



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK OCH LÄRANDE,
AVANCERAD NIVÅ, 30 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2019

De kemiska processerna i fotosyntesen

Utveckling av pedagogiskt material för Naturens Hus

LISA KARLSSON

De kemiska processerna i fotosyntesen

Utveckling av pedagogiskt material för Naturens Hus

LISA KARLSSON

**EXAMENSARBETE INOM TEKNIK OCH LÄRANDE PÅ
PROGRAMMET CIVILINGENJÖR OCH LÄRARE**

Titel: De kemiska processerna i fotosyntesen

Title: The chemical processes in the photosynthesis

Lärarhandledare: Helena Lennholm, Träkemi, KTH.

Teknikhandledare: Anna Ohlsson, Industriell Bioteknologi, KTH.

Uppdragsgivare: Ann Franzén & Charlotte Flodin, Naturens Hus, KTH.

Examinator: Cecilia Kozma, Vetenskapens Hus, KTH.

Sammanfattning

Den här studien berör fotosyntesen som undervisningsmoment. Till studien har ett undervisningsmoment utvecklats som behandlar de kemiska processerna i fotosyntesen. Övningen är ett tillägg till skolprogrammet *Regnskogsträd eller Ökenväxter i Edvard Andersons växthus*. Ett skolprogram är en pedagogisk aktivitet och just det här programmet erbjuds av Naturens Hus till både grundskoleelever och gymnasieelever. Naturens Hus är en del av Vetenskapens Hus som håller i undervisning i de naturvetenskapliga ämnena med målet att inspirera elever till fortsatta studier i de naturvetenskapliga ämnena. I utvecklingsarbetet av övningen har målet varit att framställa ett tillägg till nämnda skolprogram som kan komplettera undervisningen av fotosyntesen i gymnasiekurserna *Biologi 2* och *Kemi 2*. För att kunna utforma ett kompletterande pedagogiskt material har dessutom en studie gjorts kring olika didaktiska teorier. Dels har en undersökning kring hur Bernsteins teorier kring klassificering och inramning kan anas i undervisningen av fotosyntesen gjorts. Klassificering innebär hur gränsen är dragen mellan skolämnena och inramning innebär vem som har kontrollen i klassrummet. Dels har en undersökning av olika läromedel i de olika kurserna genomförts och diskuterats i samband med hur läromedelstyrning påverkar undervisningen. Resultatet från studien visar att det finns en stark klassificering mellan kemi och biologi som ämne men att i just detta område, som kan klassas som biokemi, så är gränsdragningen mindre stark. Vad gäller läromedel så är det ett antal begrepp som enbart omnämns i biologiläroböckerna och att de avsnitt som berör fotosyntesen i kemiläroböckerna har placerats i fördjupningsdelar eller fördjupningskapitel.

Nyckelord: Fotosyntesen, undervisningsmoment, klassificering, inramning, läromedel.

Abstract

This is a study concerning photosynthesis as a school subject. A part of the study has been to develop an addition to a school program that regards the chemical processes in the photosynthesis. The school program's name is *Regnskogsträd eller Ökenväxter i Edvard Andersons växthus* which translates to *Rainforest trees or Desert plants in Edvard Andersons greenhouse*. A school program is a pedagogic activity and this program in particular is offered by the House of Nature to students of all ages, from Primary School to Upper Secondary School. The House of Nature is a part of The House of Science that offers natural science teaching with the aim of inspiring students to continue their studies within the natural science field. The goal of the development process has been to create additional material that can complement the teaching of photosynthesis in the courses *Biologi 2* and *Kemi 2*, translated to Biology 2 and Chemistry 2, studied by upper secondary school students. To be able to create a complementing addition a study regarding different didactical theories has been made. Partly a research regarding the theories from Bernstein, classification and framing, and their visibility in the teaching of photosynthesis has been investigated. Where classification stands for the degree of boundaries between the two school subjects and framing stands for who has the control in the classroom. Partly a research regarding the teaching material of the same courses has been made and the results have been discussed in connection with theories of how the teaching material can control what is taught in school. The result from the research shows that there is a strong classification between chemistry and biology as school subject but that concerning the subjects of biochemistry the demarcation is weaker. Regarding the teaching material, several concepts are only mentioned in the biology literature and the sections that concerns photosynthesis in the chemistry literature has been placed in the advanced knowledge chapters.

Keywords: Photosynthesis, element of teaching, classification, framing, teaching material.

Förord

Jag vill tacka Ann och Charlotte på Naturens Hus för ert stöd under mitt arbete med examensarbetet. Tack för att ni tagit er tid, gjort en plats till mig och agerat bollplank i olika faser i arbetet. Jag vill givetvis också tacka mina handledare Helena och Anna för den guidning och det stöd ni har erbjudit mig under denna process. Avslutningsvis, tack till mina nära och kära för att ni finns och stöttar mig i allt.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Introduktion	9
1.2	Syfte och frågeställningar	10
1.3	Naturens Hus och uppdraget	10
2	Bakgrund	11
2.1	Biologi 2 och Kemi 2	11
2.2	Bernsteins teorier	12
2.3	Läromedel och läromedelsstyrning.....	13
2.4	Fotosyntesen.....	14
2.5	Teorier för utveckling av övningen	17
3	Metod	19
3.1	Urval.....	19
3.2	Arbetsprocessen	20
3.3	Utveckling av övningen.....	21
3.4	Datainsamling	22
3.5	Analysmetod.....	24
3.6	Etiska överväganden	25
4	Resultat & analys.....	26
4.1	Frågeformulärsvar – del 1.....	26
4.2	Intervjusvar	27
4.3	Lärohandledning & Efterarbetsmaterialet	28
4.4	Tabell från innehållsanalys.....	30
5	Diskussion	32
5.1	Utvärderingen av övningen	32
5.2	Ämnesplanerna och Bernsteins teorier	33
5.3	Läroböckernas inverkan	34
5.4	Osäkerhet och felkällor	35
5.5	Validitet, reliabilitet och vidare forskning	36
6	Slutsatser	36
7	Referenser.....	38

1 Inledning

I detta avsnitt beskrivs syftet med studien och varför just området fotosyntesen valdes. Dessutom presenteras uppdragsgivaren, Naturens Hus, och det uppdrag som ligger till grund för utvecklingsarbetet av undervisningsmomentet eller övningen, som den kommer att benämnas.

1.1 Introduktion

The Relevance of Science Education, ROSE, är en enkätstudie från Universitetet i Oslo som kan användas som verktyg för att undersöka elevers attityd gentemot naturvetenskap och teknik (Schreiner & Sjøberg, 2004). Studien undersöker elevernas attityder mot den naturvetenskap och teknik som undervisas i skolan men också mot de ämnen som inte undervisas i skolan. Flera länder har genomgått undersökningen, bland annat Sverige. Resultatet visade att elevernas attityd mot den naturvetenskap och teknik som undervisades i skolan framförallt var "Intressant men inte för mig" (Jidesjö, Oscarsson, Karlsson, & Strömdahl, 2009). Den visade dock att eleverna är intresserade av visst innehåll som klassas som naturvetenskapligt och tekniskt, så som vad som händer i kroppen vid träning eller hur rymdfenomen fungerar, men att de generellt inte upplevde intresse för skolämnena fysik, kemi, biologi och teknik. Sveriges resultat följde resultatet från andra länder som utförde samma studie (Jidesjö, Oscarsson, Karlsson, & Strömdahl, 2009). I Britt Lindahls avhandling (2003) behandlas elevernas intresse av skolämnena kopplat till deras prestationer inom ämnet. Hon presenterar en rangordning av vilka ämnen eleverna upplever sig intresserade av. Här blir det tydligt att de naturvetenskapliga ämnena och teknikämnet hamnar långt ner på listan. Framförallt hamnar kemi längst ner på listan av ämnen medan ämnet biologi klättrar högre upp på i rangordningslistan (Lindahl, 2003). I enlighet med studien verkar eleverna alltså föredra biologiundervisningen framför kemiundervisningen.

Vad som undervisas i gymnasieskolan styrs av vad som står i ämnesplanerna från Skolverket. Vid en jämförelse av ämnesplanerna för kurserna *Biologi 2* och *Kemi 2* kan ses att det är vissa delar som sammanfaller (Skolverket, 2011a; 2011b). Metabolismen finns omnämnt i båda kursernas centrala innehåll medan fotosyntesen enbart finns i ämnesplanen för Biologi 2. Detta trots att det finns flera liknade processer i hur reaktionerna sker och vad det är som reagerar. Det var i denna spaning tillsammans med vetenskapen om att elever framförallt intresserar sig för biologi framför kemi som jag började fundera på varför metabolismen tillhör båda skolämnena medan fotosyntesen enbart ingår i biologin, trots dess stora likheter i de kemiska processerna. När jag dessutom började titta i olika läroböcker för kemi visade det sig att vissa av dem berörde fotosyntesen utan att det omnämndes i ämnesplanen, det fick mig att fundera på ifall det blir någon skillnad på om fotosyntesen undervisas i en kemikurs eller en biologikurs. Efter en litteratursökning insåg jag att det fanns tidigare studier på när metabolismen istället överförts till att undervisas inom biologin istället för i kemin i en studie utförd i USA (Stringer, Hendrix, Swortzel, Williams, & Schilling, 2019). De undersökte vad som hände med elevers medvetenhet inför livsmedelsvetenskap, där metabolismen ingår, om den flyttades från kemin till biologin. Studien utfördes eftersom efterfrågan av personer som arbetar inom livsmedelsvetenskapen var hög. Genom att inkludera livsmedelsvetenskap i biologin så fick eleverna en större medvetenhet om vad livsmedelsvetenskap är och vilka olika typer av yrken som finns inom den sektorn. Med Stringer, Hendrix, Swortzel, Williams och Schillings (2019) studie i åtanke utformades sedan den här mindre studien men med ett fokus på i vilken utsträckning fotosyntesen tillhör biologin eller kemin i skolans värld, med hjälp av begreppen klassificering och inramning, samt hur den behandlas i olika läromedel. Till denna studie utvecklades också en övning kring fotosyntesen som klasser som läser Biologi 2 och Kemi 2 kan boka och genomföra hos Naturens Hus och som då kan komplettera undervisningen i de respektive kurserna.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är att undersöka hur fotosyntesen undervisas i kurserna Biologi 2 och Kemi 2 för att kunna skapa en övning, att göra hos Naturens Hus, som kan passa in i och/eller komplettera undervisningen. Hur fotosyntesen undervisas i kurserna undersöks utifrån hur lärare ser på kopplingen mellan kemi och biologi i samband med fotosyntesen, detta med hjälp av begreppen klassificering och inramning. Dessutom kommer undervisningen av fotosyntesen undersökas genom de läromedel som används i kurserna.

Frågeställningar för studien är:

- Hur väl kan ett undervisningsmoment eller en övning utformas för att komplettera undervisningen av fotosyntesen?
- I vilken utsträckning kan begreppen klassificering och inramning anas i undervisningen kring fotosyntesen samt vilka möjliga konsekvenser kan de ge?
- Hur tar olika läromedel i kemi och biologi upp fotosyntesen och får det några konsekvenser?

1.3 Naturens Hus och uppdraget

Naturens Hus erbjuder elever från förskola, grundskola, gymnasieskola och vuxenutbildningar, att komma och utföra något av deras skolprogram. Ett skolprogram är en pedagogisk aktivitet som är utformad av och leds av personal från Naturens Hus. De som leder skolprogrammen har titeln besöksledare och är främst universitetsstudenter som läser/läst olika naturvetenskapliga program. Skolprogrammen som erbjuds är främst inriktade mot grön biologi och geovetenskap och utförs i deras lokaler och/eller i Bergianska trädgården, som är en botanisk trädgård som ligger vid Stockholms Universitet. Naturens Hus är en del av Vetenskapens Hus, som undervisar på samma sätt med olika skolprogram men inom fler områden så som vit biologi, kemi, fysik, teknik och matematik. Målet med undervisningen är att eleverna som genomfört skolbesöken ska skapa en positiv attityd och ett intresse för de naturvetenskapliga ämnena samt att de ska inspireras till att studera vidare inom det naturvetenskapliga spåret.

Det skolprogram som varit i särskilt fokus för det här examensarbetet heter *Regnskogsträd eller ökenväxter i Edvard Andersons växthus* och behandlar hur växter anpassat sig efter olika klimat. Det är utformat på ett sådant sätt att eleverna följer besöksledaren genom växthuset och genom de olika klimatzoner, bland annat öken-, regnskog- och medelhavsklimat, som finns representerade där. Besöksledaren beskriver olika typer av anpassningar som växterna gjort till exempelvis torka eller brand och eleverna får i uppgift att vid olika tidpunkter själva fundera över hur växterna kan ha anpassat sig efter de olika klimatzonerna. Skolprogrammet riktar sig mot elever i alla åldrar men med tillägg av svårare begrepp och fenomen för de eleverna som går i de äldre årskullarna av grundskolan samt gymnasiet eller en vuxenutbildning. Den övning som utvecklades i samband med det här examensarbetet är ett tillägg till detta skolprogram. Övningen går att boka som ett extra tillägg för de klasser som vill få fördjupad kunskap inom de bakomliggande reaktionerna i fotosyntesen och hur vissa växter även har anpassat sin fotosyntes efter det klimat de växer i.

Naturens Hus upplevde att de saknade modeller för att kunna beskriva svårförklarade fenomen för yngre barn. Exempel på dessa fenomen är fotosyntesen och osmos. Ursprungsuppdraget var således att utveckla modeller för att beskriva dessa fenomen för barn i yngre åldrar. För att uppdraget skulle kunna passa in inom kraven för ett examensarbete för programmet Civilingenjör & Lärare anpassades det till att istället bli ett tillägg till ett skolprogram som riktar sig till elever som läser på gymnasienivå. Det avgränsades också till att enbart beröra begreppet fotosyntesen.

2 Bakgrund

Detta avsnitt innefattar den bakgrundsteori som ligger till grund för studien. Dels presenteras kurserna Biologi 2 och Kemi 2 lite närmare, dels presenteras Bernsteins begrepp, klassificering och inramning, och läromedelsstyrning inför diskussionen. Avslutningsvis finns också teori som berör själva fotosyntesen och den teorin ligger till grund för den utvecklade övningen.

2.1 Biologi 2 och Kemi 2

Som grund för den här studien ligger ämnesplanerna i kurserna Biologi 2 och Kemi 2. Kurserna Biologi 2 och Kemi 2 ingår i det naturvetenskapliga programmet med inriktning mot naturvetenskap. Båda är också valbara kurser för naturvetenskapliga program med andra inriktningar eller teknikprogrammet. Kurserna är utformade av Skolverket i samband med läroplansskiftet 2011. I både ämnesplanerna beskrivs syftet med de respektive kurserna, de förmågor som eleverna förväntas träna under kursens gång samt det centrala innehållet, alltså vilka delar eller områden som kursen ska innehålla. Förmågorna för kurserna Biologi 2 och Kemi 2 har stora likheter och har därför valts att presenteras tillsammans. De begrepp som enbart ingår i den ena kursen har markerats genom ett tillägg av kursnamnet i parantes.

1. Kunskaper om biologins/kemins begrepp, modeller, teorier och arbetsmetoder samt förståelse av hur dessa utvecklas.
2. Förmåga att analysera och söka svar på ämnesrelaterade frågor samt att identifiera, formulera och lösa problem. Förmåga att reflektera över och värdera valda strategier, metoder och resultat.
3. Förmåga att planera, genomföra, tolka och redovisa fältstudier (Biologi 2), experiment och observationer samt förmåga att hantera material (Biologi 2)/kemikalier (Kemi 2) och utrustning.
4. Kunskaper om biologins/kemins betydelse för individ och samhälle.
5. Förmåga att använda kunskaper i biologi/kemi för att kommunicera samt för att granska och använda information.

(Skolverket, 2011a; 2011b)

Enligt det centrala innehållet i kursen Biologi 2 ingår de olika kursmomenten, områdena, *Cell- och molekylärbiologi*, *Organismens funktion*, *Biologins karaktär och arbetsmetoder*. I Kemi 2 ingår områdena *Reaktionshastighet och kemisk jämvikt*, *Organisk kemi*, *Biokemi*, *Analytisk kemi* och *Kemins karaktär och arbetssätt* (Skolverket, 2011b).

Som nämnt i introduktionen finns likheter mellan kurserna under områdena *Cell- och molekylärbiologi* samt *Biokemi*. Det är framförallt följande delar:

"Celldelars funktion. Livsprocesser och regleringen av dem, till exempel fotosyntes, metabolism och transport över membran. Evolutionärt perspektiv på molekylärbiologi."
Under Cell- och molekylärbiologi (Skolverket, 2011a)

Samt:

"Huvuddragen i människans ämnesomsättning på molekylär nivå."
Under Biokemi (Skolverket, 2011b)

Båda kurserna ska alltså behandla begreppet metabolismen eller människans ämnesomsättning. I metabolismen ingår en rad kemiska reaktioner och vissa av dessa har stora likheter med vad som händer i växterna när de fotosyntetiserar. Framförallt cellandningen i metabolismen och ljusreaktionen i fotosyntesen har stora likheter (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).

2.2 Bernsteins teorier

Vad som undervisas i skolan beror på samhället vi lever i, menar Basil Bernstein (2003). Han beskriver att den kunskap som undervisas kan delas in i tre lager: läroplanen, didaktiken och utvärderingen. Där läroplanen står för vad som är legitim kunskap, didaktiken styr hur denna kunskap överförs till eleverna och utvärderingen definierar vad som räknas som en giltig insikt av denna kunskap (Bernstein, 2003).

Enligt Bernstein (2003) kan förhållandet mellan ett ämnesinnehåll och dess tilldelade tidsåtgång undersökas men också hur olika ämnesinnehåll förhåller sig till varandra. Gränsen mellan två ämnesinnehåll kan vara starkt eller svagt dragen. Vid en starkt dragen gräns behandlas ämnena som två helt separata ämnen. Om gränsen är svag så är ämnena svåra att separera från varandra. Om gränsen är stark benämns den som stängd och om den är svag benämns den som öppen. Dessa begrepp använder Bernstein (2003) för att beskriva olika typer av läroplaner. En läroplan som har stängda gränser mellan sina ämnen kallar han för *uppsamlad* eftersom eleverna måste samla kunskaper från ett förutbestämt innehåll för att uppnå vissa kriterier. Motsatsen, en öppen läroplan, kallar han för en *integrerad* läroplan, där ämnena integreras i varandra och inte längre går att särskilja. Det blir alltså en typ av skala där en läroplan kan vara mer eller mindre integrerad respektive uppsamlad beroende på hur och när innehållet i läroplanen utförs (Bernstein, 2003).

2.2.1 Klassificering och inramning

För att kunna beskriva de underliggande strukturerna för de tre lagren i undervisningssammanhangen, läroplan, didaktik och utvärdering, använder Bernstein (2003) sig av begreppen *klassificering* och *inramning*. Dessa verktyg används för att kunna avgöra var på skalan, uppsamlad till integrerad, som en läroplan befinner sig. Klassificering beskriver relationen mellan två kategorier. Dessa kategorier kan vara ämnen, moment eller grupper. Vid stark klassificering så är gränsen mellan kategorierna stängd och kategorierna är isolerade från varandra. Vid svag klassificering är gränsen öppen och kategorierna flyter samman. Klassificering kan ses som en skala för att beskriva kategoriernas relation till varandra och lägger grunden för hur läroplaner utformas (Bernstein, 2003). Klassifikation, beskriver Ursula Hoadley (2006), kan vara relationen mellan ämnen men också mellan vad som lärs ut i skolan och vad som är vardagsvetenskap eller relationen mellan olika innehåll inom ett visst ämne.

Det andra begreppet, inramning, är grunden för den didaktik som används i klassrummen. Begreppet beskriver relationen mellan elev och lärare och är ett mått på vad som transmittas mellan dem. Bernstein menar att inramning beskriver till vilken grad läraren och eleverna har kontroll över urvalet, sekvenseringen, takten och utvärderingen av den kunskap som ska överföras. Med urvalet menas vilket kursmaterial som väljs ut medan sekvenseringen innebär hur stor del av undervisningen eller hur stort fokus ett visst moment får under kursen. Takt innebär i vilken takt momentet går igenom och utvärdering innebär vilken utvärderingsmetod som väljs för just detta moment. Vid stark inramning är det läraren som är i kontroll över vad som transmittas och vid svag är det istället eleverna som har mer kontroll (Bernstein, 2003). Hoadley (2006) beskriver inramning som vem som har kontrollen över kommunikationen i klassrummet.

Graden av klassificering och graden av inramning kan variera oberoende av varandra, dessutom kan underkategorierna: *urval*, *sekvensering*, *takt* och *utvärdering* också variera sinsemellan (Bernstein, 2003). Att de är sammanlänkade gör det svårt att empiriskt mäta graden av klassificering och inramning i undervisningssituationer. Till exempel kan klassificering tänkas föreligga inramning eftersom grunderna för olika grader av klassificering bestäms i Sveriges fall på nationell nivå medan inramningen sker i klassrummet, men enligt Hoadley är det inramningen som ligger till grund för att klassificeringen ska kunna ske. Utan

inramningens gränsdragningar förekommer ingen klassificering och därav är de sammanlänkade (Hoadley, 2006).

Morais och Neves (2001) har i sin studie analyserat interaktioner mellan skola och familj samt lärare och elever med syftet att undersöka hur lärare, skolan och familjen på bästa sätt kan ge eleverna möjligheten att förbättra sin inlärning. För att kunna undersöka dessa interaktioner har observationer av klassrumssituationer och intervjuer med lärare och lärarstuderande utförts och analyserats. Det analysverktyg som har utformats har sin grund i Bernsteins teorier om klassificering och inramning. Morais och Neves (2001) har gjort flera verktyg som alla har samma utseende men som fokuserar på olika indikatorer. En indikator kan till exempel vara en lärares utvärdering av ett grupparbete eller i vilken utsträckning eleverna får vara delaktiga i klassrumskommunikationen. Det som är gemensamt för analysverktygen är att de är graderade med hjälp av en fyrgradig skala F⁺⁺, F⁺, F⁻ till F⁻⁻. Bokstaven F indikerar att det rör sig om inramning, eller *framing*, och de dubbla plustecknen ++ står för att det är stark inramning, alltså att läraren har all kontroll över den specifika situationen. Det enkla plustecknet står för att det är läraren som har kontrollen men att det inte är lika tydligt som i den första kategorin. Det enkla och dubbla minustecknen står för att kontrollen ligger hos eleverna, alltså svag inramning. Ett exempel över hur verktyget kan användas presenteras i Tabell 1.

TABELL 1 - VERKTYG FÖR ATT AVGÖRA GRADEN AV INRAMNING VID EN INDIKATOR FRÅN EN KLASSRUMSSITUATION.

	F ⁺⁺	F ⁺	F ⁻	F ⁻⁻
Indikator	Mycket stark inramning	Stark inramning	Svag inramning	Mycket svag inramning
Ex. Elevernas delaktighet i klassrumskommunikationen	Det är läraren som har kontrollen över kommunikationen i klassrummet.	Det är främst läraren som har kontrollen över kommunikationen i klassrummet.	Det är främst eleverna som har kontrollen över kommunikationen i klassrummet.	Det är eleverna som har kontrollen över kommunikationen i klassrummet.

2.3 Läromedel och läromedelsstyrning

En grundläggande byggsten i undervisningen i skolan är de läromedel som används. Läromedel kan betyda läroböcker men också artiklar, bilder eller konstverk beroende på i vilket ämne läromedlet används. Skolverket (2006) släppte rapporten *Läromedlens roll i undervisningen* där de undersökte hur lärare i bild, engelska och samhällskunskap använde sig av läromedel. I rapporten omnämns att läromedel har en viktig roll i undervisningen och kan ses som ett styrmedel för vilket innehåll som kurserna utgår från. Detta bekräftas också av Lärarnas riksförbund (2012), som dessutom tillägger att ju högre upp i skolsystemet som studien utförs desto mer styrda är lärarna av läromedel. Författarna till Skolverkets (2006) rapport menar att läromedel till viss del kan ses som den faktiska läroplanen eftersom de ligger till grund för vad som lärs ut. Vissa ämnen verkar vara mer styrda av läromedel än andra. Det är främst ämnen där ämnesinnehållet bygger på varandra som också oftare styrs av läromedel. Exempel på sådana ämnen är de naturvetenskapliga, matematik och språk (Skolverket, 2006).

I de naturvetenskapliga ämnena samt i matematik genomförs var fjärde år undersökningen TIMSS vilket är en förkortning för *Trends in International Mathematics and Science Study*. Denna undersökning är en internationell jämförelse över elevers kunskapsnivå samt inställning till matematik och de naturvetenskapliga ämnena och den görs i årskurs 4 och årskurs 8. I den senaste rapporten beskrivs TIMSS utgångspunkt vara de tre läroplansnivåerna *avsedd*, *genomförd* och *uppnådd* läroplan (Skolverket, 2016). Där avsedd läroplan är de nationella styrdokument som undervisningen utgår från, i Sveriges fall, läroplanerna från Skolverket. Den genomförda läroplanen, är hur lärare väljer att tillämpa det

som står i de nationella styrdokumenten. Den uppnådda läroplanen, slutligen, beskriver vilka kunskaper eleverna tagit till sig av från undervisningen samt hur de upplever den (Skolverket, 2016). I Lena Heikkas (2015) avhandling beskrivs hur ytterligare en kategori av läroplan skulle kunna finnas mellan den avsedda och den genomförda, vilken skulle kunna kallas den *potentiellt implementerade* läroplanen. Denna läroplan är de läromedel som en lärare väljer att använda i undervisningen och som innehåller tolkningar av de nationella styrdokumentet.

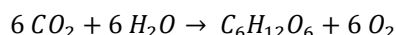
Enligt Skolverket (2006) finns det olika typer av läromedelsforskning och de har valt att dela in läromedelsforskningen i kategorierna: *processororienterad*, *användarorienterad* och *produktorienterad*. Den processororienterade forskningen fokuserar på hur läromedel tas fram, godkänns och väljs ut, alltså processen från att materialet tas fram till dess att det når eleverna. Vid användarorienterad läromedelsforskning undersöks boken som ett undervisningsredskap, alltså hur den används i undervisningen av lärare, elever eller båda. Den sista inriktningen är produktorienterad forskning och där ligger fokus själva produkten och på hur innehållet tas upp i boken (Skolverket, 2006).

I Sverige är det fortfarande de tryckta läromedlen, läroböckerna, som dominerar. De används i flera faser av undervisningen, från lärarens planering till elevernas läsläsning. Enligt Englund, som författat ett avsnitt av Skolverkets (2006) rapport, sker det en styrning av dessa läroböcker som är både positiv och negativ. Hon menar att läroböckerna har inflytande och påverkar så väl lärare som elever och föräldrar. Varför den har så stort inflytande har hon sammanfattat till följande punkter:

- Läroboken används som en garanti för att kunskapsmålen uppnås och har därav en *kunskapsgaranterande – auktoriserande* roll.
- Läroboken har en *gemensamhetsskapande – sammanhållande* roll, vilket innebär att den inger en känsla av kontinuitet hos lärare och elever.
- Genom en kombination av de två ovanstående punkterna så kan läroboken användas för utvärdering av elevernas kunskap. Läroboken *underlättar* alltså *utvärderingen* för läraren.
- Läroboken *underlättar* dessutom för eleverna genom att den är tydlig med vad de ska *arbeta med*.
- Läroboken har en *disciplinerande* roll genom att den håller eleverna sysselsatta.

2.4 Fotosyntesen

Fotosyntesen kallas den process som gröna växter och vissa prokaryota celler, alltså celler utan cellkärna exempelvis cyanobakterier, utför. Den totala summaformeln för reaktionen är:

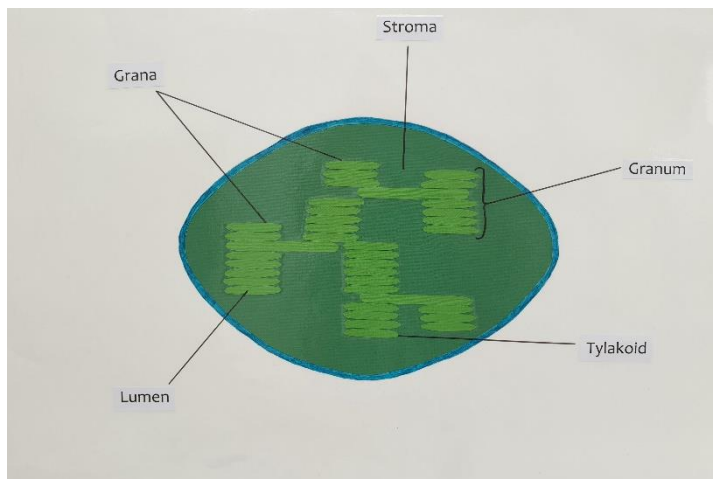


Denna reaktion är av största vikt för allt liv på jorden som är beroende av syre. Reaktionen sker egentligen i två steg. Det första steget är beroende av solljus och kallas därav ljusreaktionen. Den andra reaktionen har flera namn mörkerreaktionen, Calvinykeln eller den ljusoberoende reaktionen. Denna reaktion utnyttjar den energi som omvandlas i ljusreaktionen och är därmed oberoende av solljus. Den vanligaste fotosyntestypen kallas C3-fotosyntes men det finns också andra varianter som kallas C4- eller CAM-fotosyntes. Namnet C3-fotosyntes och C4-fotosyntes kommer från att det är tre respektive fyra kolatomer i produkten i den första reaktionen i den ljusoberoende reaktionen. CAM är en förkortning av *Crassulacean acid metabolism* (Campbell, Farrell & McDougal, 2018).

2.4.1 Kloroplaster

Hos de prokaryota celler som utför fotosyntesen sker reaktionen över deras yttre membran. De gröna växterna har istället organeller i sina växtceller som heter kloroplaster och i dessa kloroplaster sker fotosyntesen. Kloroplasterna har ett yttre och ett inre membran. I

kloroplasterna finns dessutom den inre membranstrukturen grana, se *Figur 1*. Grana har en uppbyggnad som liknar diskar som är staplande på varandra. En sådan stapel med diskar kallas graum. Dessa diskar, som består av veckat membran, kallas tylakoider. Området utanför grana kallas stroma och området innanför tylakoiderna kallas lumen. Det är över tylakoidenmembranet som ljusreaktionen sker och i stroma sker den ljusoberoende reaktionen (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



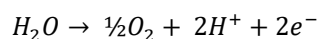
FIGUR 1 - MODELLSKISS AV EN KLOROPLAST MED INRE MEMBRANSTRUKTUR.

Förankrat i tylakoidmembranet sitter klorofyllmolekyler. Det finns klorofyll a och klorofyll b i kloroplasterna och de absorberar ljus med olika våglängder. Gemensamt för klorofyllmolekylerna är deras antennlika form med en Mg(II)-jon i centrum av antennstrukturen. Svansdelen av molekylen är hydrofob, tenderar att inte komma i kontakt med vatten, och kan därav kovalent binda till de hydrofoba delarna av membranet. Det som skiljer klorofyll a från klorofyll b är att de har olika sidogrupper, klorofyll a har en aldehydgrupp och klorofyll b en metylgrupp (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).

2.4.2 Ljusreaktionen

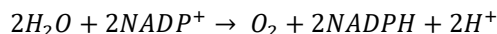
Det första steget i fotosyntesen är ljusreaktionen och som namnet antyder är den beroende av ljus. För en principskiss av förloppet se *Figur 2*.

När en foton träffar klorofyllet exciteras två elektroner från Mg(II)-jonen, det hål som skapas ger en kedjereaktion där elektroner fyller på hålet tills dess att de når ett av två reaktionscentrum. Reaktionscentrumen, som är ett molekylkomplex, sitter förankrad i ett protein som är integrerat i tylakoidmembranet och som kallas fotosystem. Det första fotosystemet *fotosystem II*, PSII, som absorberar ljus med våglängder kortare än 680 nm, är starten på elektrontransportkedjan och när hålet från de exciterade elektronerna når hit så kommer en vattenmolekyl som finns i lumen, innanför tylakoidmembranet, att spjälkas enligt:



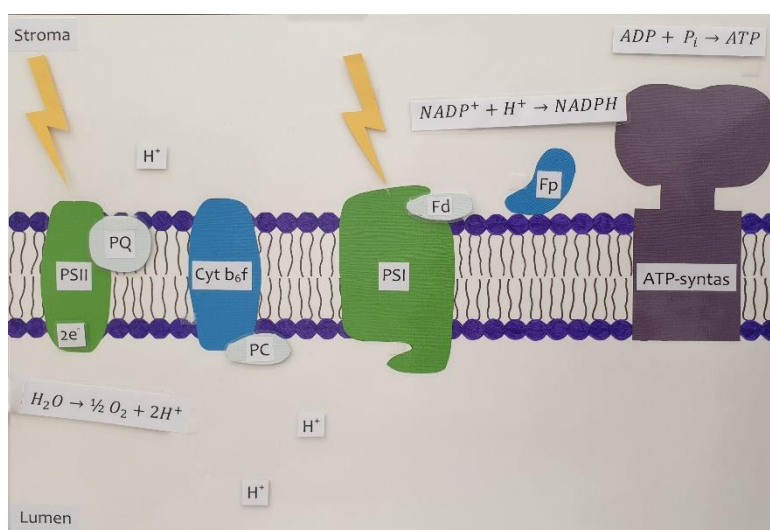
I fotosystem II finns feofytin, vilken liknar klorofyllmolekylen men har en järnjon istället för magnesiumjon, som tar emot elektronerna och för dem vidare till *plastokinon*, PQ, vilket är molekyl som kan transportera elektronerna inom tylakoidmembranet. Det är plastokinon som för elektronerna vidare via *b₆-f komplex av cytokrom*, Cyt b₆f, ett enzym, som agerar protonpump och pumpar in protoner från stroma till lumen. Samtidigt överförs elektronerna via ett protein som kallas *plastocyanin*, PC, som innehåller en kopparjon, vidare, innanför membranet till *fotosystem I*, PSI.

Fotosystem I absorberas ljus som är kortare än 700 nm, och exciterar elektronerna igen. Med hjälp av *ferredoxin*, Fd, ett protein som innehåller järn, och enzymet NADP⁺-reduktas, Fp, reduceras NADP⁺, molekyl som finns i stroma, till NADPH. Vilket är det sista steget i kedjan. Summaformeln för ljusreaktionen blir följande:



Under hela kedjan sker flera processer som gör att det skapas en protongradient. Detta betyder att på insidan av tylakoidmembranet, i lumen, är det en högre koncentration av protoner, vätejoner, än i stroma. Detta utnyttjas av *ATP-syntaset*, ett enzym. Samtidigt som ATP-syntaset släpper igenom protoner så binds en fosfatjon till de ADP som finns i stroma så att produkten blir ATP, som kallas en energibärande molekyl.

Den ATP och NADPH som bildas i reaktionen används sedan vidare i den ljusoberoende reaktionen (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



FIGUR 2 - MODELL AV LJUSREAKTIONEN

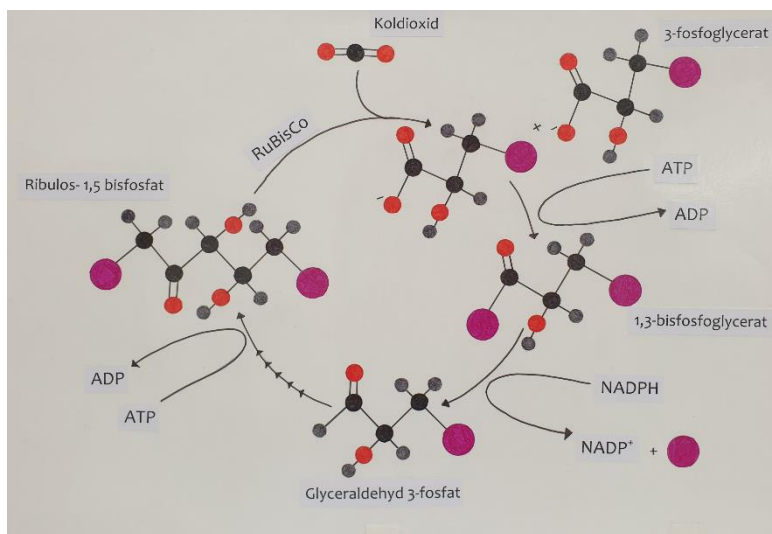
2.4.3 Ljusoberoende reaktionen

Den ljusoberoende reaktionen är steg två av fotosyntesen och vissa av reaktionerna som sker i den ljusoberoende reaktionen visas i *Figur 3*. Den ljusoberoende reaktionen sker också den i kloroplasterna men till skillnad från ljusreaktionen så sker reaktionen direkt i stroma.

Den ljusoberoende reaktionen är cyklisk och kallas för Calvincykeln efter sin uppfinnare Melvin Calvin. Den inleds med att sex stycken ribulos-1,5-bisfosfat reagerar med sex stycken koldioxidmolekyler och bildar intermediären, den tillfälliga molekylen, 2-karboxy-3-ketoribitol-1,5-bisfosfat som genomgår en hydrolys med hjälp av enzymet ribulos-1,5-bisfosfat karboxylas/oxygenas (*Rubisco*). Produkten blir tolv stycken 3-fosfoglycerat. Därefter reduceras 3-fosfoglycerat till glyceraldehyd-3-fosfat vilket kräver NADPH och ATP. Två glyceraldehyd-3-fosfat frångår cykeln och omvandlas till glukos medan resterande fortgår i cykeln och omvandlas, med hjälp av ATP, tillbaka till ribulos-1,5-bisfosfat som då kan reagera på nytt med nya koldioxidmolekyler (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).

Växten tar in koldioxiden och släpper ut syrgasen via klyvöppningarna, stomata, men om det är varmt kommer växten att stänga dem för att inte släppa ut vattenånga. Eftersom ljusreaktionen fortsätter genomföras så kommer syrgas, ATP och NADPH fortsatt produceras. Det gör att även den ljusoberoende reaktionen kommer att ske men eftersom klyvöppningarna är stängda så kommer det bli ett underskott av koldioxid. Enzymet *Rubisco*

kommer då att katalysera reaktionen med syrgas och produkten blir istället att koldioxid och ammoniak frigörs och att detta kostar ATP och NADPH. Detta kallas fotorespiration eftersom syrgas förbrukas och koldioxid produceras (Peterhansel, o.a., 2010).



FIGUR 3 - MODELL AV DEN LJUSBEROENDE REAKTIONEN ELLER CALVINCYKELN.

2.4.4 C4-fotosyntes

Standardfotosyntesen, som är beskriven ovan, kallas för C3-fotosyntes och den utförs av C3-växter, men vissa växter har utvecklat ett sätt att undvika fotorespirationen och dessa kallas C4-växter. Dessa C4-växter utför ljusreaktionen på samma sätt som C3-växterna men den ljusberoende reaktionen utförs med en modifikation.

Hos C4-växter så sker själva koldioxidfixeringen i två steg. Det första steget sker i de yttre cellerna som kallas mesofyllceller. Där finns enzymet fosfoenolpyruvatkarboxylas, PEPC, som till skillnad från Rubisco enbart kan katalysera reaktionen med koldioxid. Så koldioxiden omvandlas i mesofyllcellerna till kolsyra som kan katalyseras av PEPC och bildar malat. Steg två är att malaten sedan skickas vidare till buntskedjecellerna, som finns innanför mesofyllcellerna, där den omvandlas till koldioxid igen så att ljusberoende reaktionen kan ske precis som i C3-växterna men utan närvaro av syrgas. Steg ett och steg två är därav separerade från varandra då de sker i olika celler. Detta blir mer effektivt och gör att växterna kan binda in mer koldioxid och bilda mer glukos. Exempel på C4-växter är sockerrör och majs (Furbank, 2016).

2.4.5 CAM-fotosyntes

En annan variant av anpassning kallas CAM-fotosyntes. Dessa växter växer i varma klimat och för att undvika att förlora vatten kallas växterna enbart ha sina klyvöppningar öppna på natten. De använder samma reaktioner och enzym som i C4-fotosyntesen men den kommer att genomföra steg ett, koldioxidfixering med hjälp av PEPC till malat, under dagen när ljusreaktionen är igång och sedan kommer den ljusberoende reaktionen, steg två, ske på natten när det är mörkt. Typiska växter som utför CAM-fotosyntes är kaktusar, aloe vera och ananas (Bräutigam, Schlüter, Eisenhut, & Gowik, 2017).

2.5 Teorier för utveckling av övningen

I detta avsnitt beskrivs de teorier som varit grunden för utvecklingen av själva övningen. Det inkluderar att undervisa utanför klassrummet, användandet av modeller i undervisningen samt vikten av att följa upp olika typer av studiebesök.

2.5.1 Undervisning utanför klassrummet

Enligt Skolverket (2013) så erbjuder science centers en annan lärmiljö än klassrummen. Det som kännetecknar ett science center är att de ofta arbetar med en helhetssyn av hur naturvetenskap och teknik framställs i verkligheten. En förbättringspotential som Skolverket (2013) ser hos science center är att prioritera undervisning gentemot gymnasieelever. Naturens Hus och Vetenskapens Hus har som syfte att, likt ett science center, erbjuda en annan lärmiljö och inspirera och motivera eleverna att välja en framtid inom naturvetenskap och teknik.

Katerina Plakitsi (2013) beskriver *formell* och *informell* naturvetenskaplig undervisning. Formell undervisning är den undervisning som sker på typiska platser så som i klassrummet eller i laborationssalen men i begreppet ingår också att det som undervisas är det som är obligatoriskt enligt den nationella läroplanen. Informell naturvetenskaplig undervisning blir då all undervisning som inte sker på de typiska platserna och som kanske innefattar de begrepp som inte nödvändigtvis omnämns i läroplanen. Dessa begrepp används för att beskriva Science in Society, *Naturvetenskap i samhället*, som till exempel betyder inläring av naturvetenskap vid museum och science center. Att undervisa naturvetenskap i samhället kan enligt Plakitsi (2013) ha många positiva konsekvenser bland annat att det skapar en koppling mellan samhället och naturvetenskapen. Att eleverna ska få tillgång till denna koppling är viktig eftersom det är en av de förmågor som omnämns i ämnesplanerna för de naturvetenskapliga ämnena och som de då ska få tillfälle att utveckla i undervisningen (Skolverket, 2011a; 2011b).

I Hofstein & Rosenfelds (1996) artikel beskrivs hur informell undervisning av de naturvetenskapliga ämnena kan integreras med den formella undervisningen av ämnena. De menar att studiebesök i miljöer utanför skolans värld kan ge eleverna kunskaper som håller längre och att studiebesök kan motivera eleverna mer. De baserar sina resultat på jämförelser av flera studier och kommer fram till att i de fall som kontrollgrupper använts så har gruppen som gjort ett studiebesök fått högre resultat, både vad gäller kunskapsnivåer och intresse hos eleverna. Att fler studiebesök ändå inte görs kan bero på att läraren känner sig obekvämd med att undervisa utanför klassrummet då det kan krävas djupare kunskaper inom ett specifikt ämne men också för att det kan vara logistiskt krävande att förflytta undervisningen eftersom det kan kräva både tid och pengar och bli ett för stort avbrott i undervisningen. Författarna menar att för att kunna integrera informell och formell undervisning måste olika typer av sammanhang, exempelvis studiebesök, och metoder av undervisning, allt från lektioner som är lärarledda till helt elevstyrda aktiviteter, blandas för att eleverna ska nå en högre kunskapsnivå och ett större intresse gentemot de naturvetenskapliga ämnena (Hofstein & Rosenfeld, 1996).

2.5.2 Modeller i undervisningen

Enligt Ekborg o.a. (2018) är att använda sig av modeller och teorier i undervisningen ett sätt att arbeta med naturvetenskapens karaktär, vilket är en del av alla de naturvetenskapliga ämnenas centrala innehåll (Skolverket, 2011a; 2011b). Ekborg o.a. (2018) beskriver att olika typer av modeller används i olika syften i de olika ämnena, bland annat att ordet modell används vid uppvisandet av ett naturvetenskapligt ting i 3D-struktur men att det i strikt tal borde benämnas visualisering. En annan typ av modell är vetenskapliga modeller. Dessa är utformade efter experiment och observationer och är förenklingar av verkligheten. Förenklingen används för att kunna förklara svåra fenomen för eleverna. De kan komma att förändras när ny kunskap förvärvas inom området (Ekborg, o.a., 2018).

I en studie av Wang, Chi & Hu (2014) beskrivs kemilärarnas vetenskap och användning av modeller i undervisningen. De menar att det är viktigt att läraren använder sig av modeller för att eleverna ska kunna bli så kallade naturvetenskapligt allmänbildade, scientific literate

(Wang, Chi, & Hu, 2014). Scientific literacy innebär att eleven har en förståelse för naturvetenskapen och dess roll i vårt samhälle (PISA, OECD Programme for International Student Assessment, u.d.). I Wang, Chi & Hus (2014) fås resultatet att de studerade lärarna tenderar att välja modeller som är färgstarka och som ska fånga deras elevers uppmärksamhet snarare än att de väljer modeller som förklarar en princip på ett korrekt sätt.

2.5.3 Uppföljning av besök

Efter ett besök på ett museum eller science center är det gynnsamt för eleverna att få arbeta vidare med det som behandlades under själva besöket. Att göra ett efterarbete som rör samma teman kan hjälpa eleverna att befästa kunskapen i området (Anderson, 1999).

I Dewitts (2012) studie undersöks elevernas möjlighet att öka sin inlärnin g med hjälp av digitalt material som ska användas efter ett besök vid en interaktiv utställning. Dewitt (2012) beskriver de svårigheter som lärare kan uppleva med att utforma ett efterarbetsmaterial. Exempelvis kan det vara tidskrävande och att läraren inte känner sig tillräckligt insatt i det som utställningen handlar om för att kunna producera ett efterarbetsmaterial. Med hjälp av de digitala medier som presenteras i studien så menar författaren att det skulle underlätta för läraren genom att läraren kan använda dessa verktyg till att följa upp aktiviteten (Dewitt, 2012).

3 Metod

I metodavsnittet beskrivs urvalet av deltagare i utvecklingsarbetet och studien och hur arbetet har fortgått. Det finns en beskrivning av vilken och hur data har samlats in och analyserats. Dessutom finns ett avsnitt som beskriver hur övningen eller undervisningsmomentet har utformats.

3.1 Urval

Urvalet av elever som deltog i utvecklingsarbetet av övningen och de lärare som deltog i undersökningen av hur fotosyntesen undervisas i skolan kan ses som ett bekvämlighetsurval. Ett bekvämlighetsurval är när undersökningsdeltagarna väljs ut på grund av att de är lättillgängliga (Bryman, 2008). Elever och lärare fick självmant boka övningen efter att nyhetsbrev från Vetenskapens Hus sänts ut. Detta nyhetsbrev går ut till de personer som självmant valt en prenumeration av information om vad som händer på Vetenskapens Hus. Dessutom mejlades lärare som tidigare år bokat in skolprogram för att sprida informationen och förhoppningsvis få in fler bokningar. Eftersom lärarna som bokade främst var biologi och naturkunskapslärare togs dessutom kontakt med kemilärare som inte genomfört skolprogrammet tidigare, för att även få in deras perspektiv i undersökningen.

Trots att urvalet kan ses som ett bekvämlighetsurval kan det ändå anses som ett lämpligt urval eftersom det är genom nyhetsbrev och lärarkontakter som Vetenskapens Hus får in sina bokningar. Därav följer studien samma procedur som om de själva hade utformat ett nytt material.

Antalet bokningar uppgick till sex, så därav var det sex lärare och totala cirka 150 elever som genomförde övningen. Dessa kom från olika skolor och de läste dessutom olika kurser så som Naturkunskap 1, Naturkunskap 2, Biologi 2 och Kemi 2. I *Tabell 2* visas vilken kurs de besökande klasserna gick i samband med att de genomförde övningen. Vissa elever gick på gymnasiet och vissa gick på olika typer av vuxenutbildningar som Komvux eller Naturvetenskapligt basår.

TABELL 2 - KLASSERNA SOM GENOMFÖRDE ÖVNINGEN GICK OLIKA KURSER OCH DE BESKRIVS I TABELLEN TILLSAMMANS MED VILKEN ITERATION AV ÖVNINGEN SOM JUST DE KLASSERNA GENOMFÖRDE.

Iteration nr.	Klassen gick kurs
1	Naturkunskap 2
2	Kemi 2
3	Naturkunskap 2 och Biologi 2
4	Biologi 2
5	Biologi 2 och Kemi 2
6	Naturkunskap 1

För att få in ytterligare svar kontaktades även andra lärare som inte kom och genomförde övningen utan enbart fyllde i de frågeformulär som rörde undervisningen av fotosyntesen i skolan. En sådan lärare valdes även ut som intervjuperson. Eftersom urvalsgruppen som fyllde i frågeformuläret inte var så stor så kan inte studiens resultat anses vara generaliserbara utan mer verklighetsnära för just den här urvalsgruppen.

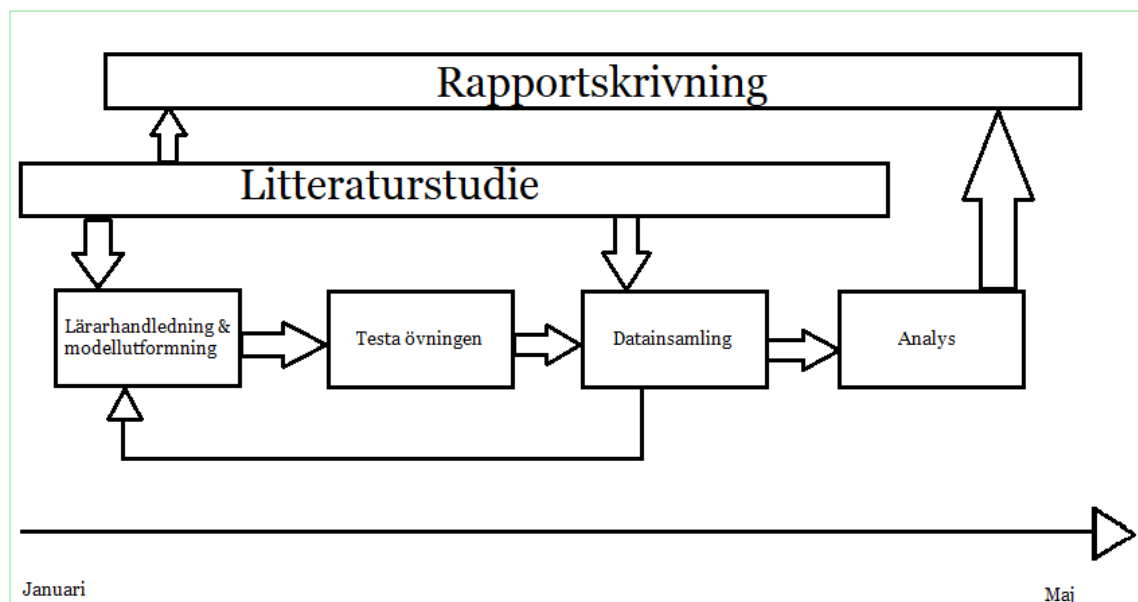
3.2 Arbetsprocessen

Studien kan delas in i två huvudkategorier: en utveckling av övningen och en undersökande del. Till båda krävdes en litteraturstudie som pågick under hela studiens gång. För en skiss över arbetsprocessens flödesschema se *Figur 4*.

Utvecklingen av övningen startades med en studie av läroböcker från gymnasiet, Gymnasiekemi 2 (Ellervik, Rydén, Sonesson, Svahn, & Tullberg, 2013) och Campus 2 (Arvanitis, Hamza, Sundberg, & Pålsson, 2018). Detta för att se vilket innehåll som togs upp och vilken diskurs som rådde i avsnitten som berörde metabolismen och fotosyntesen, för att materialet skulle hamna på en lämplig nivå. Därefter togs ett utkast av en lärarhandledning fram som korrigerades efter diskussion kring förbättringar i samråd med personalen vid Naturens Hus samt handledarna för detta examensarbete. För att kunna illustrera reaktionerna utformades modeller i form av planscher och en 3D-utskriften klorofyllmolekyl. För att se bilder på modellerna se *Figur 5*. Två av modellerna är främst principskisser med begrepp och summaformeln för fotosyntesen. De andra två har tilläggsbudskap som gör att det bland annat går att visa hur elektronerna rör sig genom membranet. Övningen genomfördes sedan med sex klasser och utvärderades av de deltagande lärarna genom att de fick fylla i ett frågeformulär. Materialet bearbetades mellan omgångarna efter formulärsvaren och efter förslag från handledarna och uppdragsgivare från deras observationer. Processen kan därav beskrivas som iterativ eftersom materialet omformades mellan omgångarna. Dessutom filmades materialet för att dels kunna bli en del av ett efterarbetsmaterial samt kunna vara ett stöd inför att de ordinarie besöksledarna ska kunna hålla övningen. Efterarbetsmaterialet utformades med hänsyn till lärarnas önskemål samt efter diskussion med verksamma besöksledare vid Vetenskapens Hus.

Den undersökande delen av studien bestod även den av ett antal delar. En del var ett frågeformulär som skickades ut till de lärare som gjort besöket samt till några lärare som inte

utfört övningen, för närmare beskrivning av frågeformulär se 3.4 *Datainsamling*. Därefter gjordes dessutom en intervju med en lärare. Svaren på frågeformulären samt intervjun analyserades och diskuterades sedan med hjälp av teorierna av Bernstein och läromedelsteorierna som omnämndes i 2 *Bakgrund*. Baserat på lärarnas svar gjordes också en läromedelsanalys med fokus på läroböckernas innehåll. Denna analys gjordes i Excel.



FIGUR 4 – FLÖDESSCHEMA AV ARBETSPROCESSEN.

3.3 Utveckling av övningen

Övningen utvecklades som ett tillägg till skolprogrammet *Regnskogsträd eller ökenväxter i Edvard Andersons växthus* och i samråd med personalen på Naturens hus, handledarna, de besökande lärarna samt besöksledarna. Övningen fick namnet *De kemiska processerna i fotosyntesen* och lärarhandledningen för övningen finns i *Bilaga 1*.

För att lärarna skulle kunna genomföra en uppföljning av besöket på Naturens Hus utformades ett efterarbetsmaterial, som finns i *Bilaga 2*.

3.3.1 Innehållet i övningen

Innehållet i övningen utformades efter målgruppen: elever som läst eller läser kursen Biologi 2 och/eller Kemi 2. Materialet kring fotosyntesen bearbetades med hjälp av läroböcker från dessa kurser för att materialet skulle hamna på rätt nivå gentemot elevernas förkunskaper. Dessa läroböcker var framförallt en Kemi 2-bok som bidrog med de begrepp som användes under avsnittet om metabolismen och elektrontransportkedjan (Ellervik, Rydén, Sonesson, Svahn, & Tullberg, 2013). Den andra boken som användes var en Biologi 2-bok som innehöll en redogörelse för ljusreaktionen och den ljusoberoende reaktionen, vilken användes som utgångspunkt för själva innehållet (Arvanitis, Hamza, Sundberg, & Pålsson, 2018). Därefter adderades även C4-fotosyntes samt CAM-fotosyntes för att kunna koppla samman övningen med skolprogrammet *Regnskogsträd eller Ökenväxter i Edvard Andersons växthus* eftersom de är två typer av anpassningar som olika växter har gjort och skolprogrammet har som syfte att belysa olika anpassningar växter har gjort i olika klimatzoner.

3.3.2 Modellerna

För att kunna undervisa om fotosyntesens mekanismer utformades olika modeller. En modell visade upp vad som i materialet kallas den klassiska fotosyntesmodellen, föreställande ett

träd, solen och summaformeln för reaktionen, se *Figur 5*. En modell över kloroplasternas delar för att visa på var reaktionen sker, se *Figur 1*. En mer ingående modell av ljusreaktionen med möjlighet att addera reaktioner, förflytta protein och visa på hur elektronerna förflyttar sig i under reaktionen, se *Figur 2*. En fjärde modell över den ljusoberoende reaktionen med tillägget av hur glukos framställs utifrån Calvinykeln, se *Figur 3*. Dessutom framställdes även en 3D-utskriften klorofyllmolekyl för att ge eleverna en bild över den struktur som gör det möjligt för molekylen att absorbera fotonernas energi och på så sätt starta reaktionen. Samtliga modeller kan ses i *Bilaga 1*.

3.3.3 Förändringar i materialet under processen

Mellan iterationerna av övningen samlades data in från flera olika håll för att utforma ett så bra material som möjligt. I *Tabell 3* visas en sammanställning av exempel på återkoppling som gavs från uppdragsgivare, handledare, lärare och besöksledare och hur den processades till det slutgiltiga materialet: lärarhandledningen, se *Bilaga 1*, och efterarbetsmaterialet, se *Bilaga 2*.

TABELL 3 - ÅTERKOPPLING FRÅN DE SOM OBSERVERAT ELLER DELTAGIT VID ÖVNINGEN SAMT HUR DEN ÅTERKOPPLINGEN HAR PROCESSATS.

Återkoppling från:	Återkoppling	Hur processades den?
Uppdragsgivare	Saknade ett moment som fångar elevernas uppmärksamhet.	Som inledande moment så bjöds eleverna på vindruvor för att fånga deras uppmärksamhet och övningen börjar med frågan "Hur smakar vindruvor?" för att leda in dem på socker och i sin tur fotosyntesen.
	Saknade en övergång mellan det ursprungliga skolprogrammet och övningen.	I lärarhandledningen för skolprogrammet <i>Regnskogsträd eller Ökenväxter i Edvard Anderssons växthus</i> gjordes korrigeringar tillsammans med personalen på Naturens Hus, så som tillägg av information kring växter som kan leda in på fotosyntesen. Exempelvis boojumträdet vars stam är fotosyntetiserande. Detta för att skapa en övergång till övningen.
	En film som eleverna kan kolla på i efterhand vore ett bra tillägg för att kunna låta eleverna förbereda sig eller repetera det som sas under övningen.	En film där hela övningen presenterades spelades in, med hjälp av personalen på Naturens Hus, och laddades upp på bokningssidan för skolprogrammet så lärare och elever kan titta på den i förväg och/eller i efterhand.
Handledare	Vindruvorna kan användas till att koppla till platsen "Kalifornien", där övningen äger rum.	I inledningen av övningen när vindruvorna delas ut så nämns också att vindruvorna växer i dessa delar av världen.
	Saknade ett laborativt moment.	I växthuset är det svårt att få till ett laborativt moment så därav tillades ett sådant i efterarbetsmaterialet.
Lärare	Flera lärare saknade tydlig koppling till hållbar utveckling.	Till efterarbetsmaterialet utformades ett antal temauppgifter vars tema fokuserade delvis på hållbar utveckling.
	Flera lärare påpekade att de ville ha tydligare koppling till fotosyntesens evolution.	Fotosyntesens evolution fick även bli ett tema i en av uppgifterna i efterarbetsmaterialet.
	Saknade ett laborativt moment.	Även lärarna saknade ett laborativt moment vilket också påverkade att det togs med i efterarbetsmaterialet.
Besöksledare	Efter en beskrivning av de tilltänka teman som efterarbetsmaterialet skulle beröra gav besöksledarna förslag på hur temauppgifterna skulle utformas.	Förslagen bearbetades och processades till de temauppgifterna som finns i efterarbetsmaterialet.

3.4 Datainsamling

För att besvara frågeställningarna utfördes en urvalsstudietyp som kallas fenomenologisk studie vilket är en studie som undersöker ett visst fenomen (Jacobsen, 2017). Fenomenen skulle i detta fall kunna beskrivas som i vilken utsträckning klassificeringen syns i

undervisningen kring fotosyntesen samt hur fotosyntesen gestaltas i olika läroböcker. Detta undersöktes genom att lärare fick svara på ett frågeformulär, som finns bifogat i *Bilaga 3*.

Frågeformuläret bestod av två delar. Den första delen bestod av frågor som rörde hur fotosyntesen undervisas i skolan i kurserna Biologi 2 och Kemi 2. Den andra delen berörde frågor kring hur själva övningen kunde utvecklas, en utvärdering för att se hur den kunde förbättras. Detta frågeformulär skickades till alla lärare som genomfört övningen. Den första delen av frågeformuläret skickades dessutom ut till lärare som inte genomfört övningen men som undervisade i biologi och kemi.

Frågeformuläret utformades i Google Formulär och skickades sedan via mejl till lärarna. Varje fråga hade ett frisvarsfält där svaren kunde fyllas i. Anledningen till att frågeformulär valdes som verktyg för datainsamling var för att det var mindre tidskrävande än att intervjua alla de lärare som kom och deltog i övningen. Dessutom så kunde frågeformuläret utformas på ett sätt som gjorde det enkelt att anpassas för att skickas ut till fler lärare som inte var deltagande i övningen. Enligt Jacobsen (2017) har webbaserade frågeformulär både styrkor och svagheter. Särskilda styrkor är att de är arbetsbesparande och att de upplevs mer anonyma av respondenten och därav kan hen känna sig villig att svara mer ärligt. En svaghet som webbaserade frågeformulär har är framförallt att det blir en bristande interaktion mellan respondent och den som samlar in data. En annan är att svarsprocenten kan riskera att bli låg vid användandet av webbaserade formulär om inte intresset är så stort för det undersökta. Detta kan leda till att påminnelser måste skickas ut (Jacobsen, 2017).

Att välja att intervjua de lärare och elever som kom och genomförde övningen hade varit tidsmässigt omöjligt eftersom det var så många deltagare. För att få mer nyanserade svar på frågeformulärsfrågorna utfördes dock en intervju med en lärare. Denna lärare valdes ut på grund av att hen undervisar i både biologi och kemi på gymnasiet och därav har insikt i både Biologi 2 och Kemi 2. Det var särskilt intressant att få med även en sådan aspekt eftersom studien fokuserar på ämnen som ligger i gränslandet mellan biologi och kemi.

En öppen individuell intervju är lämpligt när det är relativt få enheter som ska undersökas samt när det är intressant vad just denna individ har för inställning eller hur hen tolkar ett fenomen (Jacobsen, 2017). I denna intervjusituation var det intressant att veta vad respondenten, läraren i biologi och kemi, hade att säga om undervisningen av fotosyntesen i de olika kurserna Biologi 2 och Kemi 2. Intervjun genomfördes ansikte-mot-ansikte, vilket öppnar upp för en mer dynamisk kommunikation (Jacobsen, 2017).

Intervjuguiden, som finns i *Bilaga 4*, utgår från frågeformulärets del 1 men med ett tillägg av några frågor. Dessa frågor ansågs svåra att besvara i ett frågeformulär på grund av den bristande interaktionen vid ett webbaserat frågeformulär. Intervjun skulle kunna beskrivas som semistrukturerad eftersom den utgick från denna intervjuguide men gav utrymme för öppna svar och möjlighet för den som intervjuar att ställa frågor som blev aktuella under själva intervjun (Jacobsen, 2017). Under intervjun fördes anteckningar av intervjupersonens svar som direkt efter intervjun sammanställdes till fullständiga meningar.

En datainsamlingsmetod som hade varit önskvärd hade varit att göra klassrumsobservationer av när momentet fotosyntesen undervisades i Biologi 2 samt i Kemi 2. Eftersom det är ett så litet avsnitt ansågs det dock vara svårt att få till att vara med under sådana lektioner.

Ytterligare datainsamling i form av observationer av uppdragsgivarna och handledarna samlades in genom att deras återkoppling förmedlades muntligt efter varje observation. Dessutom genomfördes övningen med besöksledare från Vetenskapens Hus och Naturens Hus. De bidrog med sina utvärderingar av övningen samt diskuterade innehållet i det efterarbetsmaterial som producerades.

3.5 Analysmetod

Eftersom studien bestod av olika delar användes olika typer av analysmetoder. Svaren på frågeformulärens första del samt intervjun analyserades med hjälp av en tematisk analys. Läroböckerna analyserades med en innehållsanalys.

3.5.1 Analys av frågeformulär del 1 och intervju

Vid analysen av de svar som inkom från frågeformulärets första del samt intervjun med läraren i biologi och kemi användes en tematisk analys. En tematisk analys är en analys där olika kategorier skapas utifrån den kvalitativa data som finns (Jacobsen, 2017).

Främst fokuserades på frågan kring kopplingen mellan biologi och kemi, frågan kring andelen biokemi och frågan kring antalet lektioner med fokus på fotosyntesen. Frågeformuläret finns bifogat i *Bilaga 3* och intervjuguiden i *Bilaga 4*. Genom att studera dessa frågor skapades olika svarskategorier och citat valdes ut som visar på dessa kategorier. Från intervjun valdes fler citat ut som upplevdes ge ett mer stoft åt de annars relativt korta frågeformulärsvar.

3.5.2 Analys av läromedel

För att kunna analysera hur fotosyntesen undervisas i skolan så valdes att göra en innehållsanalys av läromedel i kurserna Biologi 2 och Kemi 2. En innehållsanalys är en analysteknik som lämpar sig för texter och består i en systematisering av innehållet i en text utifrån några på förhand valda kategorier (Watt Boolsen, 2007).

I det här fallet valdes kemiläroböckerna:

- Gymnasiekemi 2 (Ellervik, Rydén, Sonesson, Svahn, & Tullberg, 2013)
- Reaktion 2 (Danielsson Thorell & Johansson, 2018)
- Syntes 2 (Henriksson, 2012)
- Kemiboken 2 (Borén, Boström, Börner, Larsson, & Lillieborg, 2012)
- Modell och verklighet (Lüning, Nordlund, Norrby, & Peterson, 2009)

Samt biologiläroböckerna:

- Iris 2 (Henriksson, Iris Biologi 2, 2013)
- Campus 2 (Arvanitis, Hamza, Sundberg, & Pålsson, 2018)
- Spira 2 (Björndahl & Castenfors, 2018)
- Biologi 2 (Karlsson, Molander, & Wickman, 2012)

Dessa böcker valdes eftersom de var omnämnda av lärarna i studien.

De kategorier som valdes för innehållsanalysen var ett antal begrepp som ansetts vara viktiga ifrån materialet kring fotosyntesen. De begrepp som lärarna dessutom omnämnde i frågeformuläret togs också med. Dessutom gjordes först en mindre studie av en kemilärobok, Gymnasiekemi 2 (Ellervik, Rydén, Sonesson, Svahn, & Tullberg, 2013), samt en biologilärobok, Campus 2 (Arvanitis, Hamza, Sundberg, & Pålsson, 2018), och ord som uppfattades som viktiga i dessa adderades till begreppslistan. Begreppen som valdes presenteras i *Tabell 4*.

TABELL 4 – FOTOSYNTERELATERADE BEGREPP FRÅN LÄROMEDEL I KURSERNA BIOLOGI 2 OCH KEMI 2 SOM HAR VALTS UT INFÖR INNEHÅLLSANALYSEN.

Ljusreaktionen	Klyvöppningar	Kloroplast	Stroma	Lumen	Klorofyll	Absorptions- spektrum
Antennkomplex	Delokaliserade elektroner	Tylakoid	Reaktionscentra	Fotosystem	Protongradient	Elektrontransport
Ljusoberoende reaktionen	Rubisco	Kvävefixering	Sockertransport	C4	CAM	ATP
Bromelin	Protonpump	Växtcellstruktur	Blågröna alger	Calvincyklen	Fotosyntes jmf cellandning	CO ₂ jämviktsreaktioner

När läroböckerna analyserades så fylldes resultatet in i en tabell och om begreppet omnämndes samt förklarades fylldes en etta i, i tabellen, och de begrepp som efter analysen inte ansetts finnas med fylldes i med en nolla. Till sist adderades antalet ettor och nollor och en procentsats beräknades för varje ord. Tabellen finns bifogad i *Bilaga 5*.

Vid analysen noterades antal sidor i tabellen. Antalet sidor blir dock relativt då det beror på storleken av sidorna i de olika böckerna men de bedömdes vara ungefär lika mycket text samt illustrationer på sidorna även om arken varierade något i storlek. Dessutom användes inte sidantal till något mer än att ge en uppfattning om hur stort avsnittet var.

De ord som valdes som kodningskategorier ansågs uppfyllas även om ordet inte stod på exakt samma sätt som i tabellhuvudet. Exempelvis används inte ordet protongradient i läroboken Iris 2 men istället skrivs,

”... uppstår en koncentrationsskillnad av vätejoner mellan tylakoidernas in- och utsidor... för att vätejoner ska följa sin koncentrationsgradient” (Henriksson, Iris Biologi 2, 2013)

3.6 Etiska överväganden

Enligt Bryman (2008) gäller följande fyra etiska principer i forskningssammanhang:

- Informationskravet
- Samtyckeskravet
- Konfidentialitetskravet
- Nyttjandekravet

För att uppfylla principen om informationskrav så har alla inblandade parter blivit informerade om studiens syfte. De inblandade parterna har, i enlighet med samtyckeskravet, fått tillfälle att delta frivilligt och göra avhopp under studiens gång om så önskades. Alla deltagare har varit myndiga och därav krävdes inget godkännande från vårdnadshavare.

De uppgifter som undersökningsenheterna har delgivit har behandlats konfidentiellt och alla är anonymt omskrivna, detta för att uppfylla kravet om konfidentialitet. Uppgifterna har dessutom enbart använts till den här studien och kommer inte tillåtas användas till andra forskningsändamål, i enlighet med nyttjandekravet.

4 Resultat & analys

Resultatet från undersökningen presenteras delvis i form av olika citat från frågeformulären samt från intervjun. Delvis i form av en tabell med de begrepp som analyserades i innehållsanalysen.

4.1 Frågeformulärsvar – del 1

Nedan presenteras vissa av frågorna från frågeformulärets första del, som berörde fotosyntesundervisningen i skolan, tillsammans med några utvalda svar från lärarna. Vilka ämnen som de lärare som svarade på frågeformulärets första del undervisade i visas i *Tabell 5*.

TABELL 5 – DE LÄRARE SOM BESVARADE FRÅGEFORMULÄRETS FÖRSTA DEL UNDERVISADE I FÖLJANDE ÄMNEN.

Lärare nr.	Ämne
1	Kemi och Naturkunskap
2	Naturkunskap
3	Biologi och Naturkunskap
4	Kemi och Biologi
5	Matematik och Kemi
6	Kemi och Naturkunskap
7	Idrott & Hälsa och Biologi

4.1.1 Koppling mellan biologi och kemi

Vad är din uppfattning om kopplingen mellan kemi och biologi?

På den här frågan har alla tillfrågade lärare, trots att de håller olika kurser, gått olika utbildningar samt använder olika läroböcker, svarat att det finns en koppling mellan kemi och biologi. Två teman märktes i svaren, vissa verkar fokuserar på kemi och biologi utanför skolans värld medan andra pratar direkt om kurserna Biologi 2 och Kemi 2. Exempel på svar:

”Stark”

”Kemin är ju grunden för delar av biologin. Andra delar t.ex. etologi och evolution kopplar ju inte alls.”

”Kompletterar ”varandra”.”

”Metabolism och fotosyntes ingår i båda kurserna och kopplingen är tydlig.”

”Den är stor spec. kemi2”

”Stark koppling i biokemi. Idealet tänker jag är att undervisa i biologi och kemi i samma elevgrupp.”

4.1.2 Biokemi och fotosyntesen

När det kommer till hur stor andel av undervisningen i Biologi 2 och Kemi 2, som lärarna upplevde tillhörde området biokemi blev svaren mer spridda och därav var det svårare att utforma distinkta teman.

Hur stor andel av undervisningen i Biologi 2 alternativt Kemi 2 skulle du säga tillhör området biokemi? Ange i procent.

Biologilärarna svarade 10%, 10–15% och 40%. Dessa svar verkar dock gå i linje med hur många lektioner som samma lärare disponerar till fotosyntesen.

Ungefär hur många lektioner disponerar du till att undervisa om fotosyntesen i Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Samma lärare har nämligen svarat 2, 2–3 respektive 4 lektioner. Det skulle ju dock kunna vara som så att lärarna kanske inte upplever att fotosyntesen är biokemisk och därav har andelen biokemi ingenting med antalet fotosynteslektioner att göra.

När det kommer till kemilärarna och andelen biokemi i deras undervisning blir svaren även där spridda: 25% och 65% och antalet lektioner disponerade till fotosyntesen 0,5–1 samt 1–2. Att andelen ändå är så pass hög stämmer väl överens med ämnesplanens beskrivning av kursen. Att det dessutom är lektioner som är dedikerade till fotosyntesen går ju dock emot ämnesplanens angivelser eftersom att den inte omnämns. Båda dessa lärare har angett att de använder böcker vars innehåll består till viss del av reaktionerna i fotosyntesen.

4.2 Intervjusvar

Vissa av de svar som tillkom från intervjun med läraren i biologi och kemi presenteras nedan. Svaren är en sammanställning från de anteckningar som togs under intervjuens gång. Respondenten är lärare på en gymnasieskola. Hen har sedan tidigare en utbildning i molekylär biologi och har doktorerat i cellbiologi för att därefter läsa till den pedagogik som krävdes för en lärarlegitimation.

Läraren uppgav att hen använde sig av Kemiboken 2 (Borén, Boström, Börner, Larsson, & Lillieborg, 2012) i Kemi 2 samt boken att de i biologilärarkåren på den skolan håller på att övergå från boken Biologi 2 (Karlsson, Molander, & Wickman, 2012) till Spira 2 (Björndahl & Castenfors, 2018) i kursen Biologi 2. Som svar på frågan kring hur tätt de arbetade med läroböckerna i dessa kurser angav hen:

"I kemi så följer vi kemiboken rätt så mycket. Jag skulle säga till ungefär 60% följer vi den. I biologi följer vi inte boken lika mycket."

Vid diskussion kring hur mycket de respektive läroböckerna tog upp fotosyntesen så upplevdes läraren bli förvånad över att fotosyntesen knappt nämndes i den lärobok de använder i Kemi 2. Då konstaterades att hen nog tog in annat material för att beskriva de kemiska processerna i fotosyntesen. Hen nämnde att de kanske istället använde sig av Gymnasiekemi 2 i just det avseendet.

I sin beskrivning av kopplingen mellan kemi och biologi väljer hen att ta upp kopplingarna de gör vid just den skolan mellan kursen Biologi 2 och Kemi 2 som:

"Som det ser ut just nu så läser eleverna Kemi 2 i årskurs två och samtidigt de läser Biologi 1 så det brukar vi utnyttja eftersom det är några delar som överlappar. Exempel på det är DNA och proteinsyntesen. Vi brukar därför, när det går, arbeta ihop med just de områdena."

Hen beskriver också i samband med frågan kring andelen biokemi i de respektive kurserna att:

"I Kemi 2 skulle jag säga att det är i princip hälften av kursen, nästan 50 %."

Läraren var osäker på hur mycket biokemi som förkom i Biologi 2 och när ämnesplanen för Biologi 2 visades upp svarade hen:

"Jag har nog inte tänkt att det skulle vara biokemi men jag skulle klassa det som ungefär 30 %. Jag är ju dessutom mer inne på vit biologi så jag går gärna in mer på de ämnena."

Senare i intervjun framkom också:

"I kemin så går vi ju på djupet med metabolismen. Vi pratar om glykolysen, celandningen, elektrontransportkedjan och sedan så brukar jag göra en jämförelse med fotosyntesen men inte så mycket mer än så. I biologin så pratar vi närmare om fotosystemen, kloroplasterna, bruttoreaktionen och eleverna brukar känna igen mycket från metabolismen i kemin. Men vi går inte igenom reaktionerna lika detaljerat."

Vid frågan om antalet lektioner som disponerades till fotosyntesen i de olika ämnena berättade hen att:

"I Kemi 2 är det totalt max en lektion och kanske mindre än så. I Kemi 1 omnämns inte ens fotosyntesen. I Biologi 2 så är det en eller två lektioner."

Vid vidare diskussion om att fotosyntesen enbart omnämns i ämnesplanen för Biologi 2 och inte i ämnesplanen för Kemi 2 beskriver hen hur det skulle kunna påverka eleverna:

"Det blir skillnad för eleverna. En biologilärare som är grön biolog lämpar gärna över reaktionerna på kemin men om det inte står med i centralt innehåll så kommer det kanske inte att tas upp. Självtar jag bara upp reaktionerna om jag vet att biologiläraren inte tar upp det."

Detta ledde samtalet vidare till om det var någon skillnad på om hen har samma klass i både kemi och biologi och vad de eleverna får med sig:

"Om jag har klassen i både biologi och kemi så får nog eleverna med sig mer biokemi eftersom jag är mer inne på vit biologi."

4.3 Lärarhandledning & Efterarbetsmaterialet

Resultatet från utvecklingsarbetet är nedan beskrivna lärarhandledning samt efterarbetsmaterial som korrigerades med hjälp av frågeformulärets andra utvärderande del.

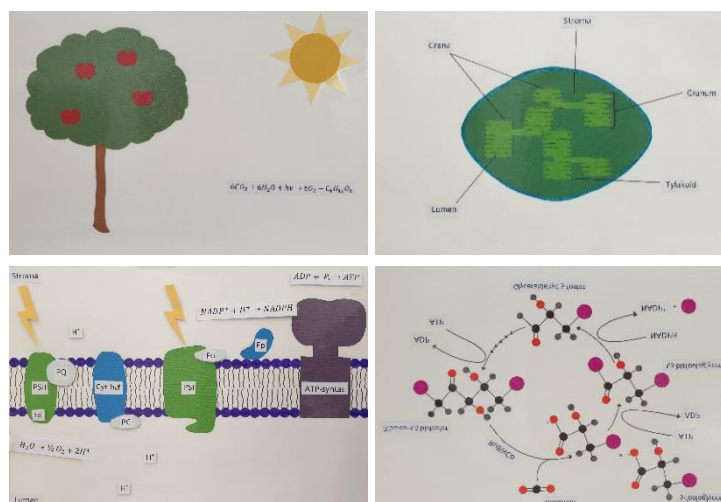
4.3.1 Lärarhandledningen

Lärarhandledningen till övningen, se *Bilaga 1*, som utformades under arbetets gång bestod av delarna:

- Summaformlen fotosyntes
- Kloroplaster
- Ljusreaktionen
- Ljusoberoende reaktionen
- C4-fotosyntes
- CAM-fotosyntes

Övningen är ungefär 20 minuter lång och utförs i *Edvard Andersons växthus* i rummet *Kalifornien*. Övningen startar i en genomgång av summaformeln för fotosyntes, vidare till var fotosyntesen sker i växterna för att sedan gå igenom mekanismerna i ljusreaktionen och den ljusoberoende reaktionen. Avslutningsvis ges exempel på olika C4-växter och CAM-växter för att koppla tillbaka till olika anpassningar som växter kan göra.

I lärarhandledningen finns också en materiallista, bakgrundsinformation samt en ordlista. Bilder på samtliga modeller finns presenterade i lärarhandledningen och en sammanställning visas i *Figur 5*. Alla dessa delar har tagits med för att lärarhandledningen ska efterlikna de lärarhandledningar Naturens Hus använder.



FIGUR 5 - MODELLERNA SOM UTFORMADES OCH ANVÄNDES I ÖVNINGEN FÖR ATT VISA VAR OCH HUR REAKTIONERNA I FOTOSYNTESEN SKER.

4.3.2 Efterarbetsmaterialet

Efterarbetsmaterialet, se *Bilaga 2*, som utvecklades bestod av tre olika delar. Den första delen är ett filmklipp, vilket är en inspelning av övningen utförd i växthuset men utan närvaron av en klass. Detta för att eleverna ska få chansen att repetera innehåller och skriva anteckningar, något som är svårt att genomföra i växthuset. Den andra delen var en enklare laboration med syftet att visualisera växternas förmåga att producera syrgas. Den sista delen bestod i tre uppgifter med olika teman:

- Artificiell fotosyntes
- Fotosyntesens evolution
- Vad händer när koldioxidhalten ökar?

Dessa teman valdes av olika anledningar. *Artificiell fotosyntes* och *Vad händer när koldioxidhalten ökar?* valdes för att få in ett moment som kan koppla övningen till hållbar utveckling och till de globala målen som Sverige som land, i form av Agenda 2030, skrivit under på samt bestämt att vi ska vara ledande i att nå målen (Regeringskansliet, 2018).

Temat *Fotosyntesens evolution* valdes ut utifrån de första svaren på frågeformulären från lärarna. I båda de första svaren uttrycktes en önskan om kopplingar mellan övningen och hur fotosyntesens evolution sett ut.

4.3.3 Frågeformulärsvar del 2

Lärarhandledningen samt efterarbetsmaterialet har utformats med hänsyn till vad lärarna svarade i del 2 av frågeformuläret, som var en utvärdering av övningen. På frågan vad som var bra med övningen skrev lärarna bland annat att:

"bra repetition"

Att övningen kunde agera som bra repetition tolkades som att nivån på materialet var tillräckligt hög och därav förändrades inte själva innehållet nämnvärt under iterationerna utan istället fokuserades på utförandet. Nivån på innehållet samt modellernas tydlighet fick generellt kommentaren att den var bra samt att de var tydliga. Samtliga uppfattade att det fanns kopplingar till deras respektive ämnesplaner och den läraren som var både biologi- och kemilärare skrev dessutom att det fanns kopplingar till både Biologi 2 och Kemi 2.

De förbättringsförslag som inkom var främst att det skulle läggas till en aktiverande del så som:

”Diskutera varför inte alla växter är C₄-växter? Vad är kostnaden med denna fotosyntes?”

Vilket delvis inkluderades i efterarbetsmaterialet där temat är *Fotosyntesens evolution*, där eleverna får möjlighet att ta reda på hur fotosyntesen sett ut förr och hur den skulle kunna utvecklas i framtiden och då ta in vad kostnaden skulle kunna vara med C₄-fotosyntes.

Vad gäller kopplingen till hållbar utveckling så hade lärarna spridda uppfattningar. Vissa tyckte att den fanns där medan andra lärare inte tyckte det. Därav fick efterarbetet det som huvudtema i två av de uppgifter som utformades *Artificiell fotosyntes* samt *Vad händer när koldioxidhalten ökar?*.

Lärarna tyckte att övningen passade in i det ursprungliga skolprogrammet Regnskogsträd eller ökenväxter men enstaka lärare tyckte att övningen kunde dragit nytta mer av att befinna sig i växthusmiljön genom att till exempel kolla på klyvöppningarna i mikroskop.

4.4 Tabell från innehållsanalys

Innehållsanalysen beskrivs under rubriken *3.5.2 Analys av läromedel*. Fyra biologiläroböcker och fem kemiläroböcker analyserades genom att ett antal begrepp som rör fotosyntesen valdes ut och i dessa böcker undersöktes huruvida de nämnes eller ej. Efter innehållsanalysen av läroböckerna erhöles följande tabeller, se *Tabell 6* och *Tabell 7*. Ursprungstabellen där varje bok undersöks finns i *Bilaga 5*. Procentsatsen beskriver den andel böcker som tar upp ett visst begrepp. Vid kolumnen för 100%, skrivs de begrepp som ingår i alla biologi- respektive kemiläroböcker. Vid kolumnen för 0% skrivs de begrepp som inte omnämns överhuvudtaget i de respektive läroböckerna.

TABELL 6 – RESULTATET AV INNEHÅLLSANALYSEN AV FOTOSYNTESBEGREPPEN I BIOLOGILÄROBÖCKER. DE BEGREPP SOM OMNÄMNS I ALLA BIOLOGILÄROBÖCKER PRESENTERAS UNDER 100 % OCH DE SOM INTE OMNÄMNS I NÅGON FINNS UNDER 0 %. FYRA BIOLOGILÄROBÖCKER UNDERSÖKTES.

Biologi				
0%	25%	50%	75%	100%
Kvävefixering	Lumen	Antennkomplex	Delokaliserade elektroner	Ljusreaktionen
Bromelin		Protongradient	Reaktionscentra	Klyvöppningar
Fotosyntes jmf cellandning		Sockertransportkedja	Fotosystem	Kloroplast
CO ₂ jämviktsreaktioner		Blågröna alger	Elektrontransportkedja	Stroma
			C ₄	Klorofyll
			CAM	Absorptionsspektrum
			Protonpump	Tylakoider
				Ljusoberoende reaktionen
				Rubisco
				ATP
				Cellstruktur
				Calvincykeln

Generellt var avsnitten kring fotosyntesen större i biologiböckerna, vilket också speglas av resultatet. Resultatet från kemiläroböckerna var mera spritt. Vissa kemiläroböcker behandlade knappt fotosyntesen och dess reaktioner alls, medan andra gick in i detalj på reaktionerna. De böcker som var detaljerade var dock oftast i en fördjupningsdel eller ett fördjupningskapitel.

TABELL 7 - RESULTATET AV INNEHÅLLSANALYSEN AV FOTOSYNTESBEGREPPEN I KEMILÄROBÖCKER. DE BEGREPP SOM OMNÄMNS I ALLA KEMILÄROBÖCKER PRESENTERAS UNDER 100 % OCH DE SOM INTE OMNÄMNS I NÅGON FINNS UNDER 0 %. FEM KEMILÄROBÖCKER UNDERSÖKTES.

Kemi					
0%	20%	40%	60%	80%	100%
Klyvöppningar	Calvincykeln	Antennkomplex	Ljusreaktion	Klorofyll	
Absorptionsspektrum	Protonpump	Rubisco	Kloroplast		
Sockertransport	Kvävefixering	Delokaliserade elektroner	Tylakoider		
C4	Reaktionscentra	Protongradient	Fotosystem		
CAM	Stroma		Elektrontransportkedjan		
Bromelin	Lumen		Ljusoberoende reaktionen		
Blågröna alger			ATP		
CO ₂ jämviktsreaktioner			Cellstruktur		
			Fotosyntes jmf celandning		

5 Diskussion

I den här studien så har fenomen kring undervisningen av fotosyntesen undersökts för att kunna bidra till ett passade undervisningsmoment eller övning inom samma område. Dels har studien fokuserat på i vilken utsträckning klassificeringen syns när det kommer till ämnena Biologi 2 och Kemi 2. Dels har innehållet i läroböcker från samma kurser undersökts för att ta reda på hur fotosyntesen framställs, om det skiljer beroende på vilken kurs läroboken tillhör.

5.1 Utvärderingen av övningen

Svaren på utvärderingsdelen av frågeformuläret, del 2, var generellt positiva till den övning som utformats kring fotosyntesen. Dels uttrycktes den passa in i båda kurserna Biologi 2 och Kemi 2 samt att den var bra repetition. Vilket tolkades som om övningen utformats på ett givande sätt som gjorde att lärarna kunde använda sig av det som exempelvis introduktion eller uppföljning av den ordinarie undervisningen.

Själva övningen utfördes som nämnt i *Edvard Andersons växthus* och därmed i en informell lärande miljö. Förhoppningen är att det ska ge eleverna större lust att lära och lättare att ta till sig av kunskaperna kring fotosyntesen om de samtidigt kan ta del av de växter som de får

information om. Enligt Plakitsi (2013) är en fördel med naturvetenskaplig undervisning i informella miljöer att det skapar en koppling mellan samhället och naturvetenskapen på ett annat sätt än vad som är möjlig i klassrummet. Detta är också något som nämns bland i ämnesplanen för både Biologi 2 och Kemi 2 bland förmågorna som eleverna ska få träna (Skolverket, 2011a; 2011b). Att eleverna får komma till växthuset och ha undervisning om fotosyntesen bland växterna är något som då borde ge ett tillfälle att få öva på förmågan:

"Kunskaper om biologins/kemins betydelse för individ och samhälle." (Skolverket, 2011a; 2011b)

Lärarna upplevde att övningen hade en tydlig koppling till ämnesplanerna och enligt Hofstein och Rosenfeld (1996) så blir informell undervisning gynnsam om den integreras med den formella undervisningen. Den blir gynnsam på så sätt att den främjar att kunskaperna håller längre samt att de får ett större intresse för området om det undervisas i en informell miljö.

En annan förmåga som Skolverket (2011a; 2011b) bestämt att eleverna ska få träna på i undervisningen i Biologi 2 och Kemi 2 är att de ska få kunskaper de om modeller som används i biologi- och kemiundervisningen. Lärarna svarade generellt att modellerna som användes i övningen var tydliga. Modellerna är av olika karaktär enligt Ekborg o.a. (2018). Dels visualiseringar, den 3D-utskrivna klorofyll och kloroplasten, se *Figur 1*, vilka är utformade för att demonstrera hur den verkliga molekylen och organellen ser ut. Dels används vetenskapliga modeller, ljusreaktionen, se *Figur 2* och den ljusoberoende reaktionen, se *Figur 3*, som är förenklingar av verkligheten. Att använda sig av modeller i undervisningen främjar enligt både Ekborg o.a. (2018) och Wang, Chi & Hu (2014) elevernas förmåga att ta till sig av den naturvetenskapliga kunskapen. Wang, Chi & Hu (2014) beskriver vikten av att använda sig av en modell med korrekt beskrivning av principerna framför att läraren väljer en modell som främst är till för att fånga elevernas uppmärksamhet. I det här fallet har modellerna utformats på en sådant sätt att de visst ska fånga elevernas uppmärksamhet men också så långt det är möjligt beskriva de korrekta principerna, även om vissa förenklingar såklart måste göras. Förenklingar av reaktionerna måste i detta fall göras för att de reaktioner som sker i till exempel den ljusoberoende reaktionen är för komplexa och inte ingår i kurserna Biologi 2 och Kemi 2.

Det efterarbetsmaterial som utformades skapades för att lärarna skulle ha möjlighet att följa upp besöket, vilket enligt både Andersson (1999) och Dewitt (2012) hjälper eleverna att befästa kunskapen. Valet av teman på uppgifterna är baserat på vad lärarna svarade i utvärderingarna och uppgifterna är utformade efter diskussion med verksamma besöksledare från Vetenskapens Hus. Att det redan finns ett färdig utformat efterarbetsmaterial borde kunna hjälpa lärarna att komma över den tröskel det annars kan innebära att behöva lägga tid på att skapa en uppföljning (Dewitt, 2012). De kan välja att ta del av materialet som det är, delar av det eller hämta inspiration från det. Inom ramen för denna studie har tyvärr inte kunnat undersökas om någon lärare använt sig av materialet och i sådana fall i vilken utsträckning det faktiskt har befäst kunskaperna kring fotosyntesen hos eleverna.

5.2 Ämnesplanerna och Bernsteins teorier

Som nämnt under rubriken *2 Bakgrund* så finns det en del i de respektive ämnesplanerna för kurserna Biologi 2 och Kemi 2 som innehåller liknande delar. Det är avsnitten inom Cell- och molekylärbiologi respektive Biokemi. Båda behandlar metabolismen, ämnesomsättningen, men det är bara i det centrala innehållet för Biologi 2 som fotosyntesen omnämns. Detta föreföll intressant eftersom det finns flera likheter mellan framförallt andningskedjan i metabolismen samt ljusreaktionen i fotosyntesen. Bara på namnen på de respektive områdena kan anas att det finns en viss koppling mellan ämnena. Då molekyler kanske framförallt upplevs "kemiska" och biokemi är en direkt sammansättning av biologi och kemi. Att det finns en koppling mellan biologi och kemi, och kanske framförallt mellan kurserna

Biologi 2 och Kemi 2, bekräftas av de lärare som svarat på frågeformuläret samt intervjun. Samtliga är inne på att kopplingen är stark och en lärare är dessutom inne på att det vore optimalt att undervisa just biokemi tillsammans. Vid intervjun bekräftas att den läraren i vissa fall arbetar ihop med Biologi 1 och Kemi 2 med vissa material som berör delar av biokemin, så som det genetiska informationsflödet samt proteinsyntesen. Hen är också inne på att de delar i biologin som kan klassas som vit biologi, så som genetik och molekylärbiologi, får en större tyngd om man som lärare har ett intresse i de delarna.

Bernsteins (2003) teorier kring klassificering och inramning grundar sig i att undersöka makten och kontrollen över innehållet som eleverna får ta del av i skolan. Klassificering kan beskrivas som relationen mellan ämnen, moment eller grupper. I det här fallet så finns det en relativt stark gränsdragning mellan ämnena sett på en läroplansnivå, eftersom det trots allt är två separata ämnen med egna centrala innehåll. Dock, eftersom ämnena flyter ihop i vissa moment, så kanske gränsen inte är helt stängd. Att de flyter ihop tyder på att läroplanen skulle vara av integrerad karaktär. På didaktiknivå är det mer svårbedömt var på skalan svag till stark klassificering området biokemi hamnar. Lärarna svarar olika på hur stor andel som tillhör området biokemi, vilket kanske tyder på att klassificeringen är svag, men det kanske snarare tyder på att inramningen är stark, att de har kontroll över innehållet i kursen. Dock är det svårt att säga någon om inramningen utan att ha observerat hur lärarna väljer att undervisa i ämnet. Optimalt vore att observera klassrumssituationer och likt Morais & Neves (2001) utforma ett verktyg för att kunna kategorisera situationer utifrån och på så sätt få en bild av inramningen, se *Tabell 1*. Likt Hoadley (2006) beskriver är det svårt att skilja klassificering och inramning åt då de är beroende av varandra, vilket märks även i den här studien. Likaså är det svårt att säga vilka konsekvenser olika klassificering och inramning får för eleverna. Det blir dock spännande att ta in aspekten att eleverna uppfattar biologin som roligare än kemin om de har många delar som är liknande eller till och med samma. En stark klassificering skulle då kunna ha en betydande del till att elever uppfattar ämnena olika. Det blir också spännande att som i den amerikanska studien av Stringer, Hendrix, Swortzel, Williams & Schilling (2019), undersöka vad som händer när ett område byter ämne. I deras studie var det livsmedelkunskapen som förflyttades från kemin till biologin och det påverkade eleverna till att tycka att området livsmedelkunskap var mer intressant och att de var mer benägna att söka vidare studier i området.

5.3 Läroböckernas inverkan

Något annat som verkar påverka vad eleverna får med sig för begrepp när det kommer till undervisningen kring fotosyntesen är vilken lärobok som läraren använder. Vid undersökningen av läroböckerna framkom att det är vissa begrepp som bara förekommer i biologiböckerna och vissa enbart i kemiböckerna. Att studien fokuserade på begreppen och innehållet gör att det skulle kunna klassas som produktorienterad (Skolverket, 2006). Att begrepp som *klyvöppningar* enbart förekommer i biologiböckerna kanske inte uppfattas som uppseendeväckande men att *absorptionsspektrumen* för klorofyllen finns med i alla biologiböckerna men inte i någon av kemiböckerna kanske var mer intressant eftersom det då skulle tyda på att absorptionsspektrum är något som tillhör biologin snarare än kemin. Det var framförallt en kemilärobok som enbart nämnde fotosyntesen, vilket påverkade resultatet kraftigt då den drog ner andelarna för alla andra kemiläroböckerna. De kemiläroböcker som gick mer på djupet i reaktionerna hade framförallt de styckena som fördjupningskapitel. Detta kan vara en konsekvens av att fotosyntesen inte omnämns i ämnesplanen för Kemi 2 men att författarna då gör valet att ändå ta med det i form av ett extramaterial.

Intressant var också att det i flera kemiläroböcker gjordes en *jämförelse mellan metabolismen och fotosyntesen* men att det inte fanns någon sådan i biologin. Detta kanske beror på att fotosyntesen i kemin enbart ses som ett tillägg och för att den ändå ska kunna omnämnas bör den göra det i samband med metabolismen. Eller så kanske jämförelsen inte

tas upp i biologin på grund av att de också går igenom metabolismen och att de två reaktionerna presenteras så pass att eleverna själva bör uppmärksamma de likheter som finns. Generellt kunde också ses i biologiläroböckerna att de vid beskrivningar av reaktionerna användes förenklade modeller, vilket också bekräftades av den intervjuade läraren. Hen beskrev att i biologin går inte reaktionerna igenom lika detaljerat.

Den intervjuade läraren beskrev också att hen följde läroböckerna olika mycket i kemi och biologi. Enligt Skolverkets (2006) rapport är läromedelsstyrningen i de naturvetenskapliga ämnena stark. Detta eftersom att de är kurser som bygger på varandra. Att den intervjuade läraren menar att hen använder läroböckerna mer i kemi än i biologi kanske tyder på att kemi är mer av den karaktären än biologi.

Läraren som intervjuades blev förvånad över hur lite som togs upp kring just fotosyntesen i den kemilärobok som hen använde i sin undervisning i Kemi 2. Från ett svar i frågeformuläret nämns att både fotosyntesen och metabolismen ingår i kurserna Biologi 2 och Kemi 2, vilket kan upplevas intressant eftersom fotosyntesen inte omnämns i ämnesplanen för Kemi 2. Att hen svarar så kan bero på att hen använder en kemilärobok som innehöll ett mer detaljerat avsnitt kring fotosyntesen och därmed att det blir en typ av potentiellt implementerad läroplan. Enligt intervjupersonen så beror andelen biokemi som tas upp i både biologi och kemi på läraren vilket i sin tur leder till att eleverna inte alltid får möjligheten att få med sig samma typ av kunskap efter avslutad kurs. Detta kanske också kan bero på vilken typ av läromedel som används.

5.4 Osäkerhet och felkällor

Den data som samlats in i den här studien är svar från människor och därför finns det alltid osäkerheter i de resultaten som bygger på denna data. Redan i 3.4 *Datainsamling* diskuteras de brister som ett webbaserat frågeformulär har, exempelvis att det är saknas en interaktion mellan respondent och den som samlar in data och att svarsprocenten kan riskera att bli låg baserat på om det saknas ett intresse för ämnet hos respondenten. De lärare som har svarat på frågeformuläret har gjort det efter att de genomförde övningen men inte direkt anslutning. Svaren som kom in var av blandad form, vissa skrev långa svar och gav mycket förslag medan andra var kortfattade. Att utforma ett formulär som till viss del bestod av svarsalternativ hade gjort att svaren hade blivit mer enformiga men det kanske hade lett till att svar som var lite utanför ramarna, men ändå intressanta, hade fallit bort.

Intervjun spelades inte in utan anteckningar togs under tiden och dessa anteckningar skrevs sedan ut till fullständiga meningar. Eftersom intervjun inte spelades in kan detaljer ha missats och de fullständiga meningarna kan vara missvisande. Att inte använda inspelningsapparat kan dock leda till att intervjupersonen tycker att det är en mer avslappnad stämning och då ha lättare att ge okonstlade svar. Dessutom blir efterarbetet med att transkribera avsevärt enklare om enbart de viktigaste delarna är nedtecknade istället för att ha ett helt inspelat material.

När denna data sedan skulle analyseras användes dels en tematisk analys och dels en innehållsanalys. Vid den tematiska analysen var det svårt att ibland hitta teman då svaren var så spridda. Det tyder på att mer data skulle behövas för att kunna ge tydligare och mer tillförlitliga resultat. Att dessutom leta efter teman och kategorisera svaren efter dem är baserat på hur de upplevs av författaren och kan därav vara subjektiva. I innehållsanalysen så var en felkälla att det användes en "ja eller nej" – skala i form av ettor och nollor. Vissa begrepp kunde kanske beskrivas istället för att just det begreppet som undersöktes i den här studien och därmed blivit en nolla. Med en större skala hade dessa beskrivna begrepp kunnat få ett värde vilket hade gjort analysen mer nyanserad.

5.5 Validitet, reliabilitet och vidare forskning

Eftersom denna studie är en liten urvalsstudie upplevs inte resultaten vara generaliserbara. Antalet lärare som fyllde i frågeformuläret var inte så stort samt att enbart en person intervjuades. De frågor som användes vid intervjun var nästintill samma som de i frågeformulärets första del men svaren blev mer utförliga vid intervjun. Detta kanske tyder på att de lärare som svarade på frågeformuläret också hade gett mer utförliga svar vid en intervju. Validiteten, giltigheten, på studien kan anses vara relativt hög. Frågorna i frågeformuläret och intervjun var formulerade på ett sådant sätt att lärarna svarade på det sätt som var tilltänkt. Sedan kanske fler frågor och djupare svar hade gett en mer nyanserad bild och en mer säker slutsats i studien, vilket då kan sägas påverka reliabiliteten, tillförlitligheten, positivt.

Vid vidare forskning i det här fältet så skulle som sagt fler intervjuer med lärare med fler ämneskombinationer kunna ge en bättre bild. En annan metod skulle kunna vara klassrumsobservationer, kanske framförallt för att kunna säga med större säkerhet till vilken utsträckning inramningen syns i detta område. Det hade också varit intressant att få in elevernas åsikt om området, tycker de att fotosyntesen som reaktion tillhör biologi eller kemi och vad beror det på? Särskilt då kanske kopplat till att elever generellt har ett större intresse för ämnet biologi än kemi. Vad gäller läromedel så skulle en djupare studie kring Englund (Skolverket, 2006) fem punkter kring läromedlets inflytande kunna undersökas närmare kring just användandet vid undervisning kring fotosyntesen för att se om det var olika i biologikursen och i kemikursen. Ytterligare ett område som skulle kunna forskas vidare inom är huruvida eleverna får fördjupade kunskaper inom fotosyntesen av att genomföra övningen och om efterarbetsmaterialet befäster dessa kunskaper.

6 Slutsatser

Hur väl kan ett undervisningsmoment eller en övning utformas för att komplettera undervisningen av fotosyntesen?

Undervisningsmomentet eller övningen konstruerades genom att en lärarhandledning utformades och förbättrades med hjälp av återkoppling från uppdragsgivare, handledare, lärare och besöksledare. Övningen utförs i en informell miljö, vilket har flera gynnsamma effekter så som en koppling till samhället. I övningen ingår ett antal modeller som ska främja elevernas förståelse för fenomenet fotosyntesen. Till övningen skapades även ett efterarbetsmaterial som dels behandlade vissa av förbättringsförslagen, och dels var tänkt att befästa kunskaperna kring fotosyntesen djupare hos eleverna. Baserat på lärarnas återkoppling så verkar undervisningsmomentet varit utformat på ett sådant sätt att den kompletterar undervisningen.

I vilken utsträckning kan begreppen klassificering och inramning anses i undervisningen kring fotosyntesen samt vilka möjliga konsekvenser kan de ge?

Klassificeringen mellan ämnena biologi och kemi kan beskrivas som en stark gränsdragning eftersom det trots allt är två ämnen men i just cell- och molekylärbiologi och biokemi så verkar gränsdragningen vara mindre stark. Lärarna verkar använda sin kontroll över innehållet inom dessa delar olika mycket, vilket tyder på att det är en stark inramning men för att kunna göra en bättre bedömning skulle observationer av klassrumsundervisning behövas göras. De konsekvenser som kan tänkas bli av att det är stark klassificering och inramning kan vara att eleverna inte ser kopplingarna mellan områdena som de arbetar med.

Hur tar olika läromedel i kemi och biologi upp fotosyntesen och får det några konsekvenser?

Fotosyntesen tas upp på olika sätt i olika läromedel i Biologi 2 och Kemi 2. Dels är det flera begrepp som enbart tas upp i biologiläroböckerna, dels läggs fotosyntesavsnitten i kemiläroböckerna i flera fall i fördjupningsavsnitt. I biologiundervisningen görs flera förenklingar av reaktionerna, vilket bekräftas av både innehållsanalysen samt av den intervjuade läraren. Detta kan göra att eleverna får olika kunskaper med sig kring ämnet beroende på hur mycket läraren arbetar med detta läromedel.

7 Referenser

- Anderson, D. (1999). *The Development of Science Concepts Emergent from Science Museum and Post-Visit Activity Experiences: Students' Construction of Knowledge*. Brisbane: Queensland University of Technology.
- Arvanitis, L., Hamza, K., Sundberg, C. J., & Pålsson, A. (2018). *Biologi Campus 2*. Stockholm: Sanoma Utbildning.
- Bernstein, B. (2003). *Class, Code and Control - Volume I Theoretical studies towards a sociology of language*. London: Routledge.
- Björndahl, G., & Castenfors, J. (2018). *Spira Biologi 2*. Stockholm: Liber AB.
- Borén, H., Boström, A., Börner, M., Larsson, M., & Lillieborg, S. (2012). *Kemiboken 2*. Stockholm: Liber AB.
- Bryman, A. (2008). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Stockholm: Liber AB.
- Bräutigam, A., Schlüter, U., Eisenhut, M., & Gowik, U. (2017). On the Evolutionary Origin of CAM Photosynthesis. *Plant Physiology*, 174(2), 473-477. doi:0.1104/pp.17.00195
- Campbell, M., Farrell, S., & McDougal, O. (2018). *Biochemistry* (9:e uppl.). Boston: Cengage Language.
- Danielsson Thorell, H., & Johansson, E. (2018). *Reaktion 2*. Stockholm: Natur & Kultur.
- Dewitt, J. (2012). Scaffolding students' post-visit learning from interactive exhibits. i E. Davidsson, & A. Jacobsson, *Understanding Interactions at Science Centers and Museums* (ss. 173-192). Rotterdam: Sense Publishers.
- Ekborg, M., Johansson, M., Lindahl, B., Nilsson, K., Svensson, K., & Zeidler, A. (2018). *Strategier för att utveckla elevernas kunskaper om modeller och teorier*. Malmö: Skolverket.
- Ellervik, U., Rydén, L., Sonesson, A., Svahn, O., & Tullberg, A. (2013). *Gymnasiekemi 2* (6:e uppl.). Stockholm: Liber AB.
- Furbank, R. (2016). Walking the C4 pathway: past, present and future. *Journal of Experimental Botany*, 67(14), 4057-4066. doi:10.1091/jxb/erw161
- Heikka, L. (2015). *Matematiklärares målkommunikation - En jämförelse av elevernas uppfattningar, lärarens beskrivningar och den realiserade undervisningen*. Luleå : Luleå tekniska universitet.
- Henriksson, A. (2012). *Syntes Kemi 2*. Malmö: Gleerups Utbildning AB.
- Henriksson, A. (2013). *Iris Biologi 2*. Malmö: Gleerups Utbildning AB.
- Hoadley, U. (2006). Analysing pedagogy: the problem of framing. *Journal of Education*, 40, 15-34.
- Hofstein, A., & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28(1), 87-112. doi:10.1080/03057269608560085
- Jacobsen, D. I. (2017). *Hur genomför man undersökningar? Introduktion till samhällsvetenskapliga metoder*. Lund: Studentlitteratur AB.

- Jidesjö, A., Oscarsson, M., Karlsson, K.-G., & Strömdahl, H. (2009). Science for all or science for some: What Swedish students want to learn about in secondary science and technology and their opinions on science lessons. *Nordina*, 5(2), 213-229.
- Karlsson, J., Molander, B.-O., & Wickman, P.-O. (2012). *Biologi 2*. Stockholm: Liber AB.
- Lindahl, B. (2003). *Lust att lära naturvetenskap och teknik? En longitudinell studie om vägen till gymnasiet*. Göteborg: ACTA UNIVERSITATIS GOTHOBURGENSIS.
- Lüning, B., Nordlund, S., Norrby, L. J., & Peterson, A. (2009). *Modell och verklighet*. Stockholm: Natur & Kultur Läromedel.
- Lärarnas Riksförbund. (2012). *Makten över läromedlen - Lärarnas möjlighet att styra över läromedlen i undervisningen*. Stockholm: Lärarnas Riksförbund.
- Morais, A., & Neves, I. (2001). Pedagogic social contexts: Studies for a sociology of learning. i A. Morais, I. Neves, B. Davies, & H. Daniels, *Towards a sociology of pedagogy: The contribution of Basil Bernstein to research*. New York: Peter Lang.
- Peterhansel, C., Horst, I., Niessen, M., Blume, C., Kebeish, R., Kürkcüoglu, S., & Kreuzaler, F. (2010). Photorespiration. *The aradidopsis book*. doi:10.1199/tab.0130
- PISA, OECD Programme for International Student Assessment. (u.d.). *Scientific Literacy*. Hämtat från OECD Programme for International Student Assessment (PISA): <https://www.pisa.tum.de/en/domains/scientific-literacy/> den 31 05 2019
- Plakitsi, K. (2013). Teaching science in science museums and science centers - Towards a New Pedagogy. i K. Tobin, & C. Milne, *Activity theory in formal and informal science education* (ss. 27-56). Rotterdam: Sense Publishers.
- Regeringskansliet. (2018). *Handlingsplan Agenda 2030 2018-2020*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). *Sowing the Seeds of ROSE*. Oslo: Unipub AS.
- Skolverket. (2006). *Läromedlens roll i undervisningen*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2011a). *Ämne - Biologi*. Hämtat från Skolverket: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DBIO%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3> den 5 mars 2019
- Skolverket. (2011b). *Ämne - Kemi*. Hämtat från Skolverket: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DKEM%26tos%3Dgy%26p%3Dp&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3> den 5 mars 2019
- Skolverket. (2013). *Science centers - PM om en utvärdering av teknik- och naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Skolverket. (2016). *TIMSS 2015 - Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv*. Stockholm: Skolverket.

- Stringer, E. I., Hendrix, J. D., Swortzel, K. A., Williams, J. B., & Schilling, M. W. (2019). Evaluating the Effectiveness of Integrating Food Science Lessons in High School Biology Curriculum in Comparison to High School Chemistry Curriculum. *Journal of Food Science Education*, 18(1), 21-28.
- Wang, Z., Chi, S., & Hu, K. (2014). Chemistry Teachers' Knowledge and Application of Models. *Journal of Science Education and Technology*, 23(2), 211-226. doi:10.1007/s10956-013-9455-7
- Watt Boolsen, M. (2007). *Kvalitativa analyser*. Malmö: Gleerups Utbildning AB.

Bilagor

Bilaga 1 – Lärarhandledning

Lärarhandledning: Fotosyntesen

Var? I rummet Kalifornien i Edvard Andersons växthus

Tid? 20 min

Vilka? Elever som läst/läser Kemi 2 eller Biologi 2

Att ha med sig:

- Klassisk fotosyntesmodell
- Modell av en kloroplast
- Modell av ljusreaktionen
- Modell av ljusoberoende reaktionen
- 3D-printad klorofyll
- Ställning
- Låda
- Klossar
- Vindruvor

Syfte

Syftet med övningen är att ge eleverna en fördjupad insikt i reaktionerna som ingår i fotosyntesen samt en förståelse för att vissa växter även har anpassat sin fotosyntes till det rådande klimatet.

Innehåll:

- Introduktion: Vad är fotosyntesen?
- Kloroplasterna
- Klorofyll och ljusreaktionen
- Rubisco och ljusoberoende reaktionen
- C4 och CAM-fotosyntes

Introduktionen

Inleder med att dela ut vindruvor till eleverna. Hur produceras vindruvor? Koppla till att vi nu står i Kalifornien vilket är passande när vi pratar om vindruvor eftersom det är mycket vinodlingar i området på grund av deras varma klimat.

Frågar eleverna vad växterna kan göra som inte vi kan. Fråga dem vad de vet om fotosyntesen. Visa den klassiska ritningen över hur koldioxid tas upp från atmosfären och tillsammans med vatten och energi bildar syrgas och socker med summaformeln över reaktionen (som de antagligen är väl bekanta med). Påpeka hur viktig denna processen är eftersom utan växter så kommer vi inte ha någon syrgas att andas.

Berätta att fotosyntesen faktiskt sker i flera steg än vad som syns i summaformeln (Ljusreaktionen och ljusoberoende reaktionen).

Det är växterna som utför fotosyntesen men vet ni var i växten som den sker?

Kloroplasterna

Växterna har växtceller och det som skiljer växtcellerna från våra celler, djurcellerna, är bland annat att växtcellerna har en del som heter kloroplaster.

Ta fram modellen över kloroplasterna. Visa tylakoiderna. Det är över tylakoidernas membran som själva processen sker. Fråga eleverna om de vet vad ett membran är.

Ett membran är en typ av hinna, uppbyggd av fosfolipider, som finns runt alla celler och delar i cellerna. Membran kan släppa igenom vissa saker och stänga ute andra.

Ljusreaktionen

Så här tror man att själva apparaturen ser ut på tylakoidens membran, visa upp en modell.

I membranet sitter det två fotosystem. I fotosystemen så finns det klorofyll som är molekylen som tar upp fotoner (solljus). Klorofyllmolekylen ser faktiskt lite ut som en antenn. Visa upp en modell av klorofyll.

När en foton når klorofyllet exciteras två elektroner hos magnesiumjonen vilket kommer leda till att en vattenmolekyl spjälkas till protoner och syrgas. Fråga eleverna om de känner igen delarna från summaformeln?

De två elektronerna som frigörs tas upp av fotosystemet som "skickar" dem vidare genom mekanismen och dessa två elektroner ser till att pumpa in fler protoner innanför membranet och så att protoner binds upp till en molekyl som heter NADPH som finns i stroma. Kanske känner de igen NADPH från metabolismen?

Fråga eleverna om de tror att det är surt eller basiskt på insidan av tylakoiden och utanför den? Eftersom det finns många protoner på insidan blir det lågt pH där och alltså surt, och på utsidan är det färre protoner och att det är en skillnad på de olika sidorna av membranet kallas att det har bildats en protongradient. Naturen strävar alltid efter att allt ska fördelas jämt och därav kommer protonerna vilja ta sig till den andra sidan för att jämna ut skillnaden. Detta utnyttjas av ATP-syntaset som släpper igenom protoner och samtidigt utvinner energi till växten.

I det här skedet av reaktionen har alltså vatten spjälkats med hjälp av energin från fotoner och syrgas bildats, vilket kan ses som halva den totala fotosyntesprocessen, visa eleverna summaformeln igen. Vad är det som är kvar?

Ljusoberoende reaktionen

Ljusoberoende reaktionen är som namnet antyder oberoende av ljus men som sker samtidigt som den ljusberoende reaktionen. Det växten nu gör är att den, med hjälp av ett enzym som kallas Rubisco fixerar eller binder in koldioxid med en molekyl som har fem kol. Fråga eleverna om de vet vad ett enzym är? Det är en molekyl som katalyserar en reaktion, alltså snabbar på den utan att själva molekylen förbrukas. När Rubisco fixerat koldioxiden så bildas en molekyl med sex kol. Den spjälkas sedan till två molekyler med tre kol med hjälp av ATP och NADPH (från ljusreaktionen) och ombildas till glukosmolekyler och till den ursprungliga molekylen och så går mekanismen runt.

Så i den här reaktionen tas alltså koldioxid upp och omvandlas till socker, vilket är de sista delarna i summaformeln.

Rubisco har dock en "Akilles-häl". Om det är varmt ute så kommer växten att stänga sina klyvöppningar, där den tar in koldioxid. Om det inte finns någon koldioxid så kommer Rubisco att göra om hela cykeln med syrgas istället, som då förbrukas, och produkten blir inte socker. Alltså en väldigt kontraproduktiv reaktion om man är en växt.

C4- och CAM-fotosyntes

Vissa växter har dock löst denna problematik! De har anpassat sig och utvecklat en ny typ av fotosyntes.

Vissa växter utför något som kallas C4-fotosyntes. Det innebär att det sker en reaktion innan den ljusoberoende reaktionen, i en granncell, och i den så fixeras koldioxid av ett annat enzym som kallas PEPC. PEPC kan enbart fixera koldioxid, så samma problematik kan inte uppstå. Efter att koldioxiden bundits in så skickar PEPC den vidare så att den sen kan gå in i den ljusoberoende reaktionen istället.

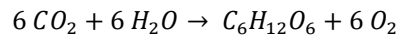
Crassulacean acid metabolism, förkortas CAM, och är en annan typ av anpassning som till exempel kaktusar använder. De använder också enzymet PEP för att fixera koldioxiden men detta görs på natten och så sparas den fixerade koldioxiden i växten tills det blir dag då ljusreaktionen sätter igång. På detta sätt så slipper de ha öppet sina klyvöppningar på dagen när det är varmt.

C4-växter: sockerrören och majs

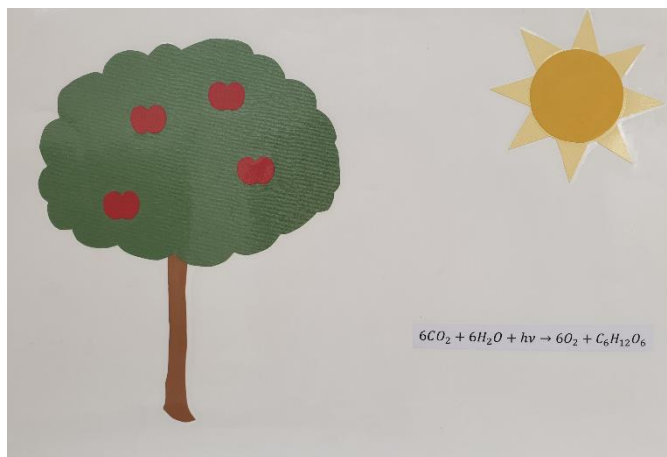
CAM-växter: kaktusar, aloe vera och ananas.

Bakgrundsinformation

Fotosyntesen kallas den process som gröna växter och vissa prokaryota celler, alltså celler utan cellkärna exempelvis cyanobakterier, utför. Den totala summaformeln för reaktionen är:

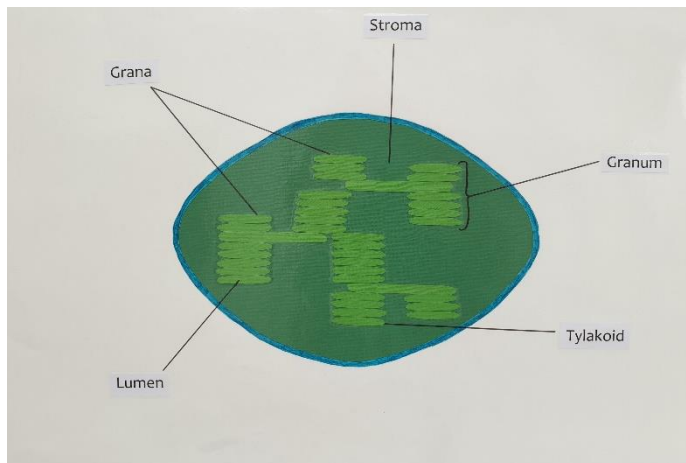


Denna reaktion är av största vikt för allt liv på jorden som är beroende av syre. Reaktionen sker egentligen i två steg. Det första steget är beroende av solljus och kallas därav ljusreaktionen. Den andra reaktionen har flera namn mörkerreaktionen, Calvencykeln eller den ljusoberoende reaktionen. Denna reaktion utnyttjar den energi som omvandlas i ljusreaktionen och är därmed oberoende av solljus. Den vanligaste fotosyntestypen kallas C3-fotosyntes men det finns också andra varianter som kallas C4- eller CAM-fotosyntes. Namnet C3-fotosyntes och C4-fotosyntes kommer från att det är tre respektive fyra kolatomer i produkten i den första reaktionen i den ljusoberoende reaktionen. CAM är en förkortning av *Crassulacean acid metabolism* (Campbell, Farrell & McDougal, 2018).

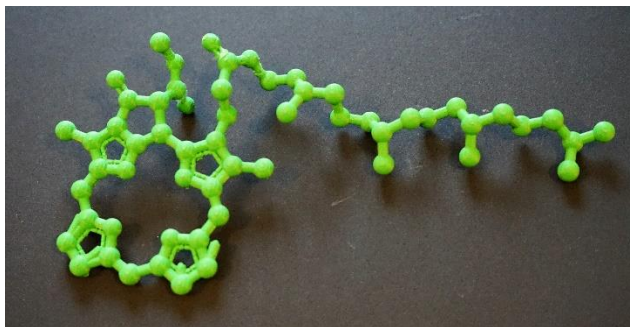


Kloroplaster

Hos de prokaryota celler som utför fotosyntesen sker reaktionen över deras yttre membran. De gröna växterna har istället organeller i sina växtceller som heter kloroplaster och i dessa kloroplaster sker fotosyntesen. Kloroplasterna har ett yttre och ett inre membran. I kloroplasterna finns dessutom den inre membranstrukturen grana. Grana har en uppbyggnad som liknar diskar som är staplande på varandra. En sådan stapel med diskar kallas graum. Dessa diskar, som består av veckat membran, kallas tylakoider. Området utanför grana kallas stroma och området innanför tylakoiderna kallas lumen. Det är över tylakoidenmembranet som ljusreaktionen sker och i stroma sker den ljusoberoende reaktionen (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



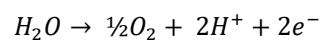
Förankrat i tylakoidmembranet sitter klorofyllmolekyler. Det finns klorofyll a och klorofyll b i kloroplasterna och de absorberar ljus med olika våglängder. Gemensamt för klorofyllmolekylerna är deras antennlika form med en Mg(II)-jon i centrum av antennstrukturen. Svansdelen av molekylen är hydrofob, tenderar att inte komma i kontakt med vatten, och kan därav kovalent binda till de hydrofoba delarna av membranet. Det som skiljer klorofyll a från klorofyll b är att de har olika sidogrupper, klorofyll a har en aldehydgrupp och klorofyll b en metylgrupp (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



Ljusreaktionen

Det första steget i fotosyntesen är ljusreaktionen och som namnet antyder är den beroende av ljus.

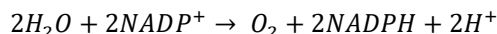
När en foton träffar klorofyllet exciteras två elektroner från Mg(II)-jonen, det hål som skapas ger en kedjereaktion där elektroner fyller på hålet tills dess att de når ett av två reaktionscentrum. Reaktionscentrumen, som är ett molekyllkomplex, sitter förankrad i ett protein som är integrerat i tylakoidmembranet och som kallas fotosystem. Det första fotosystemet *fotosystem II*, PSII, som absorberar ljus med våglängder kortare än 680 nm, är starten på elektrontransportkedjan och när hålet från de exciterade elektronerna når hit så kommer en vattenmolekyl som finns i lumen, innanför tylakoidmembranet, att spjälkas enligt:



I fotosystem II finns feofytin, vilken liknar klorofyllmolekylen men har en järnjon istället för magnesiumjon, som tar emot elektronerna och för dem vidare till *plastokinon*, PQ, vilket är molekyl som kan transportera elektronerna inom tylakoidmembranet. Det är plastokinon som för elektronerna vidare via *b₆-f komplex av cytokrom*, Cyt b₆f, ett enzym, som agerar

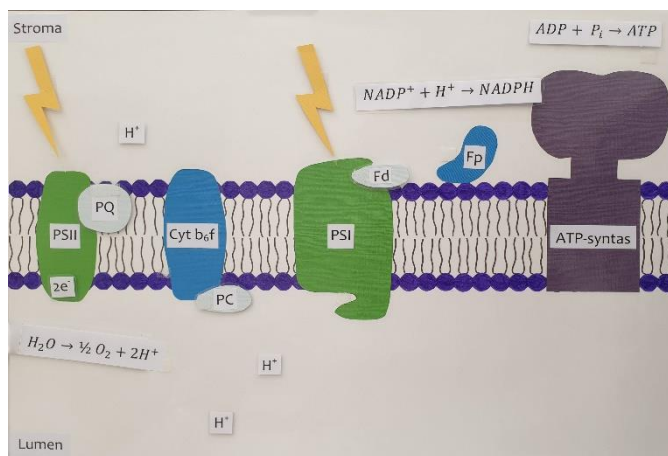
protonpump och pumpar in protoner från stroma till lumen. Samtidigt överförs elektronerna via ett protein som kallas *plastocyanin*, PC, som innehåller en kopparjon, vidare, innanför membranet till *fotosystem I*, PSI.

Fotosystem I absorberas ljus som är kortare än 700 nm, och exciterar elektronerna igen. Med hjälp av *ferredoxin*, Fd, ett protein som innehåller järn, och enzymet NADP⁺-reduktas, Fp, reduceras NADP⁺, molekyl som finns i stroma, till NADPH. Vilket är det sista steget i kedjan. Summaformeln för ljusreaktionen blir följande:



Under hela kedjan sker flera processer som gör att det skapas en protongradient. Detta betyder att på insidan av tylakoidmembranet, i lumen, är det en högre koncentration av protoner, vätejoner, än i stroma. Detta utnyttjas av *ATP-syntaset*, ett enzym. Samtidigt som ATP-syntaset släpper igenom protoner så binds en fosfatjon till de ADP som finns i stroma så att produkten blir ATP, som kallas en energibärande molekyl.

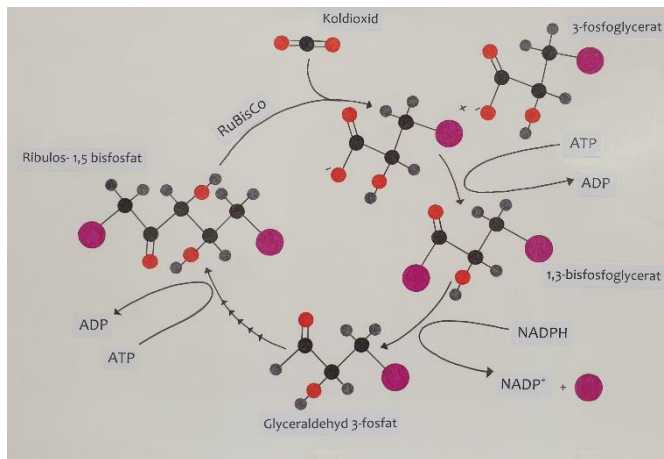
Den ATP och NADPH som bildas i reaktionen används sedan vidare i den ljusoberoende reaktionen (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



Ljusoberoende reaktionen

Den ljusoberoende reaktionen är steg två av fotosyntesen. Den ljusoberoende reaktionen sker också den i kloroplasterna men till skillnad från ljusreaktionen så sker reaktionen direkt i stroma.

Den ljusoberoende reaktionen är cyklisk och kallas för Calvincykeln efter sin uppfinnare Melvin Calvin. Den inleds med att sex stycken ribulos-1,5-bisfosfat reagerar med sex stycken koldioxidmolekyler och bildar intermediären, den tillfälliga molekylen, 2-karboxy-3-ketoribitol-1,5-bisfosfat som genomgår en hydrolys med hjälp av enzymet ribulos-1,5-bisfosfat karboxylas/oxygenas (*Rubisco*). Produkten blir tolv stycken 3-fosfoglycerat. Därefter reduceras 3-fosfoglycerat till glyceraldehyd-3-fosfat vilket kräver NADPH och ATP. Två glyceraldehyd-3-fosfat frångår cykeln och omvandlas till glukos medan resterande fortgår i cykeln och omvandlas, med hjälp av ATP, tillbaka till ribulos-1,5-bisfosfat som då kan reagera på nytt med nya koldioxidmolekyler (Campbell, Farrell, & McDougal, 2018).



Växten tar in koldioxiden och släpper ut syrgasen via klyvöppningarna, stomata, men om det är varmt kommer växten att stänga dem för att inte släppa ut vattenånga. Eftersom ljusreaktionen fortsätter genomföras så kommer syrgas, ATP och NADPH fortsatt produceras. Det gör att även den ljusberoende reaktionen kommer att ske men eftersom klyvöppningarna är stängda så kommer det bli ett underskott av koldioxid. Enzymet Rubisco kommer då att katalysera reaktionen med syrgas och produkten blir istället att koldioxid och ammoniak frigörs och att detta kostar ATP och NADPH. Detta kallas fotorespiration eftersom syrgas förbrukas och koldioxid produceras (Peterhansel, o.a., 2010).

C4-fotosyntes

Standardfotosyntesen, som är beskriven ovan, kallas för C3-fotosyntes och den utförs av C3-växter, men vissa växter har utvecklat ett sätt att undvika fotorespirationen och dessa kallas C4-växter. Dessa C4-växter utför ljusreaktionen på samma sätt som C3-växterna men den ljusberoende reaktionen utförs med en modifikation.

Hos C4-växter så sker själva koldioxidfixeringen i två steg. Det första steget sker i de yttre cellerna som kallas mesofyllceller. Där finns enzymet fosfoenolpyruvatkarboxylas, PEPC, som till skillnad från Rubisco enbart kan katalysera reaktionen med koldioxid. Så koldioxiden omvandlas i mesofyllcellerna till kolsyra som kan katalyseras av PEPC och bildar malat. Steg två är att malaten sedan skickas vidare till buntskedjecellerna, som finns innanför mesofyllcellerna, där den omvandlas till koldioxid igen så att ljusberoende reaktionen kan ske precis som i C3-växterna men utan närvaro av syrgas. Steg ett och steg två är därav separerade från varandra då de sker i olika celler. Detta blir mer effektivt och gör att växterna kan binda in mer koldioxid och bilda mer glukos. Exempel på C4-växter är sockerrör och majs (Furbank, 2016).

CAM-fotosyntes

En annan variant av anpassning kallas CAM-fotosyntes. Dessa växter växer i varma klimat och för att undvika att förlora vatten kan växterna enbart ha sina klyvöppningar öppna på natten. De använder samma reaktioner och enzym som i C4-fotosyntesen men den kommer att genomföra steg ett, koldioxidfixering med hjälp av PEPC till malat, under dagen när ljusreaktionen är igång och sedan kommer den ljusberoende reaktionen, steg två, ske på natten när det är mörkt. Typiska växter som utför CAM-fotosyntes är kaktusar, aloe vera och ananas (Bräutigam, Schlüter, Eisenhut, & Gowik, 2017).

Ordlista

Membran: ett membran består av fosfolipider. Fosfolipider har hydrofila huvuden och hydrofoba svansar vilket gör att de arrangerar sig som en hinna. Denna hinna återfinns runt alla celler och organeller. Membran kan släppa igenom vissa molekyler som till exempel syrgas, som är en oladdad och en liten molekyl, men andra som till exempel protoner måste pumpas in genom proteinpumpar.

Enzym: Ett enzym är ett protein som katalyserar en reaktion. Att katalysera en reaktion innebär att enzymet deltar i reaktionen men förbrukas inte och genom att enzymet deltar så sker reaktionen snabbare än vad den hade gjort annars.

ATP: Adenosintrifosfat eller ATP är en molekyl som kallas för en energibärare. Den har en svans med tre fosfatgrupper.

NADPH: Nikotinamid-adenin-dinukleotidfosfat är en molekyl som fungerar som en vätebärare.

Källhänvisning

Bräutigam, A., Schlüter, U., Eisenhut, M., & Gowik, U. (2017). On the Evolutionary Origin of CAM Photosynthesis. *Plant Physiology*, 174(2), 473-477. doi: 10.1104/pp.17.00195

Campbell, M., Farrell, S., & McDougal, O. (2018) *Biochemistry* (9th edition). Boston: Cengage Language

Furbank, R. (2016). Walking the C₄ pathway: past, present and future. *Journal of Experimental Botany*, 67(14), 4057-4066. doi:10.1093/jxb/erw161

Peterhansel, C., Horst, I., Niessen, M., Blume, C., Kebeish, R., Kürkcüoglu, S., & Kreuzaler, F. (2010). Photorespiration. *The aradidopsis book*, 8, e0130.

Efterarbete - De kemiska processerna i fotosyntesen

Om ni vill ha en repetition av vad som sades under övningen De kemiska processerna i fotosyntesen så kan ni titta på filmen som finns under rubriken *Inför besöket* på hemsidan:

<https://www.vetenskapenshus.se/bokning/skolprogram/regnskogstrad-eller-okenvaxt-i-edvard-andersons-vaxthus-gy>

Efterarbetsmaterialet är uppdelat i fyra fristående delar. En liten laboration och tre olika temauppgifter.

Laborationen är en visualisering av till vilken grad växterna utför fotosyntes vid olika ljusförhållanden.

Temauppgifterna har följande teman och riktar sig mot kurser:

- Artificiell fotosyntes (Kemi 2 och/eller Biologi 2)
- Fotosyntesens evolution (Främst Biologi 2)
- Vad händer när koldioxidhalten ökar? (Kemi 2 och/eller Biologi 2)

Fotosynteslaboration

Hur påverkas växten av olika ljusstyrka? Spelar det någon roll vilken växt och var den lever för dess fotosyntes?

Testa detta genom att utföra en enkel laboration.

Material:

- 2 st höga bägare
- 2 st glastrattar
- Blad från växt
- 2 st provrör eller mätglas
- Vatten
- Kolsyrat vatten

Genomförande:

Håll vatten i en bägare och tillsätt ungefär 1/6 kolsyrat vatten. Placera bladet i botten av bägaren och placera tratten över växten.

Fyll provröret med vatten och placera det över tratten. Dokumentera hur mycket luft det är i provröret från början.

Förbered en likadan uppställning och se till att dokumentera hur mycket luft som finns i provröret.

Ställ den ena bägaren på en ljus plats och den andra på en mörk plats (gärna i ett skåp med så lite ljusinsläpp som möjligt).

Låt dem stå i minst tre timmar och undersök gasvolymen.



Använd gärna en växt som gillar att stå ljust eller ta olika växter som trivs i olika klimat för att se om det blir någon skillnad.

Inspirationen till den här laborationen samt fler laborationer som utgår från fotosyntesen finns här:

Brengdahl, M (2017) *Laborationer Fotosyntes*. Linköpings Universitet. Hämtat den 30 maj 2019. <https://liu.se/download/coursedocument/fc768a52-6a85-4923-9070-4571ee54da4c/botanik%202%20fotosynteslab%202017.pdf>

Artificiell fotosyntes

Artificiell fotosyntes är ett stort forskningsområde och mycket forskning bedrivs i Sverige. Vad är artificiell fotosyntes och varför är det något vi vill forska på?

Energimyndigheten har sammanställt en rapport där de beskriver artificiell fotosyntes och dess koppling till solceller.

Energimyndigheten (2013) *Artificiell fotosyntes – Energi från sol och vatten*. Energimyndigheten. Hämtad den 30 maj 2019. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Test.ashx?ResourceId=2715>

Uppgift

Skriv en kortare uppsats kring artificiell fotosyntes. Beskriv:

- Vad artificiell fotosyntes är.
- Vad svårigheterna är kring artificiell fotosyntes.
- Vad man kan använda det till.
- Vad dess koppling är till hållbar utveckling.

Möjlig koppling centralt innehåll Kemi 2

Organisk kemi

- Reaktionsmekanismer, inklusive kvalitativa resonemang om, hur och varför reaktioner sker och om energisättningar vid olika slags organiska reaktioner.

Kemins karaktär och arbetssätt

- Avgränsning och studier av problem och frågor med hjälp av kemiska resonemang.
- Frågor om etik och hållbar utveckling kopplade till kemins olika arbetssätt och verksamhetsområden.

Möjlig koppling centralt innehåll Biologi 2

Cell- och molekylärbiologi

- Celldelars funktion. Livsprocesser och regleringen av dem, till exempel fotosyntes, metabolism och transport över membran. Evolutionärt perspektiv på molekylärbiologi.

Biologins karaktär och arbetssätt

- Frågor om religion, etik och hållbar utveckling kopplade till biologins olika arbetssätt och verksamhetsområden.

Fotosyntesens evolution

Fotosyntesen är en av världens viktigaste reaktioner. Utan den hade livet på jorden inte sett likadant ut. Hur kom det sig att växter började utföra fotosyntesen? Vad är fotosyntesens evolution? I den här artikeln går det att läsa om fotosyntesens evolutionära resa.

Björn, L. O., & Bergström, J. (2008). Fotosyntesprocessens evolution. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 102(6), 297-305. Hämtad den 30 maj 2019
<https://portal.research.lu.se/portal/files/3810138/1287920.pdf>

Uppgift

Använd artikeln för att skapa en tidslinje, med bilder och text, över fotosyntesens evolution. Avsluta tidslinjen med en diskussion, med välgrundade argument, kring vad som kan ske i framtiden med fotosyntesen, samt fundera på om det finns några kopplingar mellan uppkomsten av mitokondrier i eukaryota celler och kloroplaster i växtcellerna.

Möjlig koppling till centralt innehåll i Kemi 2

Biokemi

- Huvuddragen i människans ämnesomsättning på molekylär nivå.

Möjlig koppling till centralt innehåll Biologi 2

Organismens funktion

- Samband mellan evolution och organismernas funktionella byggnad och livsprocesser.

Cell- och molekylärbiologi

- Celldelars funktion. Livsprocesser och regleringen av dem, till exempel fotosyntes, metabolism och transport över membran. Evolutionärt perspektiv på molekylärbiologi.

Vad händer när koldioxidhalten ökar?

Man kan tycka att växterna borde gynnas av en ökad mängd koldioxid i atmosfären, och det gör de men bara kortsiktigt. Långsiktigt så kan det få stora konsekvenser, exempelvis:

- **Mindre proteinrika:** Växterna blir mindre proteinrika eftersom de får svårare att ta upp kväveföreningar.
- **Svårare att ta upp näring:** Vid en ökad koldioxidhalt kommer växterna inte behöva ha lika många klyvöppningar för att ändå kunna tillgodose sitt behov av koldioxid vilket leder till att vattenförlusten inte blir lika stor. Detta blir dock problematiskt eftersom näringsupptaget ifrån jorden är kopplat till vattentrycket i växten och om den balansen rubbas kommer växten inte att kunna ta upp näringen lika lätt.
- **Minskad produktion av försvarssubstanser:** En ökad koldioxidhalt påverkar växtens förmåga att producera försvarssubstanser eftersom den måste välja mellan försvar och tillväxt. Vid en minskad produktion av dessa substanser så har växten svårare för att försvara sig mot skadedjur.

Källan för dessa exempel är:

Nyström, J. (2012) Ökad växthuseffekt ger sämre grödor. *Forskning & Framsteg*. Hämtad den 30 maj 2019. <https://fof.se/tidning/2012/5/artikel/okad-vaxthuseffekt-ger-samre-grodor>

Uppgift

Eleverna delas in i mindre grupper och får varsin problematik. Låt dem söka information kring problematiken så att de kan beskriva hur växten bildar protein/tar upp näring/produserar och utsöndrar försvarssubstanser och hur denna förmåga påverkas av en ökad koldioxidhalt.

Låt sedan tre grupper med olika problematiker berätta för varandra, med hjälp av bilder, vad de har kommit fram till.

Möjlig koppling till centralt innehåll i Kemi 2

Biokemi

- Proteiners struktur och funktion, med speciellt fokus på enzymer.

Kemins karaktär och arbetssätt

- Avgränsning och studier av problem och frågor med hjälp av kemiska resonemang.
- Frågor om etik och hållbar utveckling kopplade till kemins olika arbetssätt och verksamhetsområden.

Möjlig koppling till centralt innehåll i Biologi 2

Cell- och molekylärbiologi

- Cell- och molekylärbiologins användningsområden. Möjligheter, risker och etiska frågor.

Biologins karaktär och arbetssätt

- Frågor om religion, etik och hållbar utveckling kopplade till biologins olika arbetssätt och verksamhetsområden.

Bilaga 3 – Frågeformulär

Frågeformulär

Mitt namn är Lisa Karlsson och jag går programmet Civilingenjör och Lärare på KTH och den här enkäten är en del av mitt examensarbete.

Den här enkäten består av två delar. Den första delen är en undersökning om hur fotosyntesen undervisas om i skolan. Den andra delen består av frågor som ska hjälpa mig att utveckla övningen "Fotosyntesens anpassning" som ni nyligen genomförde.

Era svar kommer enbart att användas i denna studie och ni kommer att behandlas anonymt. Om ni upplever att ni inte vill svara på någon fråga så kan denna förbises.

Del 1 Fotosyntesen i skolan

Vilka ämnen undervisar du i?

Vilken utbildning har du gått?

Vilken lärobok brukar du använda i Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Vad är din uppfattning om kopplingen mellan kemi och biologi?

Hur stor andel av undervisningen i Biologi 2 alternativt Kemi 2 skulle du säga tillhör området biokemi? Ange i procent.

Ungefär hur många lektioner disponerar du till att undervisa om fotosyntesen i Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Ange vilka begrepp om fotosyntesen som du brukar gå igenom. Vilka väljer du att exkludera och varför?

Har du något du vill tillägga?

Del 2 Övningen: Fotosyntesens anpassning

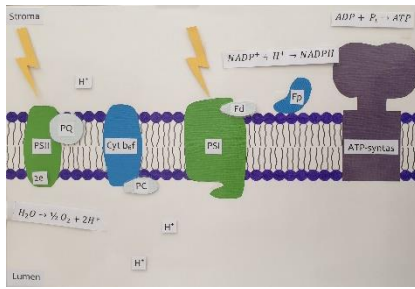
Vad tycker du var bra med övningen?

Vad tycker du kan förbättras?

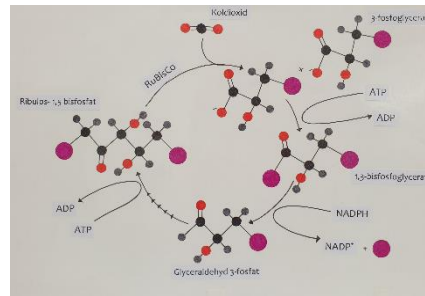
Hur upplevde du nivån på innehållet i övningen?

I övningen ingick följande modeller:

- Plansch med träd och solen och summaformel
- Plansch över en kloroplast i genomskärning
- Klorofyllmolekyl
- Plansch över ljusreaktionen
- Plansch över den ljusberoende reaktionen



Ex. ljusreaktionen



Ex. ljusoberoende reaktionen

Upplevde du att modellerna var tydliga? Om inte, vad kan förtydligas?

Upplever du att det finns en koppling till hållbar utveckling i övningen?

Hur upplevde du övningen passa in i skolprogrammet "Regnskogsträd eller Ökenväxter"?

Vad skulle kunna vara ett bra efterarbetsmaterial till övningen?

Vad tror du var elevernas uppfattning om momentet?

Upplever du att det finns en koppling till det centrala innehållet för Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Har du något du vill tillägga?

Bilaga 4 – Intervjuguide

Intervjuguide

Vilka ämnen undervisar du i?

Vilken utbildning har du gått?

Vilken lärobok brukar du använda i Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Skulle du säga att du arbetar tätt med läroböckerna?

Vad är din uppfattning om kopplingen mellan kemi och biologi?

Hur stor andel av undervisningen i Biologi 2 alternativt Kemi 2 skulle du säga tillhör området biokemi? Ange i procent.

Ungefär hur många lektioner disponerar du till att undervisa om fotosyntesen i Biologi 2 alternativt Kemi 2?

Ange vilka begrepp om fotosyntesen som du brukar gå igenom. Vilka väljer du att exkludera och varför?

Fotosyntesen är en del av det centrala innehållet i Biologi 2 men bara som ett exempel och i Kemi 2 omnämns den inte alls. Hur kan det komma sig att den inte får så mycket utrymme från Skolverkets håll?

Har du något du vill tillägga?

Bilaga 5 – Innehållsanalystabell

Böcker	Gymnasiekemi 2	Iris	Syntes	Reaktion	Campus 2	Biologi 2	Spira	Kemiboken 2	Modell & verklighet	Totalt (st)	Totalt (%)	Bi (st)	Bi (%)	Ke (st)	Ke (%)
Ämne	Kemi	Biologi	Kemi	Kemi	Biologi	Biologi	Biologi	Kemi	Kemi						
Antal sidor	5	9	3	1	11	9	10	1	5						
Ljusreaktionen	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%
Klyvöppningar	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4	44%	4	100%	0	0%
Kloroplast	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%
Stroma	0	1	0	0	1	1	1	0	1	5	56%	4	100%	1	20%
Lumen	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	22%	1	25%	1	20%
Klorofyll	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8	89%	4	100%	4	80%
Absorptionsspektrum	0	1	0	0	1	1	1	0	0	4	44%	4	100%	0	0%
Antennkomplex	1	0	1	0	1	0	1	0	0	4	44%	2	50%	2	40%
Delokaliserade elektroner	1	1	0	0	1	0	1	0	1	5	56%	3	75%	2	40%
Tylakoid	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%
Reaktionscentra	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4	44%	3	75%	1	20%
Fotosystem	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6	67%	3	75%	3	60%
Protongradient	1	1	0	0	0	0	1	0	1	4	44%	2	50%	2	40%
Elektrontransport	1	1	1	0	1	0	1	0	1	6	67%	3	75%	3	60%
Ljusoberoende reaktionen	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%
Rubisco	1	1	0	0	1	1	1	0	1	6	67%	4	100%	2	40%
Kvävefixering	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11%	0	0%	1	20%
Sockertransport	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	22%	2	50%	0	0%
C4	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	33%	3	75%	0	0%
CAM	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3	33%	3	75%	0	0%
ATP	1	1	0	1	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%

Bromelin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0	0%	0	0%
Protonpump	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4	44%	3	75%	1	20%
Växtcellstruktur	1	1	1	0	1	1	1	0	1	7	78%	4	100%	3	60%
Blågröna alger	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	22%	2	50%	0	0%
Calvincyklen	1	1	0	0	1	1	1	0	0	5	56%	4	100%	1	20%
Fotosyntes jmf cellandning	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	33%	0	0%	3	60%
CO₂ jämviktsreaktioner	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	0	0%	0	0%

