	Finns i levande och icke-levande natur, men dessa samspelar inte med varandra	2
C	Finns endast i levande natur, om samspel till icke-levande natur finns är oklart	1

På frågan: *Var finns kol?* har alla informanter svarat att kol finns i den levande naturen. Sex, av samtliga sju, informanter ansåg också att kol finns i både den levande och i den icke-levande naturen. Informant 1 var osäker angående detta och svarade ”vet inte”. Fem informanter, (nummer 3–7), ansåg att den levande och den icke-levande naturen samspelar med varandra, medan informant 2 svarade ”nä” och informant 1 svarade ”vet inte” på frågan om samspel finns. Uppfattningen om att kol finns i mycket hade dock samtliga informanter.

Uttalanden som visar på detta är bl.a. ”det finns kol i princip allt i världen” (informant 2), ”jag tänker nog att det [kolet] finns överallt” (informant 4) och ”allting innehåller i princip kol” (informant 7). I Tabell 7 sammanfattas de två tabellerna över forskningsfråga 1.

Tabell 7

Sammanfattning av två inledande frågor

<i>Informant</i>	<i>Kategori i Tabell 5. Vad är kol?</i>	<i>Kategori i Tabell 6. Var finns kol?</i>
6	A	A
3	A	A
7	B	A
5	B	A
4	B	A
2	B	B
1	C	C

Informanterna 6 och 3 tillhör kategori A i både Tabell 5 och Tabell 6, medan informanterna 2, 4, 5 och 7 tillhör kategori B i Tabell 5 och informant 1 tillhör kategori C. De flesta informanter tillhör en B-kategori och har alltså en alternativ uppfattning om vad kol är. De anser att kol är ett grundämne, men däremot anser de att grundämnet kan nybildas. I Tabell 6 tillhör de flesta informanter kategori A och har den korrekta uppfattningen om att kol finns i både levande och icke-levande natur, och att samspel finns mellan den levande och den icke-levande naturen. Informant 1 och 2 har däremot alternativa uppfattningar om var kol finns.

4.2. Studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna

I detta kapitel presenteras resultaten för forskningsfråga 2: *Hurdana är studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna?* Tre tabeller med tillhörande kategorier presenteras först för fotosyntesen, vilka sammanfattas i Tabell 11. Uppfattningar om cellandningens syfte presenteras i Tabell 12, vilken är den enda tabellen för cellandningen. Tre tabeller presenteras för näringskedjan och kategorierna sammanfattas i Tabell 16. Fyra tabeller

med tillhörande kategorier presenteras för nedbrytningen, vilka sammanfattas i Tabell 21. I Tabell 22 presenteras slutligen en sammanställning av informanternas alternativa uppfattningar.

Tre tabeller med tillhörande kategorier (Tabell 8–10), har konstruerats för **a) fotosyntesen**. Utgående från informanternas svar på intervjufrågan: *Vad är fotosyntesens syfte?* har följande kategorier formats: A. Att producera glukos, B. Att producera glukos och syre och C. Att producera syre/ luft. Enligt svaren på intervjufrågan: *Var finns kolet?* har dessa kategorier formats: A. Kol lagras i glukos, B. Kol finns i trädet som koldioxid och C. Trädet innehåller kol i någon form. Utgående från svaren på intervjufrågan: *Vart far kolet?* har följande kategorier formats: A1. Till djur som äter av trädet, A2. Till marken och nedbrytningen, B. Till marken via trädets rötter, och C. Vet inte. Orsaken till att en del kategorier numreras, t.ex. med B1 och B2, är att olika uppfattningar befinner sig på samma nivå. Denna princip följs i samtliga tabeller.

Tabell 8

Fotosyntesens syfte

	<i>Vad är fotosyntesens syfte?</i>	<i>Informant</i>
A	Att producera glukos	3, 4, 6, 7
B	Att producera glukos och syre	5
C	Att producera syre/ luft	1, 2

Informanterna 3, 4, 6 och 7 tillhör kategori A, eftersom de sade att fotosyntesens syfte är att producera glukos. Informant 5 anser att fotosyntesens syfte är att ”få biprodukterna glukos och syre” och hen tillhör därmed kategori B. På frågan om fotosyntesens syfte svarade informant 1 ”för att skapa luft” och informant 2 svarade ”så att världen ska få syre”. Dessa informanter tillhör kategori C. I Tabell 9 presenteras informanternas uppfattningar om lagring av kol i fotosyntesprocessen.

Tabell 9

Lagring av kol i fotosyntesen

	<i>Var finns kolet?</i>	<i>Informant</i>
--	-------------------------	------------------

A1	Kol lagras i glukos	6, 7
A2	Trädet innehåller kol i någon form	1, 2, 3, 5
B	Kol finns i trädet som koldioxid	4

Under intervjusamtalet om fotosyntesen uppvisade samtliga informanter förståelse av att trädet innehåller kol, och Tabell 9 har därför ingen C-kategori. I intervjusvaren framkom att informant 6 och 7 har kunskap om att kol lagras i glukos. Därmed tillhör informanterna 6 och 7 kategori A1. Informant 6 sade: ”glukosen måst innehålla kol”. Informant 7 funderade en stund över vart kolet far och sade därefter: ”till glukosen”. Informanterna 1, 2, 3 och 5 tillhör kategori A2, eftersom de vet att trädet innehåller kol, men de kunde inte specificera var eller i vilken form kolet finns. Informant 4 tillhör kategori B, eftersom hen resonerade att koldioxid, som innehåller kol åker in i trädet och ”då måste det finnas koldioxid i trädet”. I Tabell 10 presenteras informanternas uppfattningar om hur kolets kretslopp fortsätter efter fotosyntesen.

Tabell 10

Kolflöde genom fotosyntesen

	<i>Vart far kolet?</i>	<i>Informant</i>
A	Till djur som äter av trädet	5, 7
B1	Lagras i trädet tills det dör, för att sedan bli kvar i marken	6
B2	Till marken via trädets rötter	4
C	Vet inte	1, 2, 3

Informanterna 5 och 7 tillhör kategori A1, eftersom de sade att kolet i trädet färdas till djur som äter av trädet. ”Kanske djur äter upp det [kolet i trädet]” (informant 5). ”Kanske till insekter eller fåglar som äter av trädet” (informant 7). Till kategori B1 hör informant 6, eftersom hen sade: ”Alltså de [kolet] blir ju kvar i trädet och sen när trädet dör och förmultnar så blir de kvar i marken” (informant 6). Även om kol kan bli kvar i marken vid anaerob nedbrytning tyder informantens svar på att hen syftar på aerob nedbrytning. I Tabell 19 framkommer det också att hen har alternativa uppfattningar om aerob nedbrytning. Informant 4 sade också att kolet färdas till marken, men hen har en annan uppfattning om hur detta går till. Hen hade skrivit i sin kretsloppsmodell: ”under marken finns kol” och förklarade detta genom att: ”de [kolet] färdas

väl från trädet, trädet har rötter, och jag tänker mig att kolet far dit” (informant 4). Informant 1–3 kunde inte säga vart kolet färdas efter fotosyntesen och de tillhör därmed kategori C. När jag frågade om de vet vart kolet far svarade informant 1: ”vet inte”, informant 2: ”nä” och informant 3 sade: ”jag vet faktiskt int, har aldrig tänkt på det”. I Tabell 11 sammanfattas kategorierna i tabellerna om fotosyntesen.

Tabell 11

Sammanfattning av tabeller för fotosyntesen

<i>Informant</i>	<i>Kategori i Tabell 8. Fotosyntesens syfte</i>	<i>Kategori i Tabell 9. Lagring av kol i fotosyntesen</i>	<i>Kategori i Tabell 10. Kolflöde från fotosyntesen</i>
7	A	A1	A
6	A	A1	B1
4	A	B	B2
5	B	A2	A
3	A	A2	C
2	C	A2	C
1	C	A2	C

Informanterna har varierande uppfattningar om vad fotosyntesens syfte är. De flesta informanter tillhör trots allt kategori A i Tabell 8, och vet att syftet med fotosyntesen enbart är produktion av glukos. De flesta informanter tillhör också en A-kategori i Tabell 9. Största delen, i kategori A2, vet att kol lagras i trädet i någon form, men de kan inte specificera detta mera. I Tabell 10 tillhör däremot endast två informanter A-kategorin. Övriga informanter har alternativa uppfattningar (B), eller ingen uppfattning alls (C) om vart kolet färdas efter fotosyntesen.

Endast en tabell presenteras för **b) cellandningen**. Kategorierna i Tabell 12 är utformade enligt informanternas uppfattningar om cellandningens syfte: A. Energi frigörs i cellen, B. Cellerna ska få syre och C. Vet inte. Ingen informant kunde svara på vart kolet färdas efter cellandningen, vilket är orsaken till att inga fler tabeller eller kategorier gjorts.

Tabell 12*Cellandningens syfte*

	<i>Vad är cellandningens syfte?</i>	<i>Informant</i>
A	Energi frigörs i cellen	6
C1	Cellerna ska få syre	3
C2	Vet inte	4, 5, 7
C3	Frågan behandlades inte	1, 2

Informant 6 tillhör kategori A, eftersom hen svarade ”frigör energi” på min fråga om cellandningens syfte. Informant 3 tillhör kategori C1, eftersom hens svar var ”för att dom [cellerna] ska få syre”. Övriga informanter tillhör kategori C2, eftersom informanterna 4, 5 och 7 inte kunde inte svara på frågan om cellandningens syfte. Frågan behandlades inte under intervjuerna med informant 1 och 2, eftersom de inte nämnde något fenomen i anknytning till cellandningen. Jag upplevde att dessa informanter hade lite dåligt självförtroende angående sina uppfattningar om kolets kretslopp och valde därför att inte fråga någonting specifikt om cellandningen. Informanterna uppvisade trots detta en hel del alternativa uppfattningar om cellandningen, vilket presenteras tillsammans med informanternas övriga alternativa uppfattningar i Tabell 22.

Tre tabeller har formats utgående från informanternas uppfattningar om kolflöde genom **c) näringskedjan** (Tabell 13–15). I Tabell 13 presenteras hur kolet färdas genom näringskedjan. Tabell 14 visar informanternas uppfattningar om vem producenten är i näringskedjan och varför denna kallas producent. I Tabell 15 redogörs informanternas uppfattningar om vem som är konsument i en näringskedja och varför denna kallas konsument. Därefter sammanfattas informanternas uppfattningar om kolflöde genom näringskedjan i Tabell 16. Nedbrytningen behandlas delvis i Tabell 13, eftersom nedbrytarna är en del av näringskedjan. Senare presenteras nedbrytningen mer ingående i punkt d, där fokus ligger på själva processen och kopplingen till fossila bränslen.

Tabell 13*Kolflöde genom näringskedjan*

	<i>Hur färdas kolet genom näringskedjan?</i>	<i>Informant</i>
A1	Kolet i glukosen färdas från trädet, till hjorten, till vargen och till nedbrytarna	4, 6, 7
A2	Kolet överförs via mat från trädet till hjorten, till vargen och till nedbrytarna	3
A3	Kolet överförs via mat från trädet, till hjorten och till vargen	1, 2, 5

Samtliga informanter tillhör A-kategorier i Tabell 13. Alla informanter kunde direkt berätta hur en näringskedja konstrueras utgående från objekten på teckningsunderlaget (trädet, hjorten och vargen). Informanternas uppfattningar skiljde sig dock på två punkter: om glukos nämndes, eller inte, och om de hade förståelse av nedbrytarnas verksamhet, (dvs. om de förstår att nedbrytare får energi när de bryter ner dött material), eller inte (Tabell 17). Hos informanterna 4, 6 och 7, vilka tillhör kategori A1, framkom dessa två punkter. Informant 4 svarade: ”för att få näring... glukos finns i näring”, på min fråga om varför vargen äter upp hjorten. Informant 6 berättade: ”den [hjorten] får glukos från växterna och då får den energi” och att vargen ”har fått energi från hjorten, som fått energi från växterna”. Informant 6 var också den enda som poängterade att energin frigörs genom ”cellandningen”. Informant 7 klargjorde att organismer behöver: ”energin från glukosen”. Därefter berättade hen att kolet ”for till insekten eller djuret, eller vad som helst som äter av trädet” och att vargen ”äter hjorten” för att få i sig ”energi” (informant 7). Informant 3 tillhör kategori A2, eftersom hen inte nämnde begreppet glukos och inte uttryckte förståelse över vart kolet färdas efter fotosyntesen (Tabell 10). Hen sade dock: ”när man äter så finns det ju kol i det mesta man äter” och ”[d]e [nedbrytarna] får väl mat av det [nedbrytningen]”. Informanten trodde trots detta inte att glukos innehåller kol: ”nä” (informant 3). Informanten blandade också en del mellan begreppen kol och koldioxid: ”[d]en [vargen] äter ju också, så den får ju då koldioxid från andra djur den äter” (informant 3). Trots dessa alternativa uppfattningar är informantens uppfattning om kolflöde i näringskedjan korrekt, även om hens uppfattning är lite mer förenklad i jämförelse med informanterna i kategori A1. Informanterna i kategori A3, (informant 1, 2 och 5), ser också den korrekta kopplingen mellan trädet, hjorten och vargen, men de nämnde varken glukos eller att

nedbrytare utviner energi genom nedbrytningsprocessen (Tabell 17). I Tabell 14 och 15 presenteras resultaten för informanternas begreppsuppfattning om producenter och konsumenter.

Tabell 14

Producenter i näringskedjan

	<i>Vilka är producenter i en näringskedja, och varför?</i>	<i>Informant</i>
<i>A</i>	Växter, eftersom de producerar energi i glukos	4, 6, 7
<i>B1</i>	Växter, eftersom de producerar syre och glukos	2
<i>B2</i>	Växter, eftersom de producerar mat åt hjorten	1
<i>B3</i>	Växter, eftersom de producerar fotosyntesen	3
<i>C</i>	Både växter och djur kan vara producenter, eftersom alla producerar någonting	5

De tre informanterna i kategori A, (informant 4, 6 och 7), vet att växter kallas producenter eftersom de producerar energi i glukos. På intervjufrågan: *Vilka är producenter, och varför?* kom svaren: ”[t]rädet, för att det har fotosyntes och kan producera glukos” (informant 4), ”det är den [producenten] som börjar med att producera energi” (informant 6), och ”för att den [producenten] producerar den här glukosen” (informant 7). Informant 6 nämnde inte glukos i sitt svar, men hade nyss kopplat ihop begreppet med energi: ”den får glukos... och då får den energi”. Informanten i kategori B1, (informant 2), förklarade att ”[v]äxterna” är producenter, eftersom de ”[p]roducerar syre [och] glukos”. Informant 1, i kategori B2, sade: ”[t]rädet” är producent, eftersom det ”[p]roducerar mat åt hjorten”. Informant 3, i kategori B3, förklarade: ”[i] en näringskedja så är det [producenten] den där första, som int har ätit nåt, utan den producerar själv den här fotosyntesen”. Informant 5 tillhör kategori C, eftersom hans förklaring lydde: ”[b]eror ju på vad som ska produceras, alla producerar ju nog nånting”.

Tabell 15

Konsumenter i näringskedjan

	<i>Vilka är konsumenter i en näringskedja, och varför?</i>	<i>Informant</i>
--	--	------------------

<i>A</i>	Djur, eftersom de äter av den energi som växterna producerat	1, 4, 6, 7
<i>B1</i>	Djur, eftersom de äter	3
<i>B2</i>	Djur, eftersom de äter och använder naturresurser	2
<i>C</i>	Både växter och djur kan vara konsumenter, eftersom alla konsumerar någonting	5

Största delen av informanterna, (nummer 1, 4, 6 och 7), tillhör kategori A. Informant 1 förklarade: ”[h]jorten och vargen” är konsumenter, eftersom ”[h]jorten äter det [energin] som trädet har lagat och vargen äter hjorten”. Informant 7 förklarade att konsumenterna i näringskedjan är ”[b]åde hjorten och vargen”, eftersom ”[d]e äter av den här energin som trädet har producerat”. Informant 3, i kategori B1, ansåg att konsumenter är: ”dom som äter andra. Som äter producenter eller konsumenter”. Enligt hen är orsaken till att djuren kallas konsumenter: ”[f]ör att dom äter”. Informant 2, som tillhör kategori B2, ansåg att: ”[d]juren” är konsumenter eftersom ”[d]om äter av varandra och av växterna och använder naturresurser”. Informant 5, i kategori C, menade dock att alla kan vara konsumenter, eftersom ”alla konsumerar nog nånting”. I Tabell 16 sammanfattas resultaten för informanternas uppfattningar om näringskedjan.

Tabell 16

Sammanfattning av tabeller för näringskedjan

<i>Informant</i>	<i>Kategori i Tabell 13. Hur färdas kolet genom näringskedjan?</i>	<i>Kategori i Tabell 14. Vem är producent i en näringskedja, och varför?</i>	<i>Kategori i Tabell 15. Vem är konsument i en näringskedja, och varför?</i>
4	A1	A	A
6	A1	A	A
7	A1	A	A
1	A3	B1	A
3	A2	B3	B1
2	A3	B2	B2
5	A3	C	C

Alla informanter tillhör en A-kategori i Tabell 13. Informanternas uppfattningar i kategori A1 innehåller omnämnande av glukos, medan uppfattningarna i kategori A2 och A3 istället innehåller omnämningen av begreppet mat. Informanterna i kategorierna A1 och A2 uppvisade därtill förståelse av att nedbrytare utvinnet energi i nedbrytningen (Tabell 17), vilket inte informanterna i kategori A3 nämnde. Alla informanter, förutom informant 5, vet att växterna är producenter i näringskedjan och att djuren är konsumenter i näringskedjan. De tre informanterna som tillhör kategori A i Tabell 14, har den korrekta förståelsen av att växterna benämns producenter, eftersom de producerar energi i glukos. De fyra informanter som tillhör kategori A i Tabell 15 har den korrekta uppfattningen om att djur är konsumenter, eftersom de äter av den energi som växterna producerat. Informant 5 har en alternativ uppfattning angående termerna, eftersom hen anser att både växter och djur kan vara producenter och konsumenter, eftersom alla producerar och konsumerar någonting.

Informanternas uppfattningar om kolflöde genom **d) nedbrytningen** presenteras i fyra tabeller (Tabell 17–20). I Tabell 17 redogörs uppfattningar om nedbrytningens syfte. I Tabell 18 presenteras vilka skillnader informanterna anser det vara mellan aerob och anaerob nedbrytning. Kolets färd vidare i kretsloppet, efter aerob och anaerob nedbrytning, presenteras därefter i Tabell 19 och 20.

Tabell 17

Nedbrytningens syfte

	<i>Vad är nedbrytningens syfte?</i>	<i>Informant</i>
<i>A</i>	Nedbrytare får mat/ näring/ energi	3, 4, 6, 7
<i>B</i>	Frigöra näring i marken	5
<i>C</i>	Vet inte	1, 2

Av intervjuvaren hos informanterna i kategori A, (informant 3, 4, 6 och 7), framkom uppfattningen om att nedbrytare får mat/ näring/ energi. Informant 3 sade: ”[d]e [nedbrytarna] får väl mat av det”. Informant 4 förklarade: ”[n]å de är de här mikroorganismerna som äter, eller äter och äter, men alltså får näring ur dem [döda organismer]”. Informant 6 svarade: ”så att de [nedbrytarna] får mat” och informant 7 svarade: ”nä de [nedbrytarna] får väl energi av det”. Informant 5 tillhör kategori B, eftersom hans fundering kring nedbrytningens syfte var:

”kommer det näring i jorden, typ?”. Informanterna 1 och 2 svarade båda ”vet inte”, och tillhör därmed kategori C.

Tabell 18

Skillnader mellan aerob och anaerob nedbrytning

	<i>Vilken skillnad finns mellan aerob och anaerob nedbrytning?</i>	<i>Informant</i>
<i>A1</i>	Bryts inte ner helt vid anaerob nedbrytning, och fossilt material kan bildas	4, 5, 6
<i>A2</i>	Bryts inte ner helt vid anaerob nedbrytning, och det bildas hårt sten-liknande material.	3
<i>B</i>	Bryts ner helt i både aerobt och anaerobt, men det tar längre i anaeroba förhållanden.	1
<i>C</i>	Vet inte	2, 7

I sina intervjuer berättade informanterna 4, 5 och 6 att en skillnad mellan aerob och anaerob nedbrytning är att fossilt material kan bildas. Dessa tillhör därmed kategori A. Informant 3 uttryckte sig däremot så här: ”i en syrefattig miljö händer det inte så mycket. Det blir till sist bara hårt, som stenar”. Hen tillhör därför kategori B1. Informant 1 tillhör kategori B2, eftersom hen i sin intervju sade att den enda skillnaden mellan aerob och anaerob nedbrytning är att: ”de bryts ner långsammare om de int finns luft”. På min fråga om allt bryts ner helt och hållet, oavsett om det finns syre eller inte, svarade hen ”ja”. Informanterna 2 och 7, vilka tillhör kategori C, visste att det fanns skillnader mellan aerob och anaerob nedbrytning, men kunde inte säga vilka. Båda informanterna svarade: ”vet inte”.

Tabell 19

Kolflöde vid aerob nedbrytning

	<i>Vart far kolet vid aerob nedbrytning?</i>	<i>Informant</i>
<i>A</i>	Ut i luften som koldioxid	3
<i>B</i>	Blir kvar i marken	2, 5, 6, 7

C	Vet inte	1, 4
---	----------	------

Informant 3 berättade att ”näringsämnen som bryts ner far upp till luften och blir också till koldioxid”, och hen tillhör därmed kategori A. Största delen av informanterna (2, 5, 6 och 7) tillhör kategori B, eftersom de ansåg att kolet blir kvar i marken vid aerob nedbrytning. Informant 2 sade att kolet färdas ”till marken” efter aerob nedbrytning, och att kolet blir kvar där, ”jä”. Informant 5 har samma uppfattning om att kolet färdas till ”[m]arken” efter aerob nedbrytning och blir kvar där, ”[e]h, ja, typ”. Informant 6 hade skrivit: ”kol i marken från nedbrytande organismer” i sin kretsloppsmodell, och i intervjun framkom det att denna uppfattning gäller både aerob och anaerob nedbrytning, trots att hen nämnde en skillnad vid anaerob nedbrytning (Tabell 18). Informant 7 sade: ”[d]e [kolet] som, lagras i olika skikt, och så kommer det nya skikt, och så flyttar de på sig uppåt”. Hen menar att kolet finns kvar i marken tills någon använder det: ”ja, tills vidare. Tills det kommer nån som behöver det [kolet]. Kanske det kommer ett träd som vill ha kolet som näring”. Informant 1 och 4 finns i kategori C, eftersom de båda svarade: ”ingen aning” på frågan om vart kolet färdas vid den aeroba nedbrytningsprocessen.

Tabell 20

Kolflöde vid anaerob nedbrytning

	<i>Vart far kolet vid anaerob nedbrytning?</i>	<i>Informant</i>
A1	Blir kvar i marken, som fossilt material	4, 6
A2	Blir kvar i marken, som hårt sten-liknande material	3
B	Blir kvar i marken, på samma sätt som vid aerob nedbrytning	2, 5, 7
C	Vet inte	1

Informanterna 4 och 6 tillhör kategori A1, eftersom de i sina intervjuer nämnde att fossilt material kan bildas vid anaerob nedbrytning. Informant 4 var lite osäker på sitt svar, men hen uttryckte förståelse av att torv kan bildas vid anaerob nedbrytning. ”Var det bara så att de inte bryts ner om det är syrefritt?... eller är det så att det blir torv?” (informant 4). Informant 6

hade skrivit "[o]lja, elr dylikt från långbevarad kol i marken", och sade "om de int finns syre så kan de bli som olja". Informant 3, i kategori A2, uttryckte förståelse av att kolet blir kvar i marken vid anaerob nedbrytning, (till skillnad från aerob nedbrytning), genom att säga: "[i] en syrefattig miljö händer de int så mycket. De blir till sist bara hårt, som stenar", med vilket hen troligtvis syftade på stenkol. Informanterna 2, 5 och 7, i kategori B, kunde däremot inte säga att det är någon skillnad på vart kolet färdas vidare i kretsloppet beroende på om nedbrytningen har tillgång till syre eller inte, men alla var överens om att kolet blir kvar i "marken" (informant 2 och 5). Informant 7 hade dessutom skrivit i sin kretsloppsmodell: "marken → lagras", och sade att kolen samlas "i avlagringar". Informant 1, i kategori C, visade, liksom vid aerob nedbrytning, ingen förståelse av vart kolet färdas vid anaerob nedbrytning. En sammanfattning av studerandes uppfattningar om kolflöde genom nedbrytningen presenteras nedan i Tabell 21.

Tabell 21

Sammanfattning av tabeller för nedbrytningen

<i>Informant</i>	<i>Kategori i Tabell 17. Nedbrytningens syfte</i>	<i>Kategori i Tabell 18. Skillnaden mellan aerob och anaerob nedbrytning</i>	<i>Kategori i Tabell 19. Kolflöde vid aerob nedbrytning</i>	<i>Kategori i Tabell 20. Kolflöde vid anaerob nedbrytning</i>
6	A	A1	B	A1
4	A	A1	C	A1
3	A	A2	A	A2
5	B	A1	B	B
7	A	C	B	B
2	C	C	B	B
1	C	B	C	C

Informanternas uppfattningar om nedbrytningen är varierande. Fyra informanter i Tabell 17 har den korrekta uppfattningen om att nedbrytarna får energi av att bryta ner dött material, medan två informanter inte uttryckte någon förståelse av syftet. Fyra informanter

tillhör en A-kategori i Tabell 18, eftersom de förklarade att nedbrytningsmaterialet inte bryts ner helt vid anaerob nedbrytning och att fossilt material, eller hårt sten-liknande material, kan bildas. Fyra informanter tillhör kategori B i Tabell 19, eftersom de alla anser att kolet blir kvar i marken vid aerob nedbrytning. Fyra informanter tillhör också en B-kategori i Tabell 20, varav de flesta tillhör kategori B2, eftersom de uppfattar att kolet blir kvar i marken vid anaerob nedbrytning liksom de anser att kolet blir kvar i marken vid aerob nedbrytning. I Tabell 22 presenteras slutligen informanternas alternativa uppfattningar.

De alternativa uppfattningarna i Tabell 22 är renskrivna uttalanden av informanternas svar på intervjufrågor. Tabellen är placerad efter resultaten för forskningsfråga 2, eftersom många alternativa uppfattningar berör forskningsfrågan. Uppfattningarna berör dock också de övriga forskningsfrågorna, och många uppfattningar påverkar informanternas förståelse inom flera delar av kolets kretslopp. Tabellen är uppdelad i temaområden. Flera av uppfattningarna berör informanternas begreppsförståelse och en hel del alternativa uppfattningar berör cellandningen. Informanternas alternativa uppfattningar om växthuseffekten framkom i samband med intervjufrågor till forskningsfråga 3, vilken presenteras i följande kapitel.

Tabell 22

Studerandes alternativa uppfattningar

<i>Alternativ uppfattning</i>	<i>Informant</i>
Grundämnet kol	
Kol kan skapas/ nybildas.	2, 4, 5, 7
Kol är icke-levande natur.	3, 7
Kol färdas genom växternas rötter.	2, 4
Kol är svart, och därför innehåller också olja och aska kol.	4
Kol är en organisk förening.	1
Kol finns endast i den levande naturen.	1
Fotosyntesen	
Fotosyntesens syfte är att producera syre.	1, 2, 5
Glukos innehåller inte kol.	3
Näring innehåller inte kol.	3
Cellandningen	
Cellandningens syfte är att cellerna ska få syre.	3

Växter avger inte koldioxid.	3, 7
Det finns kol i syre.	3, 4, 5
Växter har inte celandning.	7
När trädet har använt glukos släpps syre ut med bladen.	3
Djur avger koldioxid, eftersom maten blandas med syre och då skapas biprodukten koldioxid.	3
Djur får i sig kol via koldioxiden i luften, och andas ut koldioxid eftersom de inte har fotosyntes.	4
Näringskedjan	
Växterna tar upp kol i näring via rötterna.	2, 3, 7
Producenter i en näringskedja kan vara icke-levande.	7
Växter är producenter, eftersom de producerar fotosyntesen	3
I en näringskedja är alla producenter och konsumenter, eftersom "alla producerar nånting" och "alla konsumerar nånting".	5
Djur är konsumenter, eftersom de äter och använder naturresurser	2
Nedbrytningen	
Näringsämnen frigörs i luften vid nedbrytningen.	3
Nedbrytningens syfte är att frigöra näring i marken.	5
Kol lagras i marken vid aerob nedbrytning.	2, 5, 6, 7
Nedbrytningen är fullständig i anaeroba förhållanden.	1
Växthuseffekten	
Koldioxid finns inte naturligt i atmosfären.	3
Växthuseffekten skyddar organismer mot farlig strålning.	2, 3
Växthuseffekten innebär att ett lager blir tunnare i atmosfären, och det blir därför varmare när solstrålarna kommer igenom mera.	5
Växthuseffekten är inte en naturlig process. Människorna har framkallat växthuseffekten genom användning av kol.	5
Växthuseffekten är en benämning på koldioxidens negativa inverkan i atmosfären, som leder till klimatförändringar.	4
Övrigt	
Levande och icke-levande natur interagerar inte med varandra.	1
Ozonskiktet består av strålning.	2
Organiskt material innebär att materialet är utvecklat av naturen, och inte av t.ex. människor.	4

Träd är inte levande natur.	4
Kol finns inte i havsvattnet.	1, 7
Haven är en kolsänka, eftersom döda organismer lagras i havsbotten.	6

4.3. Studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp

I detta kapitel presenteras resultaten för forskningsfråga 3: *Hurdana är studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp?* Informanternas uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp presenteras i fyra tabeller (Tabell 23–26). I Tabell 23 presenteras studerandes uppfattningar om hur människan deltar i kolets kretslopp och Tabell 24 presenterar vilka konsekvenser människans påverkan har. I Tabell 25 presenteras uppfattningar om växthuseffekten och i Tabell 26 sammanfattas informanternas uppfattningar.

Tabell 23

Människans del i kolets kretslopp

	<i>Hur deltar människan kolets kretslopp?</i>	<i>Informant</i>
A1	Naturlig del + användning av fossila bränslen + metanutsläpp via boskapsskötsel	7
A2	Naturlig del + användning av fossila bränslen	3, 4, 5, 6
A3	Naturlig del + användning av kol i form av träkol	2
C	Vet inte	1

Samtliga informanter i A-kategorierna vet att människan påverkar kolets kretslopp. Informanternas uppfattningar om hur denna påverkan ser ut varierar dock en aning. Alla informanter i A-kategorierna nämnde en naturlig del, vilket innebär att människan är en levande varelse och liksom alla övriga levande organismer är en aktiv aktör i kolets kretslopp. I kapitel 4.1, där den första forskningsfrågan redovisas, framkommer också att alla informanter vet att kol finns i den levande naturen (Tabell 6). Den naturliga inverkan på kretsloppet var också bland det första som informanterna nämnde som svar på intervjufrågorna angående människan. Här följer några exempel: ”[n]å jag tänker på när människor dör” (informant 2), ”ja de

[människor] andas ju ut koldioxid också” (informant 3), ”[n]å nog andas vi ju kol och äter kol” (informant 5) och ”[n]å vi äter sånt som innehåller kol” (informant 7).

Informanterna i kategorierna A1 och A2 sade också att människan använder fossila bränslen. Informanterna 3, 4 och 6 nämnde antingen begreppet olja eller begreppet bensin, och informanterna 5 och 7 pratade om avgaser från bilar. ”[U]tsläppen” från ”fabriker och bilar”, ”de har ju kol i sig” och ”man gräver fram kol och använder det... som bensin” (informant 3). ”På de där med havsbotten så tänkt jag att kolet int bryts ner, utan att det blir till olja som används i fabriker”, därav ”kommer också koldioxid från fabriker och bilar” (informant 4). ”Nå vi kör bilar och avger mycket avgaser” (informant 5). ”[O]m de [oljan] pumpas upp och förbränns så släpps kolen ut i luften igen och så ökar kolen i luften, så här procentmässigt” (informant 6). Hen påpekade också att människan vill använda olja ”för att laga bensin, om de nu består av olja, eller för förbränning så man får energi” (informant 6). Informant 7 sade: ”vi släpper ut mycket kol i atmosfären”, ”via koldioxid från fabriker, och så finns de ju kol i metan, som finns i boskap, typ nötkött och så där. Å avgaser från bilar”. Informant 7 är den enda som också nämnde metan (CH₄).

Informant 2, i kategori A3, nämnde inte fossila bränslen, utan pratade endast om användning av kol. Hen resonerade över människans användning av träkol: ”jag tänker som trädkol”, som människan behöver för ”uppvärmning”. Hen hade också skrivit i sin kretsloppsmodell: ”[t]räd som brinner blir till trädkol”. På frågan om människan använder kol på några andra sätt svarade informanten: ”[s]äkert gör vi, men jag vet inte”. Informant 1 tillhör kategori C, eftersom hen inte kunde ge några exempel på människans inverkan på kolets kretslopp. ”Nä, jag kommer inte på” (informant 1). I Tabell 24 presenteras informanternas uppfattningar om vilka konsekvenser människans del i kolets kretslopp medför.

Tabell 24

Människans påverkan i naturen

	<i>Hur påverkar människan naturen, genom sitt deltagande i kolets kretslopp?</i>	<i>Informant</i>
A	Klimatet förändras, när kolhalten ökar i atmosfären och bidrar till växthuseffekten	3, 4, 6, 7

B	Klimatet förändras, när kolhalten ökar i atmosfären, framkallar växthuseffekt och tunnar ut ozonskiktet	5
C	Vet inte	1, 2

De flesta informanter, (nummer 3–7), nämnde i sina intervjuer att människan, genom sitt deltagande i kretsloppet, påverkar klimatet. Eftersom informant 3, 4, 6 och 7 nämnde att en ökande kolhalt i atmosfären bidrar till växthuseffekten, tillhör dessa kategori A. Informant 3 sade: ”de är som när det blir varmare, när koldioxiden ha blivit mycket mera” och ”de är människan som gjort den [växthuseffekten] snabbare”. Informant 4 sade: ”[d]e blir varmare... eller klimatförändringar överlag, int bara att de blir varmare, det kan också bli kallare”, vilket orsakas av ”oss människor”. Informant 6 sade: ”då de [koldioxiden] blir mer... än va de normalt är... så då de kommer ut så blir de så mycket på en gång... de bidrar ju ti växthuseffekten”. Informant 7 sade: ”via avgaser”, ”sådär växthusgaser”, ”desto mera sånt så desto varmare blir det”. Informant 5, som tillhör kategori B, var inne på att ozonskiktet tunnare när kolhalten ökar: ”[n]är vi använder för mycket kol så far de upp i himlen... och så är de nåt med att ett lager blir tunnare, och de får de int bli, för då kommer solstrålarna mera igenom och så blir de för varmt”. Hen pratade också senare om växthuseffekten: ”människorna har framkallat den [växthuseffekten], just eftersom vi använder för mycket kol å sånt”. Informant 1 och 2, i kategori C, kopplade inte samman människans deltagande i kolets kretslopp, med en direkt påverkan i naturen. I Tabell 25 presenteras informanternas uppfattningar om växthuseffekten.

Tabell 25

Växthuseffekten

	<i>Vad är växthuseffekten?</i>	<i>Informant</i>
A	Naturlig process, där växthusgaser behåller solens värme kring jorden	6, 7
B1	Process som människan framkallat, där växthusgaser behåller solens värme kring jorden	5
B2	Växthuseffekten är koldioxidens negativa påverkan i atmosfären, som leder till klimatförändringar	4
C1	Förstörelse av ozonskiktet i atmosfären	3

C2	Ozonskikt som skyddar mot solens strålning	2
C3	Vet inte	1

Informant 6 och 7, i kategori A, förstår att växthuseffekten är en naturlig process, som människan förstärker genom sin kolanvändning. Informant 6 förklarade att växthuseffekten är naturlig: ”[j]å, men den blir starkare”, och att den innebär att: ”solens värme typ far in mot jorden, och så kan int de studsa tillbaka så då blir de för varmt”. Informant 7 berättade först om koldioxidens uppgift i atmosfären: ”[d]et är temperaturen, såhär växthusgaser”, ”desto mera sånt så desto varmare blir det. För att de som låser in de där solstrålarna, de far int tillbaka ti rymden, utan stannar i atmosfären”. Hen sade vidare att växthuseffekten är en naturlig process: ”[j]a de är den, men människor har ökat på den” (informant 7). Informant 5 tillhör kategori B1, då hen anser att växthuseffekten inte är en naturlig process: ”de är ju nog vi människor som har framkallat den, just eftersom vi använder för mycket kol å sånt”. Hen förklarade vidare att växthuseffekten innebär att det: ”blir som ett växthus, och så kommer int solstrålarna ut tillbaka”, vilket hen också anser vara: ”[d]åligt” (informant 5).

Informant 4, i kategori B2, berättade i sin intervju om koldioxidens uppgift i atmosfären: ”tror int de är positiva påverkningar”. Hen säger sig veta vad växthuseffekten innebär till viss del: ”[j]a till viss del. Det blir varmare. Men sen klimatförändringar överlag, int bara att de blir varmare, de kan också bli kallare. Men mera ingående än så kan jag inte.”

I sina intervjuer pratade både informant 2 och 3 om ozonskiktet, men med olika utgångspunkter. Informant 3, som tillhör kategori C1, förklarade att växthuseffekten är: ”när de blir varmare, när koldioxiden ha blivi mycket mera. De är väl när ozonskiktet ha blivi förstört som de blir varmare”. Informant 2, som tillhör kategori C2, förklarade däremot: ”int vet jag om jag tänker på rätt sak, men att skydda från de där strålning”, ”de där ozonlagret så består ju av strålning”. Informant 1 tillhör kategori C3, eftersom hens svar var: ”inte vet jag”. I Tabell 26 sammanfattas informanternas uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp.

Tabell 26

Sammanfattning av människans inverkan på kolets kretslopp

<i>Informant</i>	<i>Kategori i Tabell 23. Hur deltar människan i kolets kretslopp?</i>	<i>Kategori i Tabell 24. Vilka konsekvenser har denna påverkan i naturen?</i>	<i>Kategori i Tabell 25. Vad är växthuseffekten?</i>
6	A2	A	A
7	A1	A	A
4	A2	A	B2
3	A2	A	C1
5	A2	B	B1
2	A3	C	C2
1	C	C	C3

Alla informanter förutom informant 1 tillhör en A-kategori i Tabell 23, vilket indikerar att informanterna uppfattar att människan har en naturlig del i kolets kretslopp och därutöver påverkar kolets kretslopp genom sina handlingar. Informanterna i A1- och A2-kategorierna nämnde att sådan påverkan kan vara fossila bränslen. Fyra informanter vet att klimatet förändras till följd av att kolhalten ökar i atmosfären och bidrar till växthuseffekten. Informanten i B-kategorin i Tabell 24 nämnde också växthuseffekten, men hen resonerade också kring en uttunning av ozonskiktet. Två informanter, vilka tillhör C1- och C2-kategorin i Tabell 25, ansåg också att växthuseffekten handlar om ozonskiktet. Informanterna i B-kategorierna uppfattar dock att växthuseffekten leder till klimatförändringar. Informanten i kategori B1 uppfattar dock att människan har framkallat växthuseffekten, och att processen inte förekommer naturligt. Informanten i B2-kategorin anser däremot att växthuseffekten är en benämning på koldioxidens negativa inverkan i atmosfären. I följande kapitel presenteras forskningsfråga 4.

4.4. Studerandes uppfattningar om relationen mellan olika delar i kolets kretslopp

I detta kapitel presenteras resultaten för forskningsfråga 4: *Hurdana är studerandes uppfattningar om relationen mellan olika delar i kolets kretslopp?* Analysen av denna forskningsfråga skiljer sig från de övriga tre forskningsfrågorna, vilket är orsaken till att resultatredovisningen i Tabell 27 och 28 är annorlunda i jämförelse med de tidigare tabellerna. Kategorierna är därmed inte indelade i nivåerna A, B och C. I Tabell 27 presenteras den längsta sammankopplade länken mellan delar i kolets kretslopp för varje informant. I Tabell 28 presenteras därefter det totala antalet sammanlänkade kopplingar mellan delar i kolets kretslopp, för både den ritade kretslopps bilden och för intervjun. Tre av samtliga sju informanter lyckades skapa ett fullständigt kretslopp med sju sammanlänkade kopplingar, medan de övriga fyra informanterna hade ofullständiga kretslopp.

Tabell 27

Den längsta korrekta kopplingen mellan olika delar i kolets kretslopp

<i>Antal korrekta kopplingar</i>	<i>Informant (intervju)</i>
<i>Sju sammanlänkade korrekta kopplingar. (fullständiga kretslopp)</i>	<p>4: trädet "[t]ar upp kol, eller koldioxid ur luften" –1– till trädets "fotosyntes", "som produkt av det så kommer socker", "glukos" –2– "då antar jag att hjorten äter av de här växterna" –3– "sen kan de väl hända att den [vargen] äter upp den här hjorten", "glukos finns i näring" –4– till nedbrytningen, "jag tänkt mig...att dött materia sku innehålla kol" –5– "så tänkt jag också att kolet int bryts ner och att de blir olja" –6– "å så används det i de där fabriker" –7– "koldioxid" till luften "från fabriker och bilar"</p> <p>6: "koldioxid ur luften" –1– växtens "fotosyntes", "glukos" –2– växtätare –3– köttätare, ("då får han [vargen] sin energi från hjorten, som fått sin energi från växterna") –4– nedbrytning, när</p>

	<p>organismer ”dör och förmultnar”, ”om de int finns syre” –5– ”kan de bli som olja” –6– ”om de pumpas upp och förbränns” – 7– ”så släpps kolen ut i luften igen”</p> <p>7: ”koldioxid” från luften –1– ”via fotosyntesen” till ”trädet”, (”glukos”) –2– till växtätare ”som äter av trädet” –3– och till vargen ”när den äter hjorten” –4– till nedbrytningen, (”de hamnar ner i jorden och bryts ner av organismer”) –5– där kolet ”lagras i olika skikt” –6– människan hämtar kolet ”från berggrunden” och ”släpper ut mycket kol i” –7– ”atmosfären” (”från fabriker...å avgaser från bilar”)</p>
<i>Fem sammanlänkade korrekta kopplingar</i>	<p>1: växt –1– växtätare, får kol ”då de äter från andra växter” –2– köttätare ”äter andra djur, som har kol i sig” –3– nedbrytning där ”döda djur ha brutits ner” –4– ”till olja” –5– ”och så använder man [människan] e som bränsle till olika saker”</p>
<i>Fyra sammanlänkade korrekta kopplingar</i>	<p>2: koldioxid”, ”från luften” /”från mänskan via andning” –1– fotosyntes i trädet, ”så produceras socker” –2– hjorten ”äter växter” –3– ”rovdjur... äter andra djur” –4– kolet far ”ti marken” vid nedbrytning av ”ett dött djur”</p> <p>3: ”fiskar och snäckor dör” –1– ”samlas på havsbotten och bryts ner i syrefattig miljö och” –2– ”blir till kol”, “till olja tänkte jag” –3–människan “använder... det i de där fabrikererna” – 4– ”där koldioxid släpps ut i gasform, ut igen till luften”</p> <p>5: luften –1– ”växterna” (”tar solenergi och vatten och typ koldioxid”, ”från luften”, ”och så utger de socker och syre”) –2– växtätare –3– köttätare ”djur äter kol” (”växter och andra djur”) –4– döda organismer ”bryts...ner i marken”</p>

Informanterna 4, 6 och 7 konstruerade alla fullständiga kretslopp, med sju sammanlänkade korrekta kopplingar. Kopplingarna redogörs för i Tabell 27 med stöd av citat och de sammanlänkade kopplingarna visualiseras med tankstreck och numrering (–x–). Utöver dessa exempel har en del informanter också funnit flera korrekta kopplingar mellan delarna. Ett exempel på en sådan länk är atmosfär –1– växt –2– koldioxid tillbaka till atmosfären. I Tabell

28 presenteras det totala antalet sammanlänkade kopplingar mellan delar i kolets kretslopp som informanterna redogjort för under intervjun och i den ritade kretslopps bilden.

Tabell 28

Sammanlagda antalet korrekta kopplingar i bild och intervju

<i>Antal sammanlänkade korrekta kopplingar</i>	<i>Informant (bild)</i>	<i>Informant (intervju)</i>
<i>Sju kopplingar</i>	-	4, 6, 7
<i>Fem kopplingar</i>	-	1
<i>Fyra kopplingar</i>	-	2, 3(2), 5
<i>Två kopplingar</i>	2, 3	-
<i>En koppling</i>	6, 7	1, 3(2), 4, 5, 6
<i>Ingen koppling</i>	1, 4, 5	-

I Tabell 28 presenteras det totala antalet korrekta kopplingar mellan olika delar i kolets kretslopp. Flest antal korrekta kopplingar är sju stycken och samtliga informanter uppvisar minst fyra korrekta kopplingar, vilket också illustreras i Tabell 26. Samtliga informanter har fler antal korrekta kopplingar under intervjun i jämförelse med den ritade kretslopps bilden, där en del informanter inte redogjorde för en enda korrekt koppling. Till exempel har informant 4 inte ritat en enda korrekt koppling i sin kretslopps bild, men under intervjun lyckades hen berätta om ett fullständigt kretslopp. En tvåa i parentes (2) efter en informants nummer indikerar att informanten i fråga uppvisade två olika kopplingar inom samma kategori. T.ex. uppvisade informant 3 två olika kopplingar mellan fyra olika delar i kolets kretslopp, vilket alltså benämns 3(2) i tabellen. Utöver det exempel som presenteras i Tabell 27 redogjorde hen också för relationen mellan växt –1– växtätare –2– köttätare –3– nedbrytare –4– och atmosfären. I följande kapitel ges en sammanfattning av resultaten.

4.5. Sammanfattning av gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp

I tabellerna för forskningsfråga 1–3, (Tabell 5–6, 8–10, 12–15, 17–20 och 23–25), kategoriseras informanternas uppfattningar i nivåerna A, B och C. A-nivå indikerar en korrekt uppfattning, B-nivå indikerar en alternativ uppfattning och C-nivå indikerar en mer felaktig alternativ uppfattning, eller ingen uppfattning alls. I Tabell 29 presenteras en sammanfattning av totala antalet uppfattningar inom vardera kategorinivå.

Tabell 29

Totala antalet uppfattningar inom varje kategorinivå

<i>Kategorinivå</i>	<i>Forskningsfråga 1 Grundämnet kol</i>	<i>Forskningsfråga 2 Ekologiska processer</i>	<i>Forskningsfråga 3 Människans inverkan</i>
<i>A</i>	7	39	12
<i>B</i>	5	18	3
<i>C</i>	2	20	6
<i>Totalt antal</i>	14	77	21

Inom forskningsfråga 1 (hurdana är studerandes uppfattningar om grundämnet kol?) är sju uppfattningar på A-nivå och sju är alternativa uppfattningar. Inom forskningsfråga 2 (hurdana är studerandes uppfattningar om kolflöde genom de ekologiska processerna?) är 77 uppfattningar kategoriserade, vilka sammanfattas ytterligare i Tabell 30. Inom forskningsfråga 3 (hurdana är studerandes uppfattningar om människans inverkan på kolets kretslopp?) är 12 av 21 uppfattningar på A-nivå och nio är alternativa uppfattningar, varav sex är på C-nivå. De två vanligaste alternativa uppfattningarna (vilka vardera finns hos fyra informanter), är att *kol kan skapas eller nybildas* och att *kol lagras i marken vid aerob nedbrytning* (Tabell 22).

Tabell 30

Sammanfattning av uppfattningar i tabellerna inom forskningsfråga 2

<i>Kategorinivå</i>	<i>Fotosyntesen</i>	<i>Cellandningen</i>	<i>Näringskedjan</i>	<i>Nedbrytningen</i>
<i>A</i>	12	1	14	12
<i>B</i>	4	-	5	9
<i>C</i>	5	6	2	7
<i>Totalt antal</i>	21	7	21	28

Informanternas uppfattningar inom de ekologiska processerna är varierande. Antalet uppfattningar på A-nivå är fler än de alternativa uppfattningarna på B- och C-nivå i tabellerna om fotosyntesen och näringskedjan. De alternativa uppfattningarna är dock fler inom cellandningen och nedbrytningen. Inom cellandningen är få uppfattningar presenterade. Endast en (Tabell 12) presenteras om cellandningens syfte, i vilken sex informanter svarade att de inte vet vad cellandningens syfte är.

Tre informanter lyckades skapa fullständiga kretslopp, medan fyra informanter skapade ofullständiga kretslopp (Tabell 27). De informanter som har konstruerat fullständiga kretslopp (nummer 4, 6 och 7) tillhör fler A-kategorier i jämförelse med de informanter som har konstruerat ofullständiga kretslopp (nummer 1–3 och 5). En sammanfattning av antalet kategorier, som de enskilda informanterna tillhör, presenteras i Tabell 31.

Tabell 31

Sammanfattning av informanternas nivå-kategorier i resultattabellerna

<i>Informant</i>	<i>Antal A-kategorier</i>	<i>Antal B-kategorier</i>	<i>Antal C-kategorier</i>
7	11	3	2
6	14	2	-
5	6	7	3
4	10	4	2
3	11	2	3
2	3	6	7
1	3	2	11

I tabellen framkommer att informanternas uppfattningar om kolets kretslopp är varierande. Särskilt goda uppfattningar har informant 6, medan informant 1 uppvisar mycket

svaga uppfattningar om kolets kretslopp. Av informanterna 3 och 4, vars kategorier är väldigt jämna i jämförelse med varandra, konstruerade enbart nummer 4 ett fullständigt kretslopp.

5. Diskussion

I detta kapitel diskuteras resultaten i relation till tidigare forskning. Valet av datainsamlingsmetod och analysmetod diskuteras i kapitel 5.1 och resultaten diskuteras i kapitel 5.2. Avslutningsvis ges förslag till fortsatt forskning i kapitel 5.3.

5.1. Metoddiskussion

Avhandlingens syfte är att undersöka studerandes uppfattningar om kolets kretslopp. Valet av forskningsansatsen fenomenografi lämpade sig därmed väl, eftersom ansatsens fokus är att studera skillnader i människors uppfattningar (Dahlgren & Johansson, 2009). Datainsamlingsmetoden halvstrukturerad intervju, tillsammans med teckningar som underlag, fungerade väl med tanke på syftet. Det var intressant att erfara att de studerande berättade mer om sina uppfattningar under intervjutillfället än vad som framkom i deras ritade kretsloppsbilder. Alla informanter uppvisade en mer omfattande kunskap om kolets kretslopp under intervjun än vad som framkom i deras ritade kretsloppsbilder. Informant 4 redogjorde t.ex. inte för en enda korrekt koppling mellan delarna i kolets kretslopp i sin teckning, men kunde under intervjun berätta om ett fullständigt kretslopp (Tabell 28). Teckningar i kombination med berättande om egna uppfattningar har tidigare också visat sig vara en bra metod för att undersöka människors uppfattningar (Köse, 2008).

En nackdel med valet av en kvalitativ forskningsmetod är dock att forskningen inte är statistiskt generaliserbar (Fejes & Thornberg, 2009), vilket också skulle ha varit intressant med tanke på syftet. Kvantitativa studier har tidigare också gjorts angående studerandes uppfattningar om kolets kretslopp (Düsing m.fl., 2019). I detta fall anser jag trots allt att valet av intervju var att föredra, med tanke på det mervärde som intervjudiskussionerna tillförde.

Eftersom personliga uppfattningar undersöks är syftet inte att värdera uppfattningarna i riktiga eller felaktiga, utan att beskriva hurdana uppfattningarna är (Alexandersson, 1994; Dahlgren & Johansson, 2009). Under intervjun poängterade jag detta för informanterna, i hopp om att informanterna då skulle berätta ärligt om sina uppfattningar, vilket jag upplever att informanterna gjorde. Trots att avhandlingens syfte inte är att undersöka rätt och fel är studerandens uppfattningar kategoriserade i korrekta och alternativa uppfattningar enligt nivåerna A, B och C, vilket var ett avgörande beslut i analysprocessen. Orsaken till detta är att

indelningen fördjupar förståelsen av hurdana uppfattningarna är och utmärker skillnader mellan uppfattningarna, vilket är ett mål inom den fenomenografiska ansatsen (Dahlgren & Johansson, 2009).

Analysmetoden meningskoncentrering var också väl lämpad för analys av datamaterialet. Genom att koncentrera informanternas utsagor i en mer komprimerad form kunde ändamålsenliga kategorier formas. Ett avgörande beslut i kategoriseringsprocessen var att dela in kategorierna enligt nivåerna A-, B- och C, vilket gav struktur åt analysprocessen och förtydligade resultaten. beskrivningskategorier, vilket är typiskt inom den fenomenografiska forskningsansatsen (Alexandersson, 1994; Larsson, 1986).

5.2. Resultatdiskussion

För att till fullo förstå ett vetenskapligt fenomen, såsom kolets kretslopp, behövs ett vetenskapligt tänkande. Korrekta uppfattningar om de ekologiska processerna och förmåga att tänka hierarkiskt är en väsentlig grund för systemtänkande, vilket i sin tur är nödvändigt för förståelse av kolets kretslopp. (Kali m.fl., 2003.) Ifall en studerande inte innehar dessa förmågor kommer hen att skapa alternativa uppfattningar om kolets kretslopp (Hartley m.fl., 2011), vilket också framkommer i denna undersökning.

De studerandes uppfattningar är varierande. I kapitel 4.1 framkommer det att flera studerande har alternativa uppfattningar om vad grundämnet kol är. Vardagliga uppfattningar, bl.a. att kol är svart (Tabell 22), kan vara en orsak till detta, eftersom vardaglig förståelse av vetenskapliga begrepp är en orsak till att alternativa uppfattningar skapas (Lin & Hu, 2003; Tekkaya, 2002; Özay & Öztaş, 2003). I kapitel 4.2 uppvisar de studerande en svag förståelse av cellaningens syfte (Tabell 12), vilket troligen är en annan förklaring till att flera av dem inte kunde redogöra för ett fullständigt kretslopp (Tabell 27). De studerande lyckades bättre förklara de övriga ekologiska processerna, även om de också hade flera alternativa uppfattningar inom fotosyntesen, näringskedjan och nedbrytningen. I Tabell 32 presenteras en jämförelse av de alternativa uppfattningar som presenteras i teorikapitlet och de alternativa uppfattningar som framkommer i resultaten. De numrerade alternativa uppfattningarna märkta i fet stil är tagna från Tabell 22.

Tabell 32*Jämförelse av alternativa uppfattningar i teori och resultat*

1. Fotosyntesens syfte är att producera syre.
Fotosyntesens syfte är gasutbyte, där koldioxid tas in och syre avges (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
2. Växterna tar upp kol i näring via rötterna.
Växter får sin näring/mat från marken (Ahopelto m.fl., 2011; Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
Nedbrytningsprodukterna är energi för växterna (Köse, 2008; Hartley m.fl., 2011).
3. Cellandningens syfte är att cellerna ska få syre.
Cellandning är det samma som andning (Tekkaya, 2002).
4. Växter har inte cellandning.
Växter har inte cellandning, de har fotosyntes istället (Köse, 2008; Tekkaya, 2002).
5. I en näringskedja är alla producenter och konsumenter, eftersom "alla producerar nånting" och "alla konsumerar nånting".
Växter kallas producenter eftersom de producerar frukt och grönsaker åt människan (Köse, 2008; Özay & Öztaş, 2003).
6. Levande och icke-levande natur interagerar inte med varandra.
Levande organismer interagerar inte med den icke-levande naturen (Tekkaya, 2002).
7. Kol lagras i marken vid aerob nedbrytning.
Vid nedbrytningen stannar allt i jorden (Helldén, 1999).

Flera av de alternativa uppfattningar som framkommer i undersökningen motsvarar de alternativa uppfattningar som i tidigare forskning visat sig vara allmänna bland elever och studerande (Tabell 1–4). Uppfattningarna 3, 4 och 7 visar på bristande kunskaper om cellandningen. Uppfattning 2 kan kopplas till en otillräcklig förståelse av vad energi är och varifrån det kommer, vilket Gallegos m.fl. (1994) förklarar är ett hinder för att studerande ska förstå kopplingar mellan de ekologiska processerna. Uppfattning 6 visar också att den studerandes systemtänkande är bristfälligt.

Systemtänkande är en grundläggande färdighet för att kunna förstå naturens komplexa ämneskretslopp (Kali m.fl., 2003). Till förståelse av delar i kolets kretslopp hör förutom de ekologiska processerna också människans verksamhet. Sex av de sju studerande som deltog i

undersökningen förklarade att människan deltar i kolets kretslopp och fem studerande berättade ytterligare om att människan påverkar kolets kretslopp genom användning av fossila bränslen (Tabell 23). De studerande som har mer korrekta uppfattningar om delarna i kolets kretslopp uppvisar också en bättre helhetsförståelse av kolets kretslopp, vilket överensstämmer med tidigare forskning (Hartley m.fl., 2011; Kali m.fl., 2003). De tre studerande som redogjorde för fullständiga kretslopp (Tabell 27) uppvisar därmed en bättre förmåga till systemtänkande än de fyra studerande som inte redogjorde för fullständiga kretslopp.

I undervisningen vore det viktigt att träna studerandes systemtänkande på olika sätt, eftersom det är vanligt att studerande har ett enkelt kausalt tänkande om komplexa fenomen (Sweeney & Serman, 2007). Förenklad undervisning krävs i skolan då komplexa system presenteras, vilket tydligt framkommer i läromedlen. Biologilitteraturen innehåller ofta alternativa uppfattningar (Storey, 1989). Detta kan också urskiljas i den bild som finns i läromedlet *Korall*, vilket är den litteratur som används i det gymnasium där undersökningen genomfördes (Figur 2). En mycket förenklad bild av ett komplext kretslopp kan medföra att de studerande tror att det är ett enkelt fenomen (Hartley m.fl., 2011). Lärarens egen ämneskunskap och pedagogiska tillvägagångssätt har en stor betydelse för att studerande ska kunna bearbeta sina alternativa uppfattningar, vilket handlar om att erhålla en djupare och mer korrekt förståelse av fenomenet (Maskiewicz & Lineback, 2013).

Jag hoppas att lärare som läser denna avhandling ska finna insikter i hur de kan bedriva en medveten undervisning, som främjar korrekta uppfattningar inom de naturvetenskapliga ämnena. Trots att undersökningen behandlar gymnasiestuderandes uppfattningar om kolets kretslopp kan principerna också tillämpas inom övriga naturvetenskapliga teman. Jag har under skrivprocessen fått reflektera över min egen framtida undervisning och tar med mig en del principer som jag tror är särskilt viktiga. För det första att läraren själv bör ha korrekta uppfattningar om det hen ska undervisa (Hemmi m.fl., 2020; Köse, 2008). För det andra att läraren bör ha insikt i vilka alternativa uppfattningar som är särskilt allmänna (Hartley m.fl., 2011). För det tredje att läraren är medveten om hur hens metoder påverkar studerandes uppfattningar (Lin & Hu, 2003; Tekkaya, 2002; Özay & Öztaş, 2003), och kan identifiera riskfaktorer som tenderar att utveckla alternativa uppfattningar (Hartley m.fl., 2011; Tekkaya, 2002). Och slutligen att undervisningen utförs på ett sådant sätt att studerande ges möjligheter att bedöma sina egna uppfattningar, upptäcka alternativa uppfattningar och främja korrekta uppfattningar (Hartley m.fl., 2011; Maskiewicz & Lineback, 2013).

5.3. Förslag till fortsatt forskning

Eftersom lärares uppfattningar påverkar elevers och studerandes uppfattningar skulle det vara intressant att undersöka lärares alternativa uppfattningar om kolets kretslopp. Det skulle vara särskilt intressant att undersöka klasslärares uppfattningar, eftersom de lägger grunden för vidare lärande och inte har studerat lika mycket biologi som ämneslärare. Detta skulle kunna hjälpa lärare att bli mer medvetna om sina egna uppfattningar. Ett annat förslag till fortsatt forskning är att undersöka studerandes uppfattningar inom övriga ämneskretslopp. En undersökning om t.ex. kvävet kretslopp skulle kunna genomföras med ett liknande tillvägagångssätt som använts i denna avhandling.

Litteratur

Ahopelto, I., Mikkilä-Erdmann, M., Anto, E. & Penttinen, M. (2011). Future elementary school teachers' conceptual change concerning photosynthesis. *Scandinavian journal of educational research*, 55(5), s. 503–515.

Alexandersson, M. (1994). Den fenomenografiska forskningsansatsens fokus. I Starrin, B. & Svensson P-G. (Red.), *Kvalitativ metod och vetenskapsteori* (s. 111–132). Studentlitteratur.

Almers, E. (2009). *Handlingskompetens för hållbar utveckling: Tre berättelser om vägen dit*. [Doktorsavhandling, Högskolan i Jönköping]. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3vOpyDC>

Andersson, B. (2008). *Erfarenhetsgestalten kausalitet – En gemensam kärna i många vardagsföreställningar*. Hämtad 5 september 2018, från <https://bit.ly/2PYEeAG>

Bahar, M. (2003). Misconceptions in biology education and conceptual change strategies. *Educational sciences: Theory & Practice*, 3(1), s. 55–64. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3nVMRIY>

Bahar, M., Johnstone, A. H. & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of biological education*, 33(2), s. 84–86. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3hbYY3d>

Bengtsson, D., Weiland, M. & Anderhag, P. (2017). Innehåller silver kol? – en studie om elevers begreppsanvändning när de arbetar med kolets kretslopp. *Forskning om undervisning och lärande*, 1(5), s. 6–25. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/2RC3sFo>

Braeutigam, J. & Reiss, W. (2020). Fostering systems thinking in student teachers of biology and geography – an intervention study. *Journal of biological education*, 54(3), s. 226–244. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3es7Csr>

Cardak, O. & Dikmenli, M. (2016). Student science teachers' ideas about the degradation of ecosystems. *International education studies*, 9(3), s. 95–103. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/2R7HIBo>

Çetin, G. (2007). English and Turkish pupils' understanding of decomposition. *Asia-pacific forum on science learning and teaching*, 8(2), s. 1–24. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3hahkBw>

Chi, M. T. H., Kristensen A. K. & Roscoe R.D. (2012). Misunderstanding emergent causal mechanism in natural selection. I Rosengren, K. S., Brem, S. K., Evans, M. & Sinatra G. M (Red.), *Evolution challenges: integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, (s. 145–173). Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3tsSSxJ>

Çimer, A. (2011). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational research and reviews*, 7(3), s. 61–71. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3hfeBa2>

Çaycı, B. (2018). The impacts of conceptual change text-based concept teaching on various variables. *Universal journal of educational research*, 6(11), s. 2543–2551. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3bue68D>

Cordova, J. R., Sinatra, G. M., Jones, S. H., Taasoobshirazi, G. & Lombardi, D. (2014). Confidence in prior knowledge, self-efficacy, interest and prior knowledge: Influences on conceptual change. *Contemporary educational psychology*, 39(2), s. 164–174. Hämtad 8 maj 2021, från <https://bit.ly/3nXgjOR>

Dahlgren, L. O. & Johansson, K. (2009). Fenomenografi. I Fejes, A. & Thornberg, R. (Red.), *Handbok i kvalitativ analys* (s. 122–133). Liber.

Dedic, Z. R., Garašić, D., Jokić, B., Luksa, Z., Perić, M. S. & Radanović, I. (2015). Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. I Finlayson, O. & Pinto, R.

(Medred.), *Part 1 Strand 1 Learning science: Conceptual understanding* (s. 271–277). Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3o88tlf>

Düsing, K., Asshoff, R. & Hammann, M. (2019). Students' conceptions of the carbon cycle: identifying and interrelating components of the carbon cycle and tracing carbon atoms across the levels of biological organisation. *Journal of biological education*, 53(1), s. 110–125. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3tCkNvo>

Elo, S. & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of advanced nursing*, 62(1), Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2SIuICU>

Fejes, A. & Thornberg, R. (2009). Kvalitet och generaliserbarhet i kvalitativa studier. I Fejes, A. & Thornberg, R. (Red.), *Handbok i kvalitativ analys* (s. 216–234). Liber.

Fisher, K. M. (2001). Overview of knowledge mapping. I Fisher, K. M., Wandersee, J. H. & Moody D. E. (Red.), *Mapping biology knowledge* (s. 1–23). Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/33LMCXP>

Gallegos, L., Jerezano, M. E. & Flores, F. (1994). Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains. *Journal of research in science teaching*, 31(3). Hämtad 11 maj 2021, <https://bit.ly/3f6R3BD>

Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. *Studies in science education*, 25(1), s. 69–96. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3vXLtbq>

Guastello, E. F., Beasley, T. M. & Sinatra, R. C. (2000). Concept mapping effects on Science content comprehension of low-achieving inner-city seventh graders. *Remedial and special education*, 21(6), s. 356–365. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2Qd5R9u>

Hartley, L. M., Wilke, B. J., Schramm, J. W., D'Avanzo, C. & Anderson, C. W. (2011). College Students' Understanding of the Carbon Cycle: Contrasting Principle-based and Informal

Reasoning. *Bio science*, 61(1), s. 65–75. Hämtad 8 november 2018, från <https://academic.oup.com/bioscience/article/61/1/65/304960>

Helldén, G. (1999). A longitudinal study of pupils' understanding of conditions for life, growth and decomposition. I Bandiera M., Caravita S., Torracca E. & Vicentini M. (Red.), *Research in science education in Europe*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y19ZdI>

Hemmi, K., Härmälä-Braskén, A-S & Kurtén, B. (2020). Misconceptions in chemistry among finnish prospective primary school teachers – a long term study. *International journal of science education*, 42(9), s. 1447–1464. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2RJaQii>

Hewson, M. G. & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of research in science teaching*, 20(8), s. 731–743. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3eGzTfj>

Idänpirtti, K., Suutarinen, M. & Tuominen, P. (2016). *Korall 2 – Ekologi och miljö*. Otava.

IPCC: International panel on climate change. (2018a). *Headline statements*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3f8t4C1>

IPCC: International panel on climate change. (2018b). *Summary for policymakers - global warming of 1.5 °C*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2RJGpIQ>

Johansson, Å. (28 maj 2012). Kol – var fanns det från början? *Naturhistoriska riksmuseet*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3oaGQYT>

Kali, Y., Orion, N. & Eylon, B-S. (2003). Effect of knowledge integration activity on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of research in science teaching*, 40(6), s. 545–565. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3hh90jz>

Kinchin, I. M. (2000). Concept mapping in biology. *Journal of biological education*, 34(2), s. 61. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3bifefh>

King, C. J. H. (2009). An analysis of misconceptions in science textbooks: earth science in England and Wales. *International journal of science education*, 32(5), s. 565–601. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3eykD3Y>

Kvale, S. & Brinkmann, S. (2014). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. Studentlitteratur.

Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: using drawings as a research method. *World applied sciences journal*, 3(2), s. 283–293. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3hdWHoh>

Larsson, S. (1986). *Kvalitativ analys – exemplet fenomenografi*. Studentlitteratur.

Larsson, S. (2005). Om kvalitet i kvalitativa studier. *Nordisk pedagogik*, 25(1), s. 16–35. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y4IW0U>

Lazarowitz, R. & Penso, S. (1992). High school students' difficulties in learning biology concepts. *Journal of biological education*, 26(3), s. 215. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2RGIvcL>

Lin, C-Y. & Hu, R. (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis, and respiration. *International journal of science education*, 25(12), (1529–1544). Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y4tcLC>

Maskiewicz, A. C. & Lineback, J. E. (2013). Misconceptions are “so yesterday!”. *Life sciences education*, 12(3), s. 352–356. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3eyz0VU>

Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of chemical education*, 69(3), s. 191–196. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y0eJ3b>

Nationalencyklopedin. (u.å.). Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/33LwOUB>

Olsson, R. (2011). *Hugga eller skydda? Boreala skogar i klimatperspektiv*. Publikation av Svenska Naturskyddsforeningen & Världsnaturfonden WWF. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3o7f6V3>

Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G. & Urban-Lurain, M. (2012). Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. *CBE life sciences education*, 11(1), s. 47–57. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3uFI9S5>

Pearson Education. (2011). Elektronisk presentation: APES Lesson 35 –Biogeochemical cycles. Tillgänglig på hemsidan för Madeira City Schools. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3hiupJi>

Rosenkränzer, F., Hörsch, C., Schuler, S. & Reiss, W. (2017). Student teachers' pedagogical content knowledge for teaching systems thinking: effects of different interventions. *International journal of science education*, 39(14), s. 1932–1951. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3uCikCA>

Storey, D. R. (1989). Textbook errors & misconceptions in biology: photosynthesis. *The American biology teacher*. 51(5), s. 271–274. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y2OmK8>

Sweeney, L. B. & Stermann, J. D. (2007). Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems. *System dynamics review*, 23(2–3), s. 285–312. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3vZljEm>

Tatar, E. & Oktay, M. (2007). Students' misunderstandings about the energy conservation principle: a general view to studies in literature. *International journal of environmental & science education*, 2(3), s. 79–81. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3eBLYSR>

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe üniversitesi eğitim fakültesi dergisi-hacettepe university journal of education*, 23, s. 259–266. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2SD6OZn>

Tekkaya, C., Özkan, Ö. & Sungur, S. (2001). Biology concepts perceived as difficult by Turkish high school students. *Hacettepe üniversitesi eğitim fakültesi dergisi*, 21, s. 145–150. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3uH09vi>

Thinking like a biologist. (2019). *Thinking like a biologist – Using diagnostic questions to help students reason with biological principles*. Hämtad 12 mars 2019, från <http://www.biodqc.org/overview>

Trost, J. (2010). *Kvalitativa intervjuer*. Studentlitteratur.

Tsai, C. C. & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of computer assisted learning*, 18(2), s. 157–165. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y082ON>

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change. (2021). *What is the Paris agreement?* Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3y5577m>

Utbildningsstyrelsen. (2014). *Grunderna för läroplanen för den grundläggande utbildningen 2014*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/2SIGtt4>

Utbildningsstyrelsen. (2019). *Grunderna för gymnasiet läroplan 2019*. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3bkz1KV>

Vikström, A. (2015). Vad är det som gör skillnad? – vad undervisningen måste göra synligt och vad eleverna måste lära sig för att förstå begreppet materia. *Forskning om undervisning och lärande*, 3(15), s. 22–37. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3uHZxFJ>

Waheed, T. & Lucas, A. M. (1992). Understanding interrelated topics: photosynthesis at age14+. *Journal of biological education*, 26(3), s. 193–199. Hämtad 11 maj 2021, från <https://web-a-ebshost-com.ezproxy.vasa.abo.fi/ehost/detail/detail?vid=2&sid=2e5babfa-02bb-4b31-82e0-d5a48e8bd9bb%40sdc-v-sessmgr03&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=9609242436>

Özay, E. & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of biological education*, 37(2), (68–70). Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3hhm9ZR>

Figurer

Figur 1. Pearson Education. (2011). Elektronisk presentation: *APES Lesson 35 – Biogeochemical cycles*. Tillgänglig på hemsidan för Madeira City Schools. Hämtad 11 maj 2021, från <https://bit.ly/3hiupJi>

Figur 2. Idänpirtti, K., Suutarinen, M. & Tuominen, P. (2016), s. 14. *Korall 2 – Ekologi och miljö*. Otava.

Figur 3. Analysmodell. Privat bild.

Bilaga 1*Blankett för godkännande av deltagande i undersökningen*

Godkännande för deltagande i undersökningen

Härmed intygar jag att jag deltar i Sara Rays undersökning för hennes avhandling frivilligt som försöksperson nr _____ och att uppgifterna får användas (i anonym form) i hennes avhandling.

Jag godkänner också att gymnasiets företrädare får bekräfta att jag avlagt följande kurser _____ i biologi och erhållit vitsorden _____ .

(kopia av övre delen ges åt Sara Ray)

Plats _____ 1.2.2019

Underskrift, namnförtydligande

Bilaga 2

Intervjuguide

Intervjuguide

Del 1 – Tre inledande frågor

- Vad är kol?
- Var finns kol?
- Vad är ett kretslopp?

Rita kolets kretslopp.

Del 2 – Intervju

Titta på bilden. Börja vid trädet och utgå ifrån vad informanten skrivit/ritat. Diskutera om det som informanten skrivit/ ritat. Följande intervjufrågor stöder samtalet:

(Fotosyntesen)

- Vid trädet har du skrivit... / Har trädet någon roll i kolets kretslopp?
 - Vad är fotosyntesens syfte?
 - Var finns kolet i fotosyntesen?
 - Vart far kolet sen?
-

(Cellandningen)

- Vid hjorten har du skrivit.../ Har hjorten någon roll i kolets kretslopp?
 - Vad är cellandningens syfte?
 - Vart far kolet sen?
-

(Näringskedjan)

Titta på hjorten och vargen.

- Här har du skrivit... / Har vargen någon roll i kolets kretslopp?
- Vad är en näringskedja?

- Hur färdas kolet genom näringskedjan?
 - Vilka är producenter i en näringskedja, och varför?
 - Vilka är konsumenter i en näringskedja, och varför?
-

(Nedbrytning)

- Här har du skrivit... / Vad händer med hjorten när den dör?
 - Vad är nedbrytningens syfte?
 - Är det någon skillnad på om det finns tillgång till syre eller inte? Vilken?
 - Vart far kolet vid (aerob / anaerob) nedbrytning?
-

(Haven)

- Här har du skrivit.../ Finns kol i haven?
 - Har haven någon del i kolets kretslopp? Isåfall vilken/ vilka?
-

(Bergarter och berggrund)

- Här har du skrivit... / Finns kol i bergarter och berggrund?
 - Varför? Varför inte?
-

(Människan)

- Här har du skrivit... / Deltar människan i kolets kretslopp?
 - Hur deltar människan i kolets kretslopp?
 - Hur påverkar människan naturen, genom sitt deltagande i kolets kretslopp?
-

Titta på bilden.

- Är det någonstans på bilden där det inte finns kol? Isåfall var?
- Är det någonting du vill tillägga till kolets kretslopp?
- Hur kändes det?

Bilaga 3

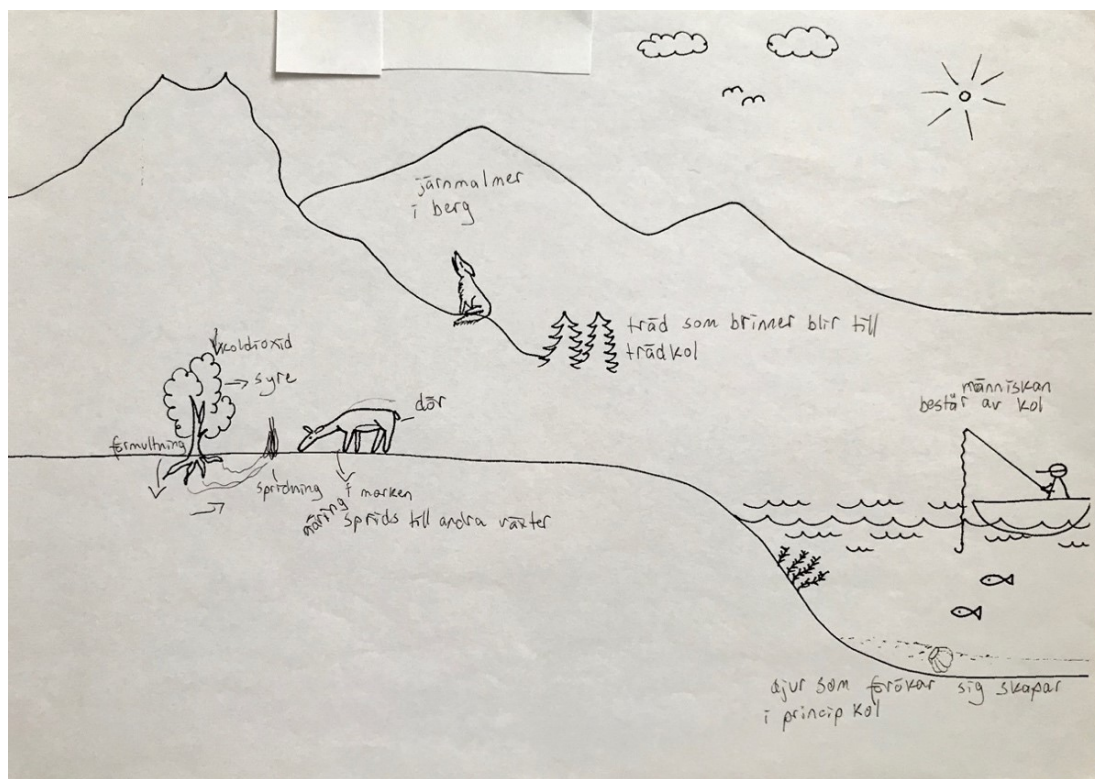
Checklista med begrepp för intervjun

Checklista med begrepp

- energi
- näring
- producent
- konsument
- nedbrytare
- näringskedja
- näringsväv
- fotosyntes
- cellandning
- icke-levande natur
- levande natur
- finns samspel mellan icke-levande och levande natur?
- koldioxid
- kolatom
- kolhydrat
- fett
- protein
- växthuseffekt
- klimatförändring

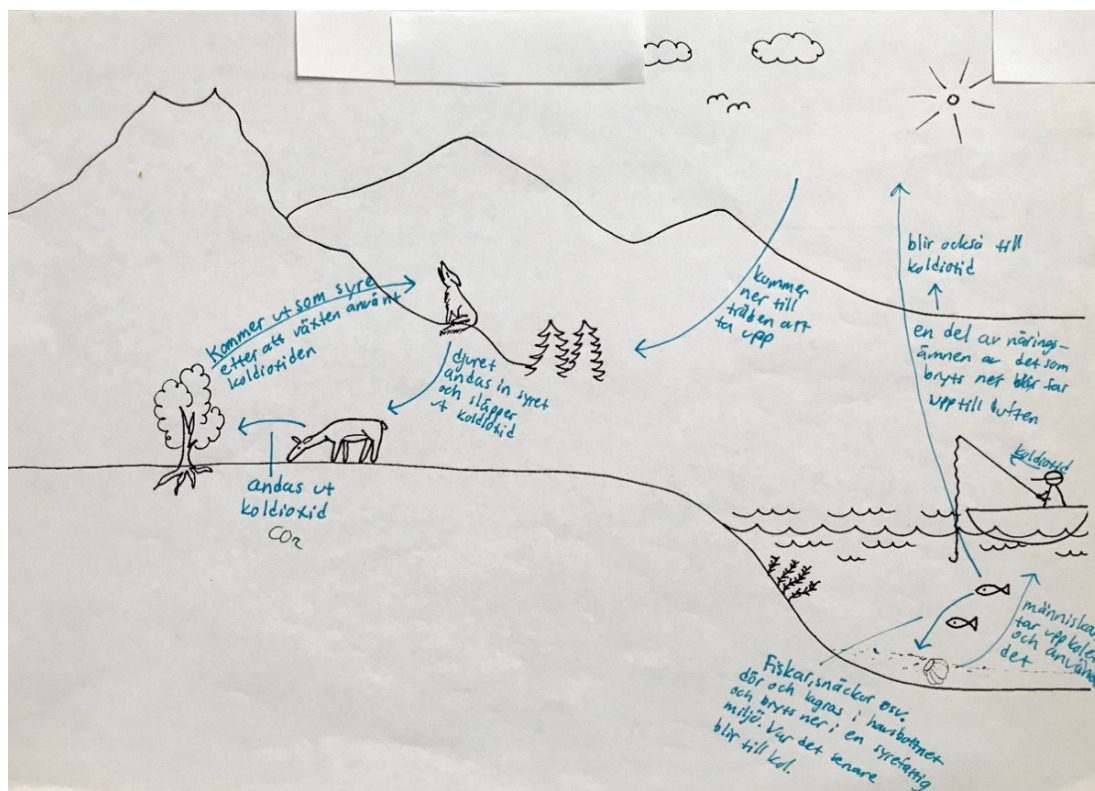
Bilaga 4*Teckningsunderlag*

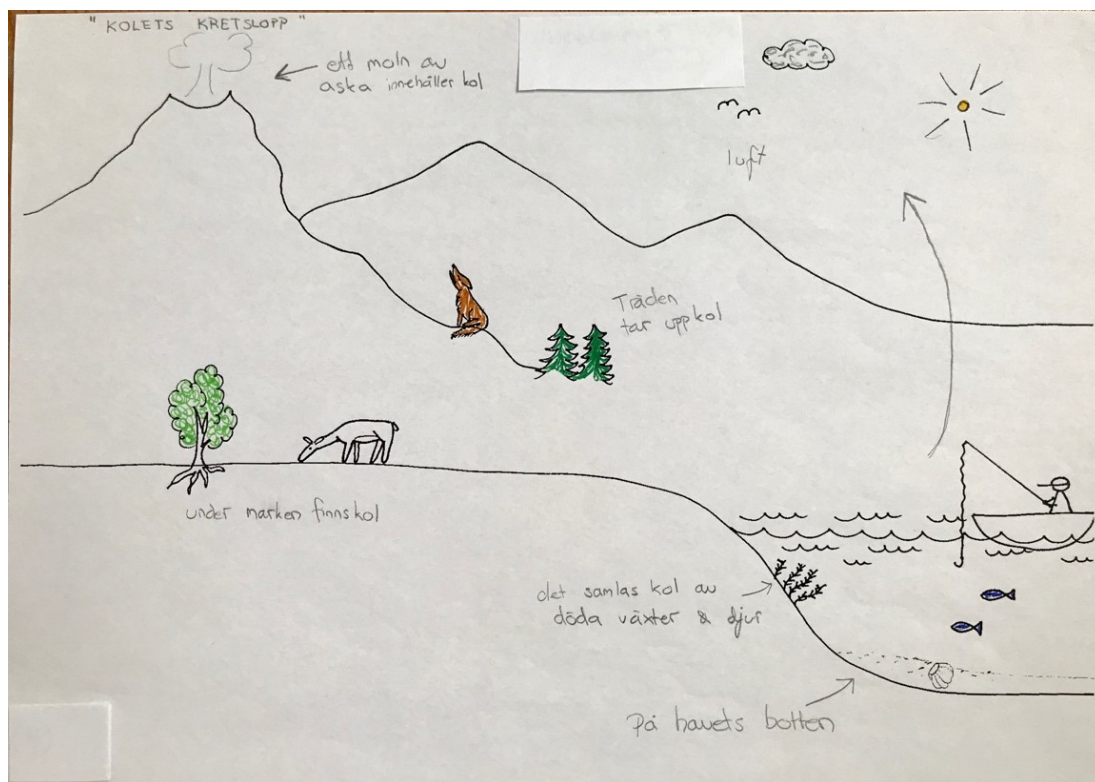
Bilaga 5*Teckning av informant 1*

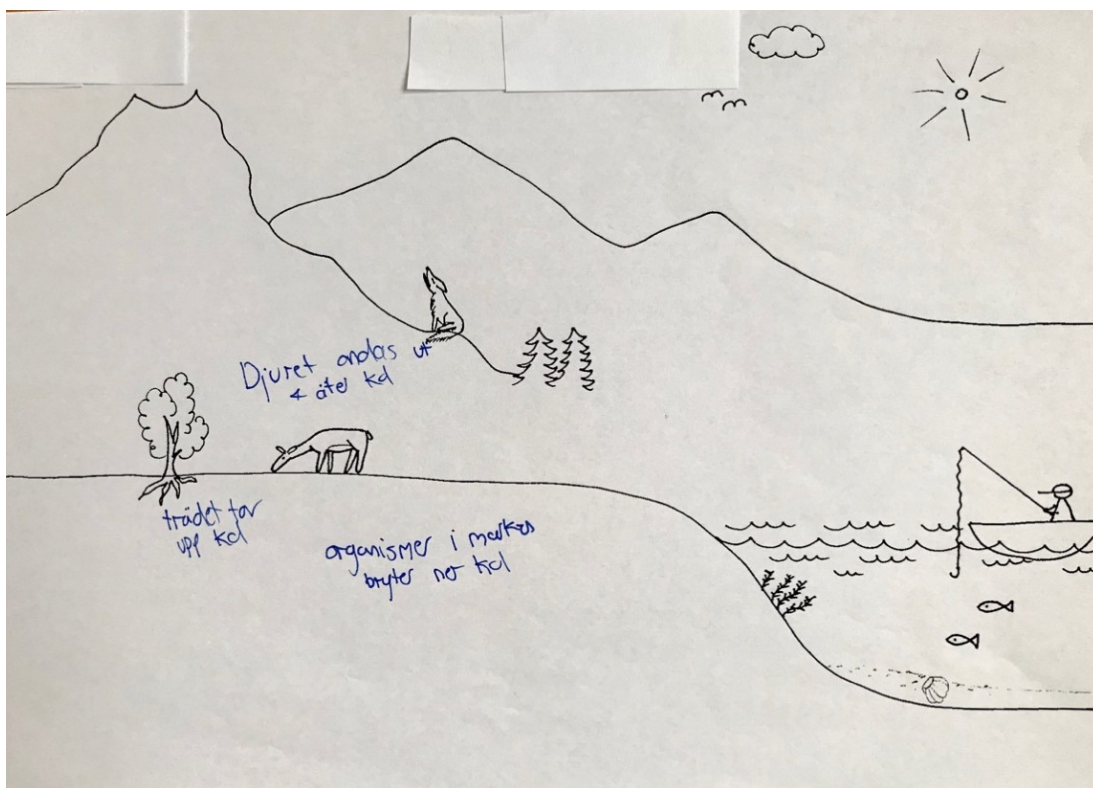
Bilaga 6*Teckning av informant 2*

Bilaga 7

Teckning av informant 3

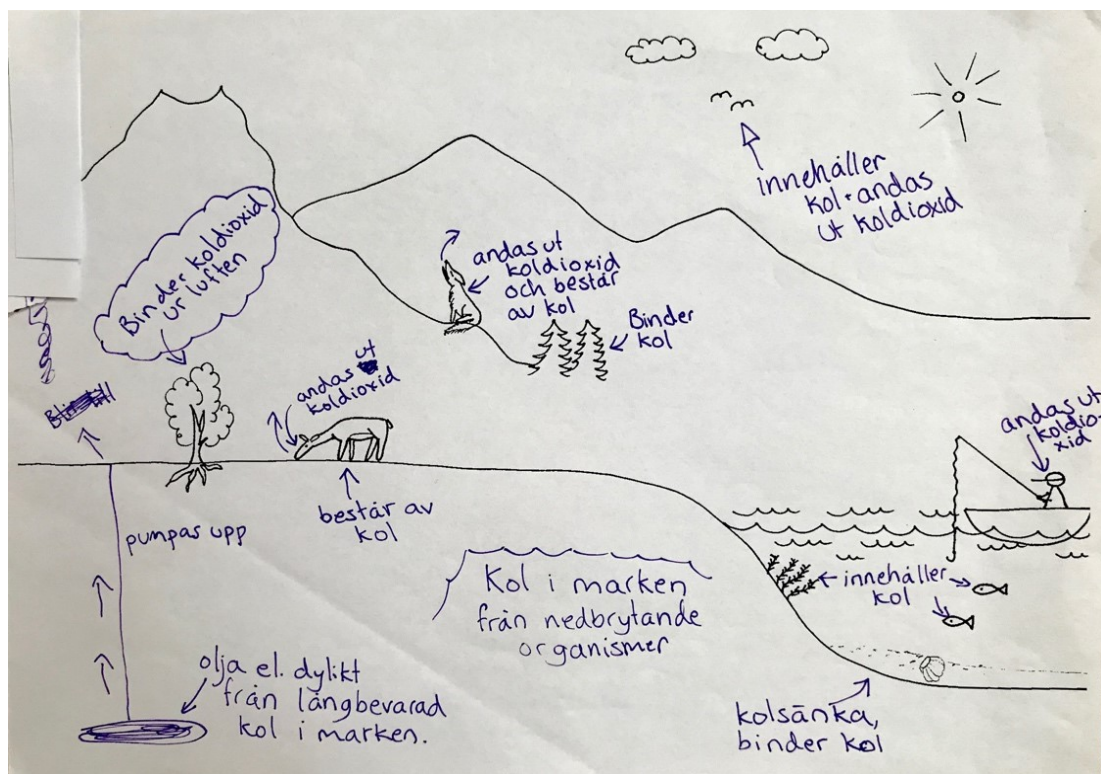


Bilaga 8*Teckning av informant 4*

Bilaga 9*Teckning av informant 5*

Bilaga 10

Teckning av informant 6



Bilaga 11*Teckning av informant 7*