Workshop fotosyntes (Gävle 260806)

- Om organisationsnivåer
- Fotosyntes och cellandning – livsviktigt och klurigt
- Kolla rötter och klyvöppningar med USB-mikroskop
- Äggkartongsövning på olika nivåer
- Tips på datorsimuleringar



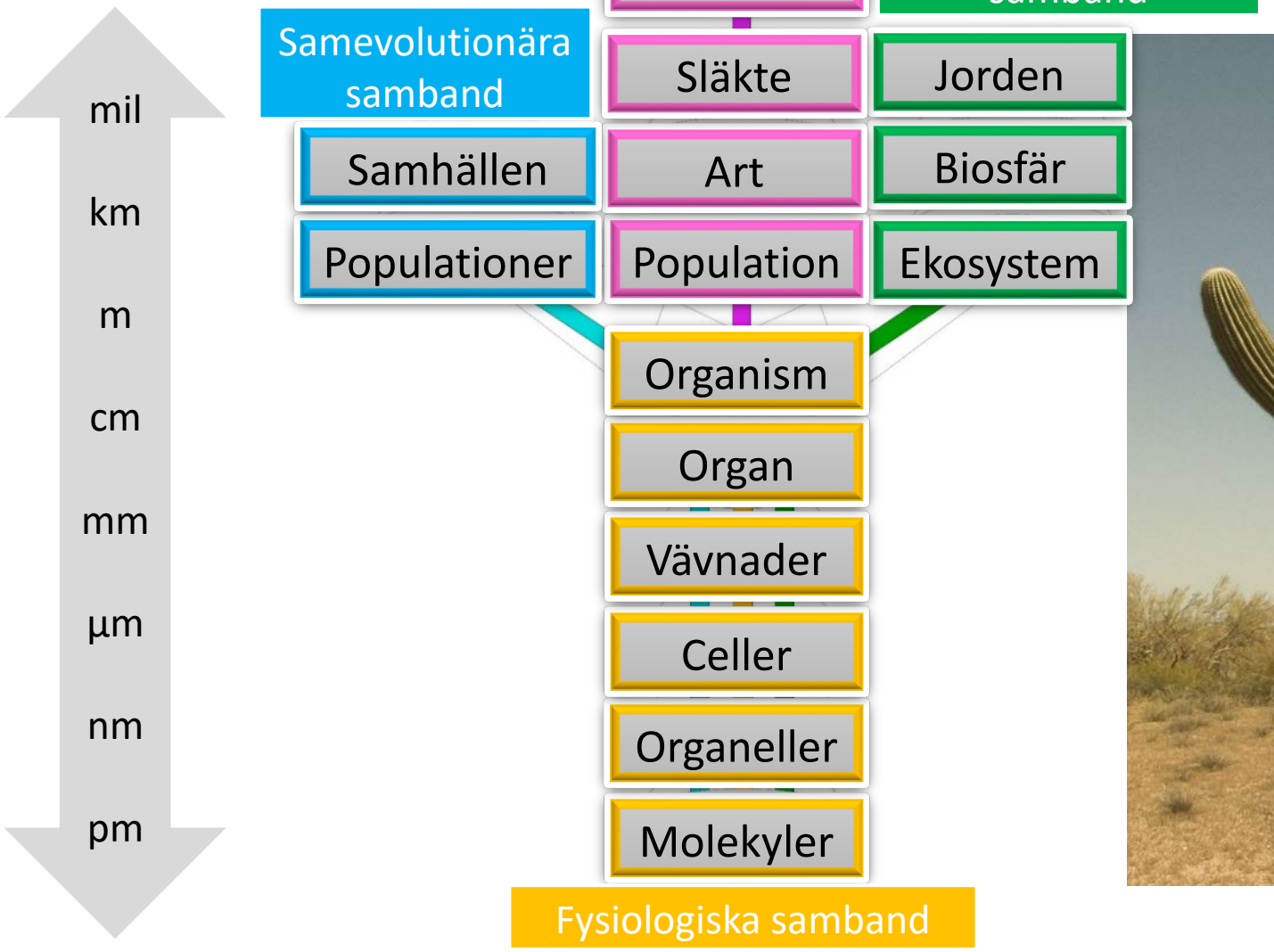


Ammie Berglund (ammie.berglund@bioresurs.uu.se)
Nationellt resurscentrum för biologiundervisning (www.bioresurs.uu.se)

Biologi –
från atomer och molekyler till hela jorden



ORGANISATIONS-NIVÅER





- Hur fungerar den? **Hoppa neråt**
- Betydelse? Effekter? **Hoppa uppåt**



- Stöttning? Explicit ”var är vi nu?”, ”hoppen”
- **Sammanhang styr vilka organisationsnivåer som är relevanta**

Skala – ett TRÖSKELBEGREPP

Schneeweiß N & Gropengießer H (2019). Organising Levels of Organisation for Biology Education: A Systematic Review of Literature. *Educ. Sci.* 9(3), 207

Fotosyntes och cellandning

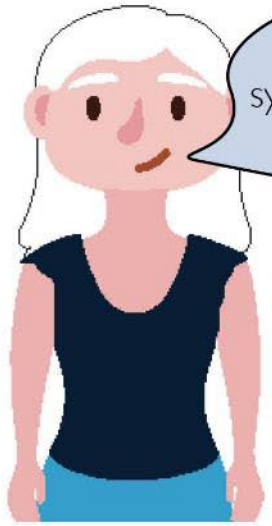
- Livsviktiga och pågår hela tiden
- Ger mat och byggmaterial
- Konkret – men ändå…

…utmanande att lära och undervisa om



Är en orsak växtblindhet?
Svårt greppa det unika med att växter är **autotrofer**

Alla har missförstått?



Växter kör fotosyntes på dagen och cellandning på natten

Växter blir större eftersom de suger upp vatten och näring från jorden



Solljus omvandlas till socker i växterna när de gör fotosyntes

Klorofyll omvandlas till socker i växter som står i solljus

Fotosyntesen finns för att ge djur syre och mat

Eller förresten - det viktigaste är att det bildas energi av fotosyntes

Växter behöver inte cellandning eftersom de får energi från solen

Den viktigaste produkten av fotosyntes är syrgas

Cellandning behövs bara när det är mörkt, annars är det fotosyntes

Växter har fotosyntes och djur har cellandning, det är skillnaden



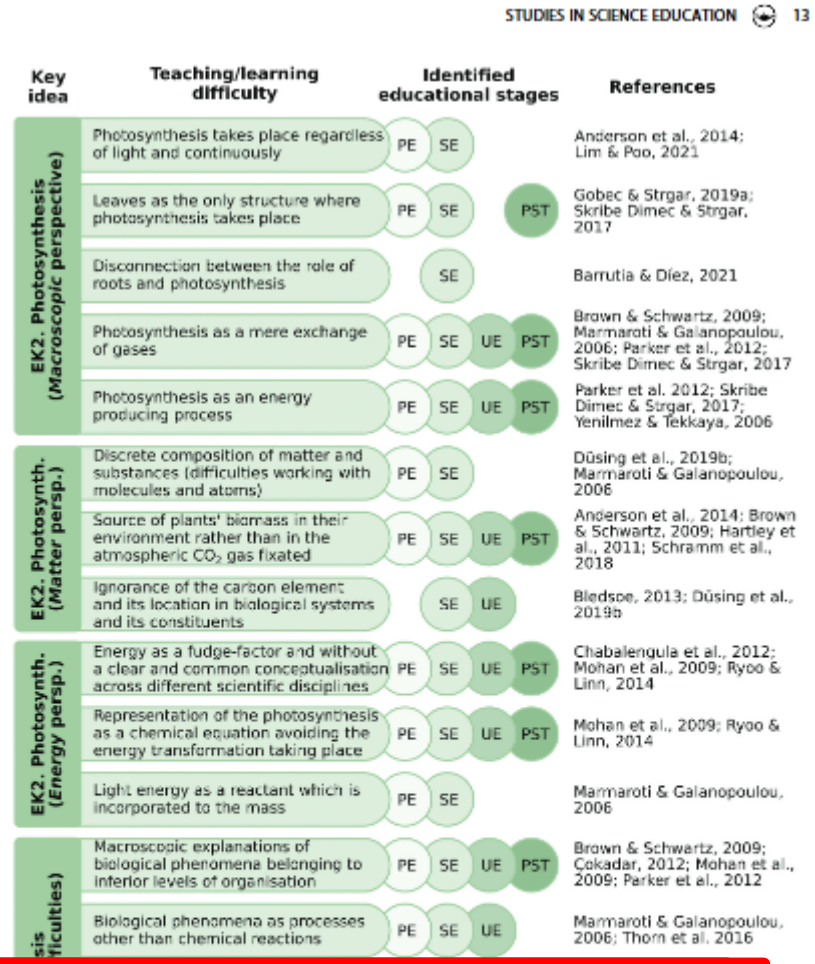


Hur tänker du?

Förståelse av växter

- Litteraturöversikt (2000-2022)
- Olika aspekter av fotosyntes/cellandning
- Åk 1-6 (PE), åk 7-9/Gy (SE), universitet (UE), lärarstudenter (PST)

- Svårt att förstå kemisk förändring och omvandling (dock studerat enbart för SE)



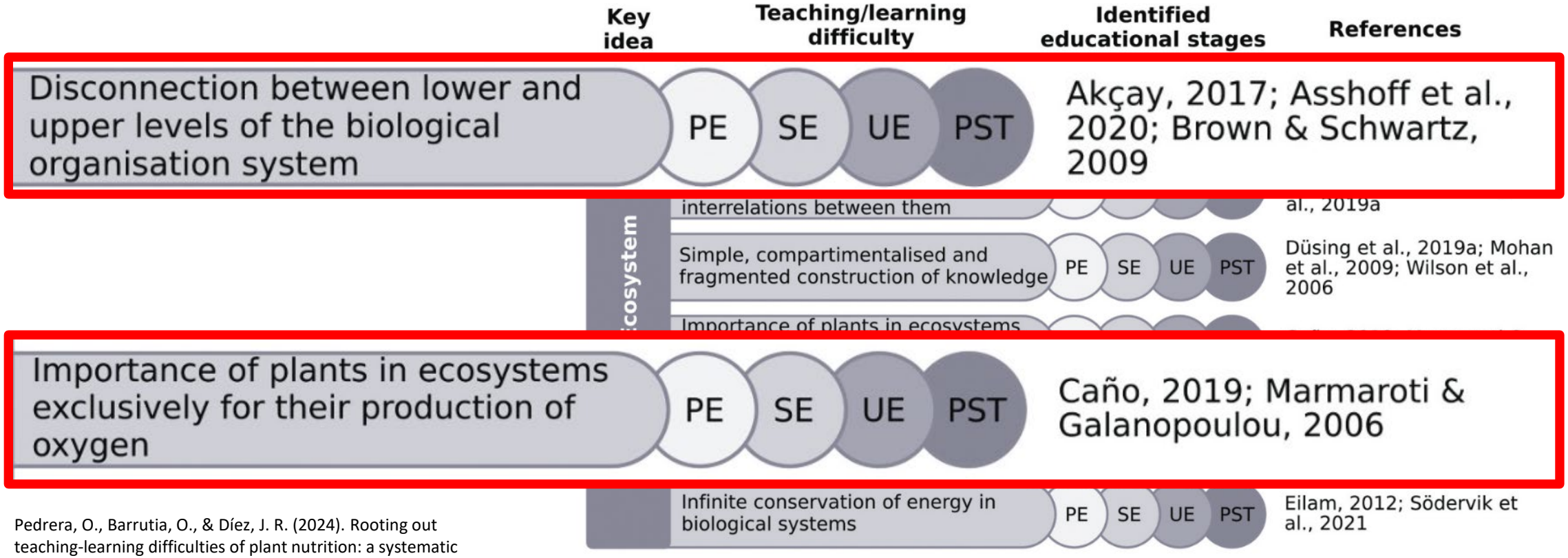
Key idea	Teaching/learning difficulty	Identified educational stages	References
EK2. Photosynthesis (Macroscopic perspective)	Photosynthesis takes place regardless of light and continuously	PE SE	Anderson et al., 2014; Lim & Poo, 2021
	Leaves as the only structure where photosynthesis takes place	PE SE PST	Gobec & Strgar, 2019a; Skribe Dimec & Strgar, 2017
	Disconnection between the role of roots and photosynthesis	SE	Barrutia & Díez, 2021
	Photosynthesis as a mere exchange of gases	PE SE UE PST	Brown & Schwartz, 2009; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Parker et al., 2012; Skribe Dimec & Strgar, 2017
	Photosynthesis as an energy producing process	PE SE UE PST	Parker et al. 2012; Skribe Dimec & Strgar, 2017; Yenilmez & Tekkaya, 2006
EK2. Photosynth. (Matter persp.)	Discrete composition of matter and substances (difficulties working with molecules and atoms)	PE SE	Düsing et al., 2019b; Marmaroti & Galanopoulou, 2006
	Source of plants' biomass in their environment rather than in the atmospheric CO_2 gas fixated	PE SE UE PST	Anderson et al., 2014; Brown & Schwartz, 2009; Hartley et al., 2011; Schramm et al., 2018
	Ignorance of the carbon element and its location in biological systems and its constituents	SE UE	Bledsoe, 2013; Düsing et al., 2019b
EK2. Photosynth. (Energy persp.)	Energy as a fudge-factor and without a clear and common conceptualisation across different scientific disciplines	PE SE UE PST	Chabalengula et al., 2012; Mohan et al., 2009; Ryoo & Linn, 2014
	Representation of the photosynthesis as a chemical equation avoiding the energy transformation taking place	PE SE UE PST	Mohan et al., 2009; Ryoo & Linn, 2014
	Light energy as a reactant which is incorporated to the mass	PE SE	Marmaroti & Galanopoulou, 2006
...ficulties)	Macroscopic explanations of biological phenomena belonging to inferior levels of organisation	PE SE UE PST	Brown & Schwartz, 2009; Çokadar, 2012; Mohan et al., 2009; Parker et al., 2012
	Biological phenomena as processes other than chemical reactions	PE SE UE	Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Thom et al. 2016

Chemical reactions as mixing processes (difficulties in understanding chemical change and transformation)	SE	Düsing et al., 2019b; Marmaroti & Galanopoulou, 2006
Informal or mixed reasonings not based on fundamental thermodynamical principles	PE SE UE PST	Hartley et al., 2011; Mohan et al., 2009; Parker et al., 2012; Wilson et al., 2006

Pedrera, O., Barrutia, O., & Díez, J. R. (2024). Rooting out teaching-learning difficulties of plant nutrition: a systematic literature review. *Studies in Science Education*, 1–36. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2442243

Förståelse för växternas roll i ekosystem

- Svårt koppla ihop organisationsnivåerna!
- Vanligt att syret framförs som ”det viktiga” med fotosyntes



Pedrera, O., Barrutia, O., & Díez, J. R. (2024). Rooting out teaching-learning difficulties of plant nutrition: a systematic literature review. *Studies in Science Education*, 1–36. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2442243

Hur göra? **Motbevisande text**

Följande bilder (”Hur gära?”) ger exempel på vad forskningen lyfter fram för exempel på undervisningsstrategier som visat positiva resultat.
OBS! Det är dock tydligt att det inte finns EN metod som funkar i alla lägen. Snarare handlar det om att erbjuda en variation av undervisningsaktiviteter som kopplas samman på ett bra sätt.

1. Påståendet:



2. Tydligt: ”Det är FEL”

3. Svar/förklara:

Klorofyllet ger bladen en grön färg.

Det gröna finns kvar i bladen på växten, något annat som omvandlas

Koldioxid och vatten omvandlas till socker (klorofyllet hjälper till)

Hur göra? Concept cartoons



https://www.skolverket.se/kompetensutveckling/stod-i-arbetet/concept-cartoons-livsprocesser-for-djur-och-vaxter-arskurs-7-9

Hur göra? Concept cartoons + mer!

1
Bli medveten om hur jag tänker

2
Pröva mina idéer mot andra

3
Nya erfarenheter (laborera, material)

4
Diskutera nya idéer och ny information

5
Testa mina nya idéer i ett nytt sammanhang

6
Formulera nya idéer eller frågor

Conceptual Change Model (Stephans 2003)

Hur göra? **Naturvetenskapliga undersökningar**

”Missförstånd”
”Alternativa uppfattningar”

Kan användas **konstruktivt**



Foto Pixabay
Stepping stones – analogi för utveckling av förståelse över tid

Hur göra? **Naturvetenskapliga undersökningar**

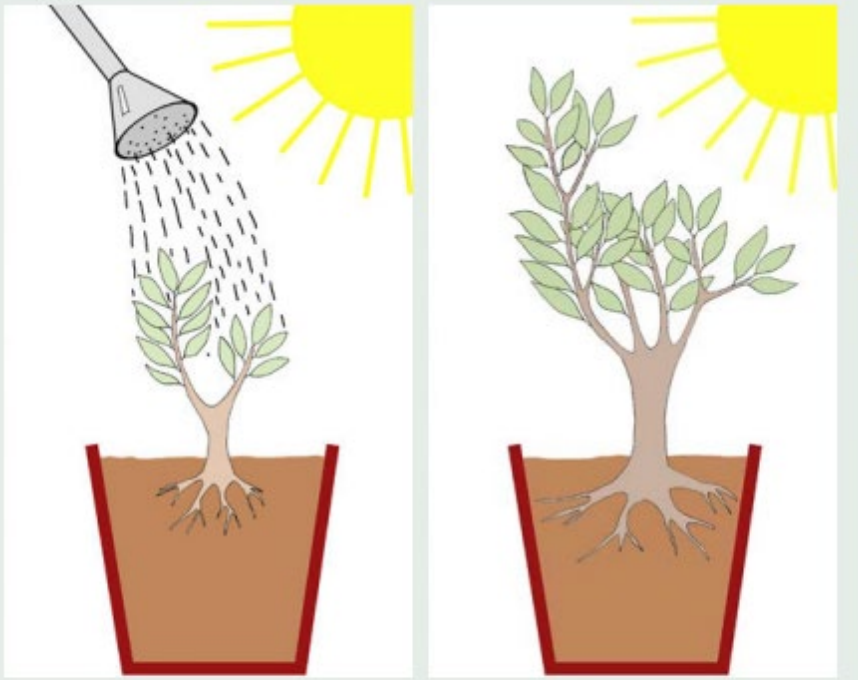
”Missförstånd”
”Alternativa uppfattningar”

Kan användas **konstruktivt**

Start: ”Växter äter från marken och vattnet” (zoocentrisk, heterotrof tankemodell – djuren dominerar…)

Hur skulle vi kunna testa om det stämmer?

Mentala modeller utvecklas över tid



Jan Baptist van Helmont planterade ett pilskott i en kruka med drygt 90 kg jord, som han vattnade vid behov. Efter fem år hade trädet ökat ungefär 74 kg i vikt (jordens vikt hade knappt påverkats). Han drog felaktigt slutsatsen att ökningen i biomassa kom från vattnet.

Inspireras av ett klassiskt experiment!

Hur göra? **Aktivt lärande observera, experimentera**

Organism

Organ

Makronivå

Rot, stam, blad, lungor, solljus, vatten, växt, djur









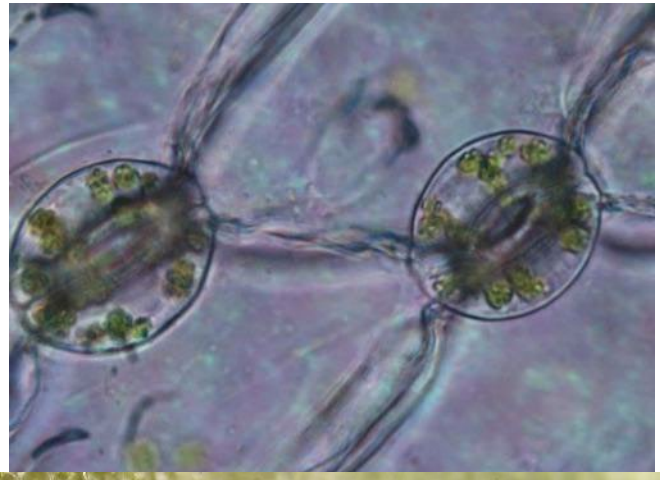
Vävnader

Celler

Organeller

Mikronivå

Klyvöppningar, celler, kloroplaster, mitokondrier





Exempel på USB-kamera som riktats mot ett blad. Förstoringen syns på datorns skärm.

Titta på celler

– med USB-mikroskop

Ett alternativ eller komplement till ljusmikroskop är att använda USB-mikroskop – som egentligen är ett slags digital kamera med möjlighet att zooma in med exempelvis 50x och 200x förstoring.

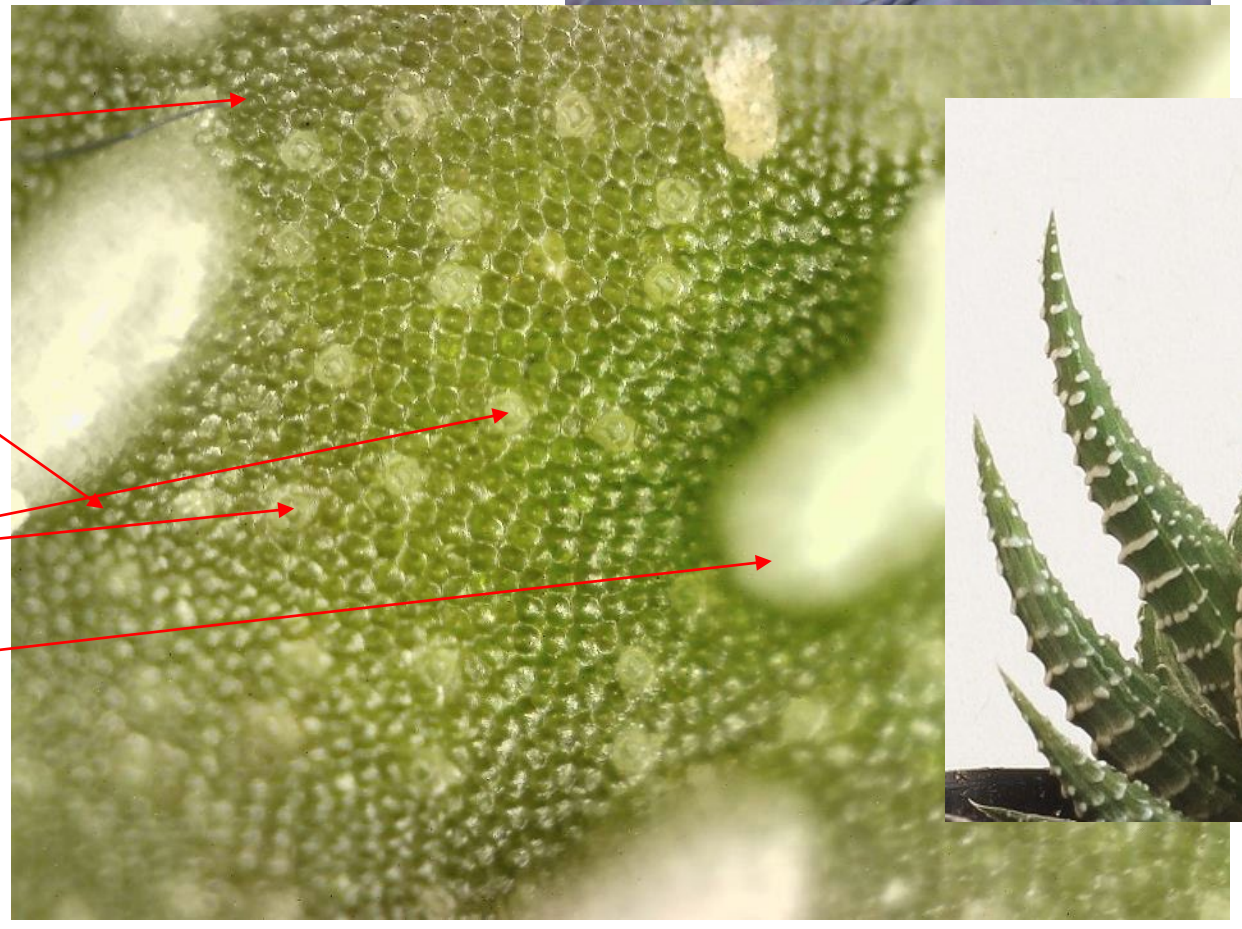
[Cellbiologi - Nationellt resurscentrum för biologiundervisning]

Celler

Cellväggar

Klyvöppningar

Vita strukturer

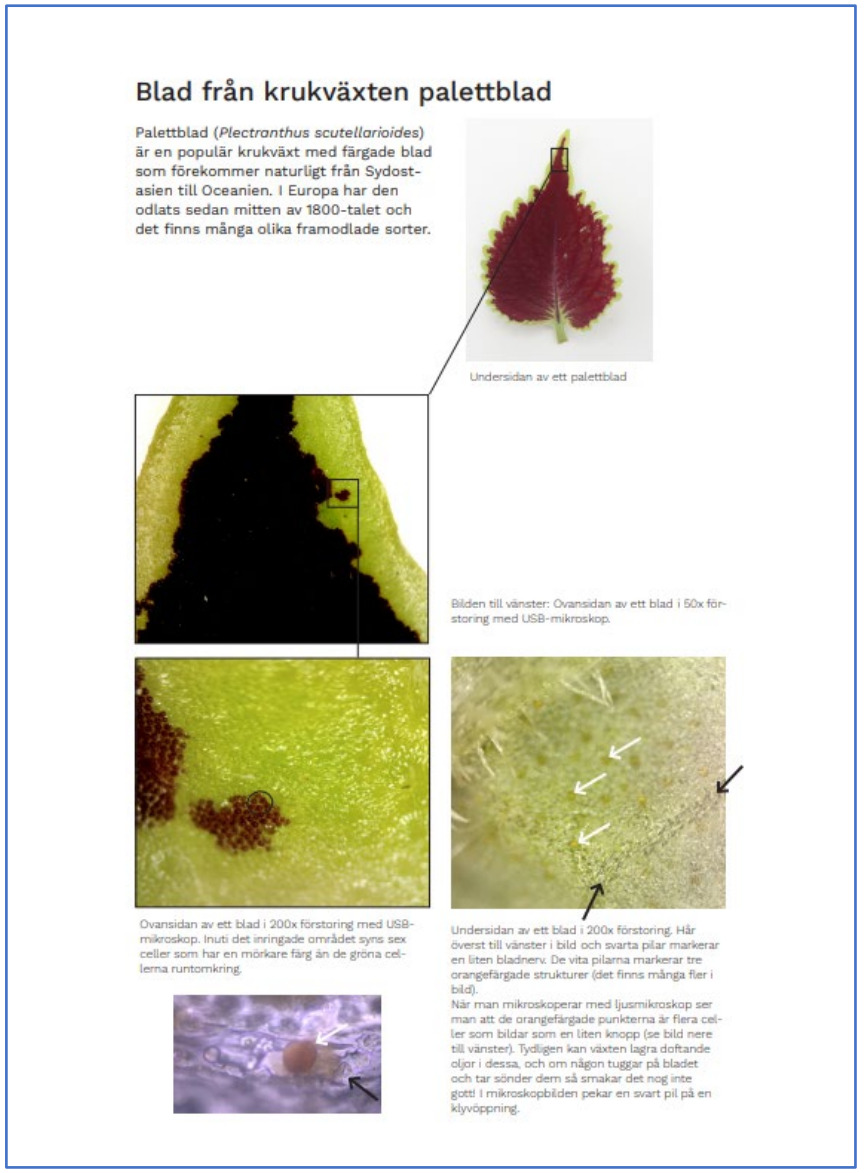




Titta nära

- **USB-mikroskop** (kopplad till dator) (x 200)
- **Darwin2** (med display) (x 300-400)
- **Handluppar** (x 10)

- Palettblad - celler
- *Haworthia* - klyvöppningar



Hur göra? **Aktivt lärande modellera, simulera**

- **Spåra materien** (atomerna och molekylerna – var tar de vägen?)



- Håll koll på **energiomvandlingarna** (ljus - - - kemisk energi)
- **Var är vi?** Stötta i organisationsnivåer(kloroplast, cell, växt, djur…)

Jobba från olika perspektiv – knyt ihop olika aktiviteter

Parker, J. M., Anderson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J., Merritt, B., Richmond, G., & Urban-Lurain, M. (2012). Exploring undergraduates' understanding of photosynthesis using diagnostic question clusters. *CBE Life Sciences Education, 11*(1), 47-57. https://doi.org/10.1187/cbe.11-07-0054

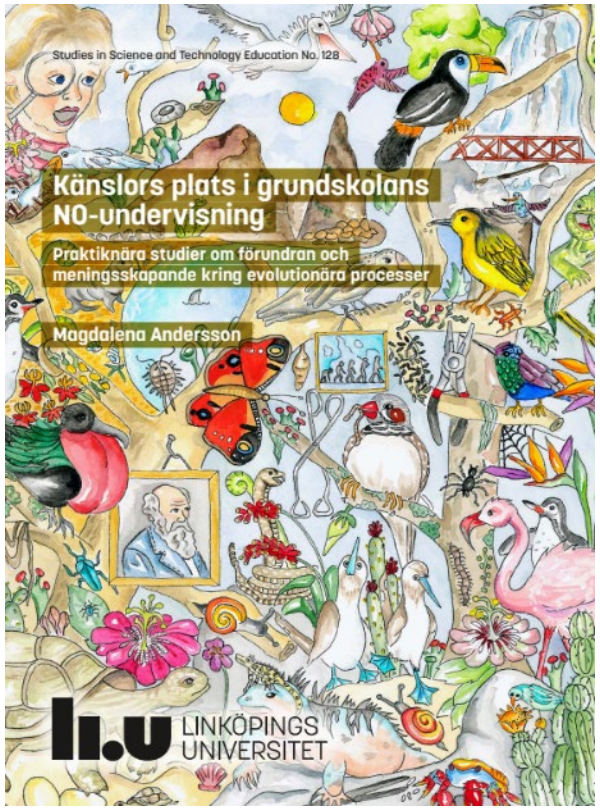
Exploring Undergraduates' Understanding of Photosynthesis Using Diagnostic Question Clusters (nih.gov)

Lgr28 – strategier för biologiundervisning

Stockholms universitet

Ämnesspecifik instruktion i biologi för grundskolan

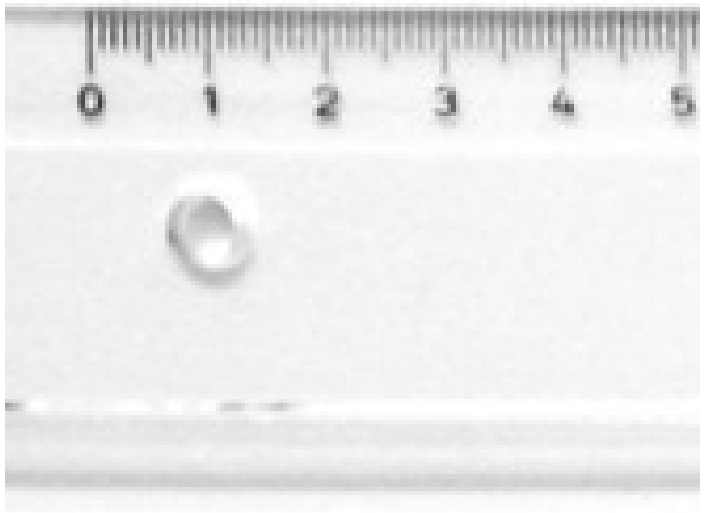
- Viktigt med **naturupplevelser:** (kunskaper + emotionellt + estetiskt)
- Undersökande arbete
- Förundran!

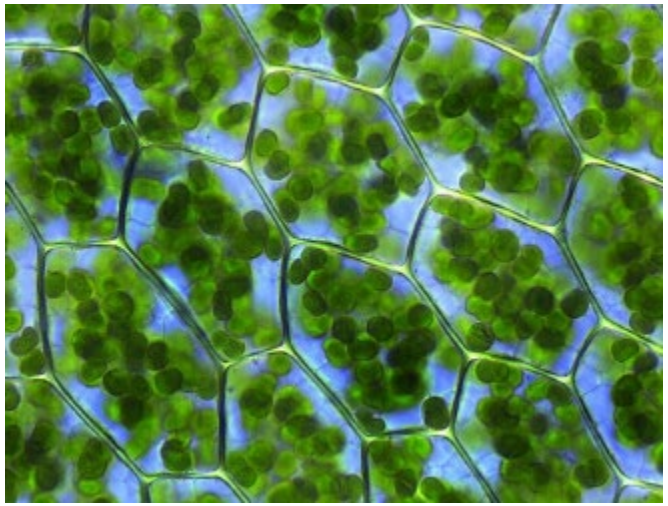


Fascinerande!

På 1 mm får det plats :
10 växtceller på 1 mm
100 kloroplaster på 1 mm

10000 klorofyllmolekyler i en kloroplast
1000000 klorofyllmolekyler på 1 mm





Klorofyllmolekyl 1 nm
Kloroplast 10 um
Växtcell 100 um



Progression?







Progression för fotosyntes/cellandning?

Åk 1-3: Enkla **näringskedjor**

Fotosyntes: Växternas basala roll i näringskedjor

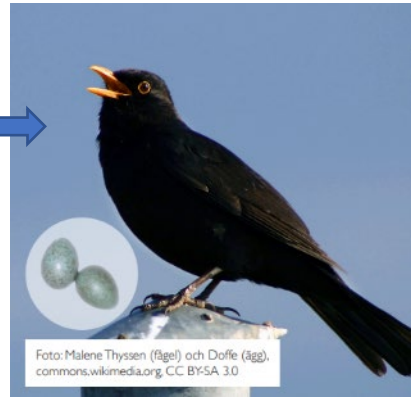
?



Livscykler: vi växer, utvecklas
byggmaterial + **energi** behövs







Systemtänkande – vad betyder pilarna?

Larv: Tomasz Górny (Nemo5576, CC BY-SA 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons

Åk 4-6: Fotosyntes och cellandning

- Hur får växterna byggmaterial och energi?

Byggmaterial: luftens koldioxid och vatten

Energi: från solljus



Foto: Pixabay

Organism

Organ

Makronivå

Träd, äpple

Åk 7-9: Ekosystems energiflöde och kretslopp av materia. Fotosyntes, förbränning och andra ekosystemtjänster.



Syftet med övningen:

synliggöra det osynliga

Varifrån kommer byggmaterialet (molekylerna)?

Var tar de vägen?

Energiomvandling

Molekyler

Submikronivå

Atomer och molekyler,
syrgas, koldioxid, vatten, glukos,
energirika molekyler

Äggkartongsövning – ”nybörjarmodell”

Ni har fått jobb i ”fotosyntesverkstan” i ett blad

Ni bygger socker (men bara när det är ljust)

1. Hämta byggmaterial:

- Rot-stationen (1 st vatten)
- Luft-stationen (1 st koldioxid)

OBS! Ni bygger bara när det är solljust

2. Om det är ljust, då går molekylerna ”sönder” alla kulor släpps fria i lådan ni har.

3. Bygg rader i den stora äggkartongen med de kulor ni har i lådan. Bygg VIT+SVART+RÖD+VIT i varje rad – ordning och reda! Hämta mer om ni behöver.

4. Vad har ni byggt? Blev det något över?



Jfr. Kemi:
enkel partikelmodell

Guidad modellering – lärarstopp!

- **Vad har ni byggt?** Socker
- **Vad blev över?** Röda kulor, det är syre – de går ihop två och två i syrgasmolekyler – (dela ut formar för syrgas).
- Syret läcker ut från växten – lägg syrgasen vid ”luftstationen”
- Vad säger ni om era sockermolekyler, visst är de stora?
- Solljusets energi satte fart på det som hände, och en del av den energin finns lagrad nu i sockermolekylen – (dela ut ”energimarkeringar” att lägga i sockerformen)

Guidad modellering – lärarstopp!

- **Vad kan växten använda sockret till?** Bygga upp sig, växa, bli större
- Men att bygga kräver energi, och energin sitter ju fast i sockret.
- **Kan vi få ut energin ur sockermolekylen?** Ja, om den ”förbränns”

En grupps sockermolekyl används som demonstration:

1. Plocka ut alla kulor till sina platser i de tomma formarna för vatten och koldioxid.
2. Går det jämnt ut? Fattas något?
3. Det går åt syre. Det vi gjort nu kallas för cellandning.
4. Energin är nu möjlig att använda till att t.ex. bygga ihop några sockermolekyler! (använd de andra gruppernas socker och sätt ihop i en rad)

Film från ett klassrum!

- Hur viktigt är organisationen – styrningen?
- Kooperativt kring ett bord bättre än spring i klassrummet?
- Tydliga roller – du gör det, jag gör det…

Vad händer med det vi äter?

- Byggmaterial och…
- Energi (som vi får ut med cellandning)
- Gör att vi kan röra oss
- Kan bygga upp kroppen, utvecklas



Organism

Organ

Makronivå

Kroppsrörelse
Kroppslängd
(hårlängd ☺)

Foton: Pixabay

Vad händer när något dör?

”Vad händer med löven”

Byggmaterial för daggmasken
Energi för daggmasken (cellandningen frigör energin i de gamla bladen)





Organism

Organ

Makronivå

Blad
Daggmask

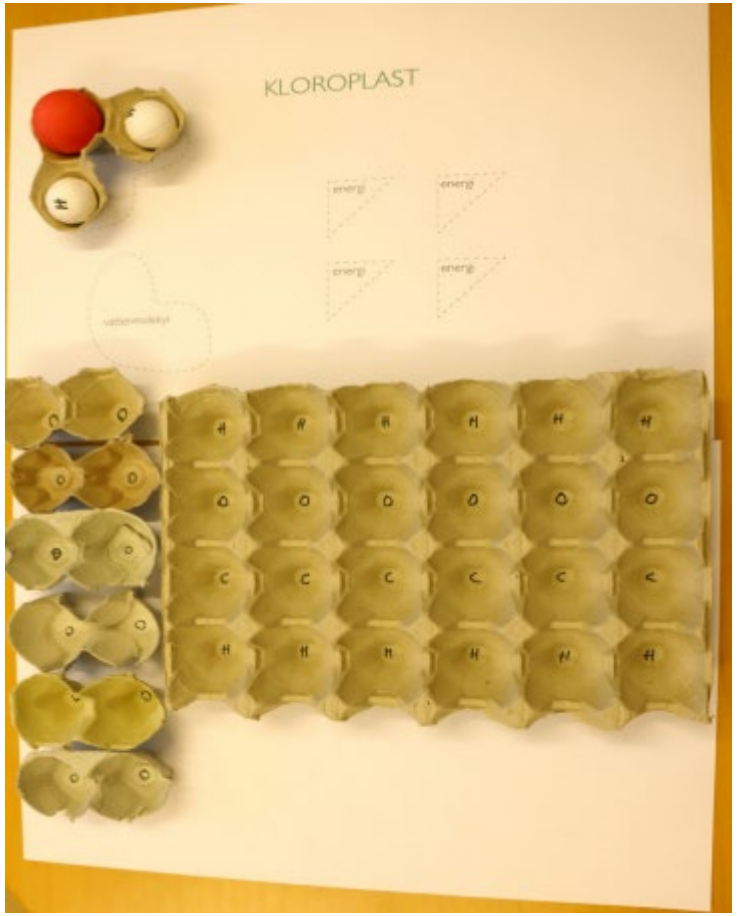
Kretslopps-tänk

Bladen förbränns med hjälp av syrgas till koldioxid och vatten
(men lite stannar ju i masken som byggmaterial ☺)

Foton: Pixabay

Äggkartongsövning – ”avancerad modell”

Startläge



10 steg

Visar vad ljusenergin har för nyckelfunktion i fotosyntesen

Kan svara på frågan: varifrån kommer atomerna till syrgasen?



Del 1. Fotosyntes

1. Hämta en vattenmolekyl och fyra ljusenergilappar från de platser i klassrummet som är markerade för rötter och ljus.
2. Placera den nya vattenmolekylen på den andra platsen för vattenmolekyler.
3. Ljusenergin bryter bindningarna mellan väte och syre i båda vattenmolekylerna. Lyft ut alla atomer.
4. Omvandla ljuslappen från ljusenergi till kemisk energi (vik till en triangel). Lägg väteatomerna på varsin energilapp.
5. Syreatomerna bildar en syrgasmolekyl (fyll på i en tom syrgasmall).
6. Ta med syrgasmolekylen till klyvöppningen som finns markerad i klassrummet. Hämta samtidigt en koldioxidmolekyl.
7. Plocka isär koldioxiden och börja med att bilda en vattenmolekyl med två väteatomer och en syreatom från koldioxiden.
8. Placera resten av atomerna (väten, kol och syre) i den blivande glukosmolekylen. Fyll en rad i taget. Ta med den kemiska energin och lägg under atomerna.
9. Ta bort de tomma molekylmallarna.
10. Börja om från punkt 1. Upprepa tills glukosmolekylen är klar.

Molekyler

Submikronivå

Atomer och molekyler,
syrgas, koldioxid, vatten, glukos,
energirika molekyler



Syftet med övningen: synliggöra det osynliga

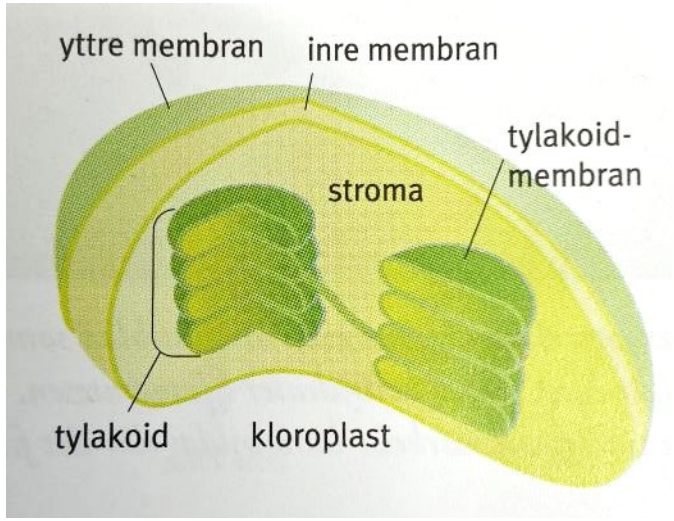
Varifrån kommer byggmaterialet (molekylerna)? Var tar de vägen?

Energiomvandling

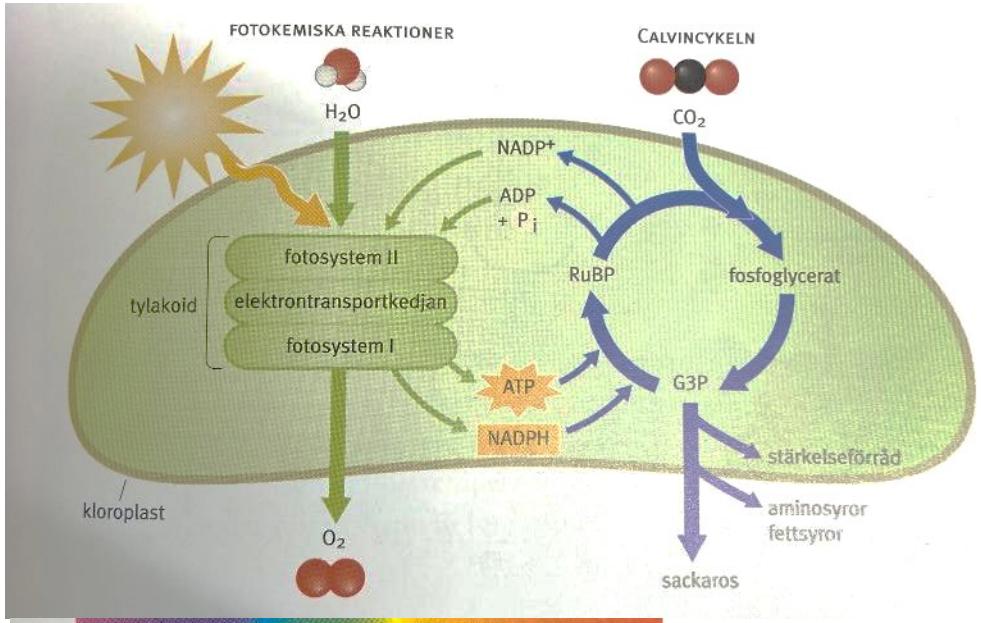
Diskutera:

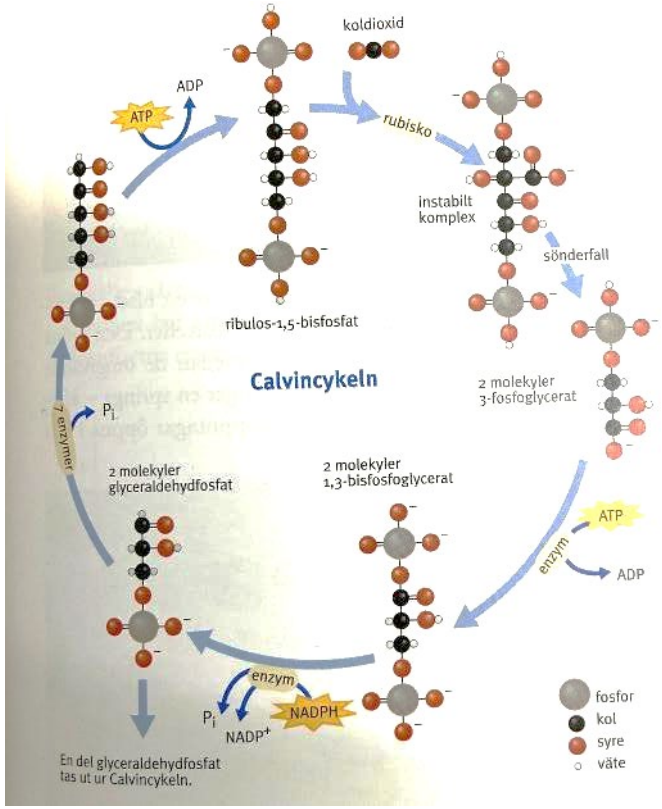
- När kan övningen med detta upplägg passa in – vilka årskurser?
- Hur kan man organisera arbetet så att det flyter på med eleverna?
- Hur ge stöttning för hopp mellan organisationsnivåer?

Från åk 7-9 till Gy

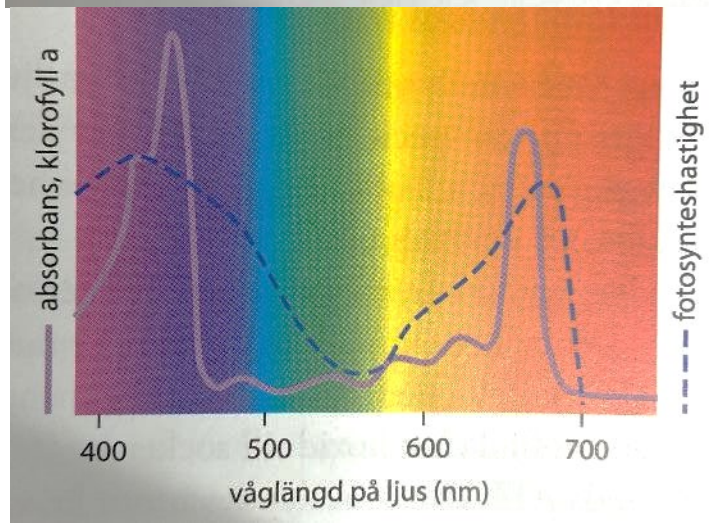


- Mer detaljer kring mikronivån (kloroplast, stroma, tylakoid)
- Mer detaljer kring funktionen: **ljusreaktionen** och **mörkerreaktionen** (Calvincykeln)

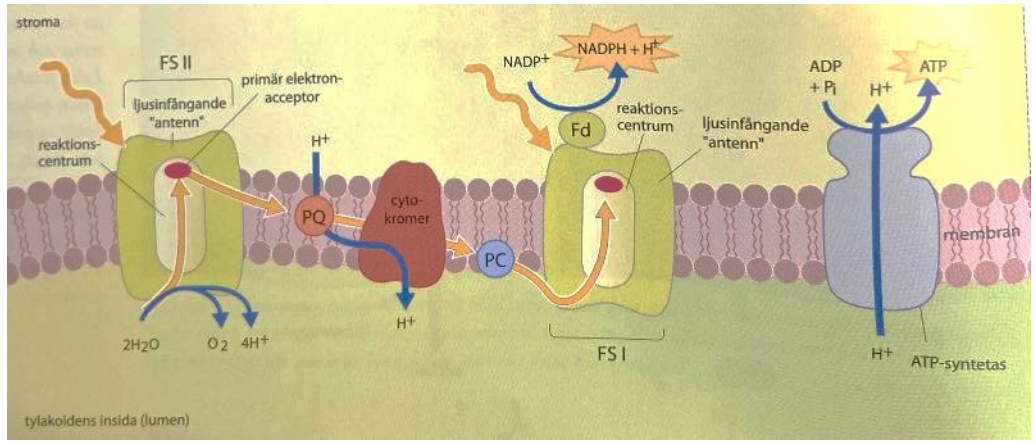




- Biokemi

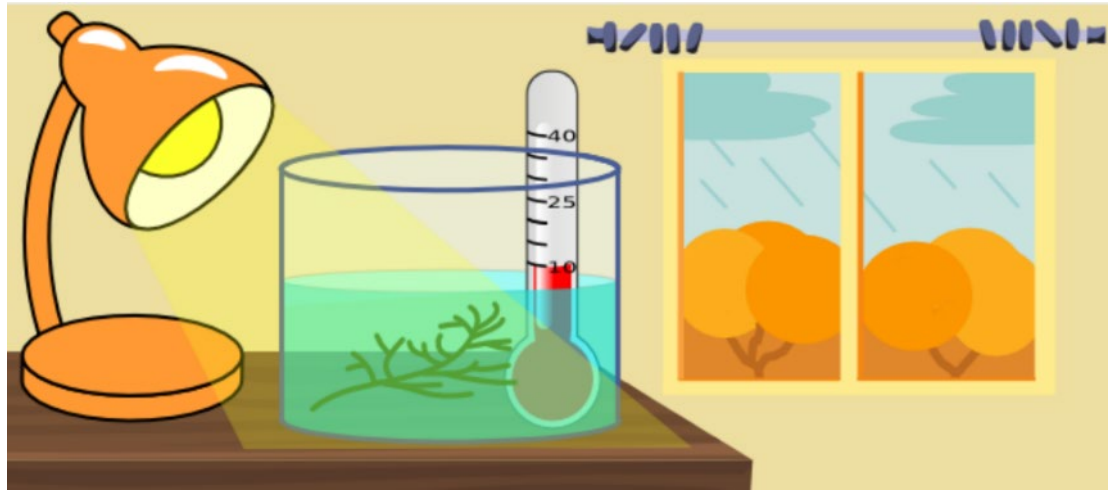


- Fysik – strålningsenergi, spektra



Digitalt verktyg - simulering

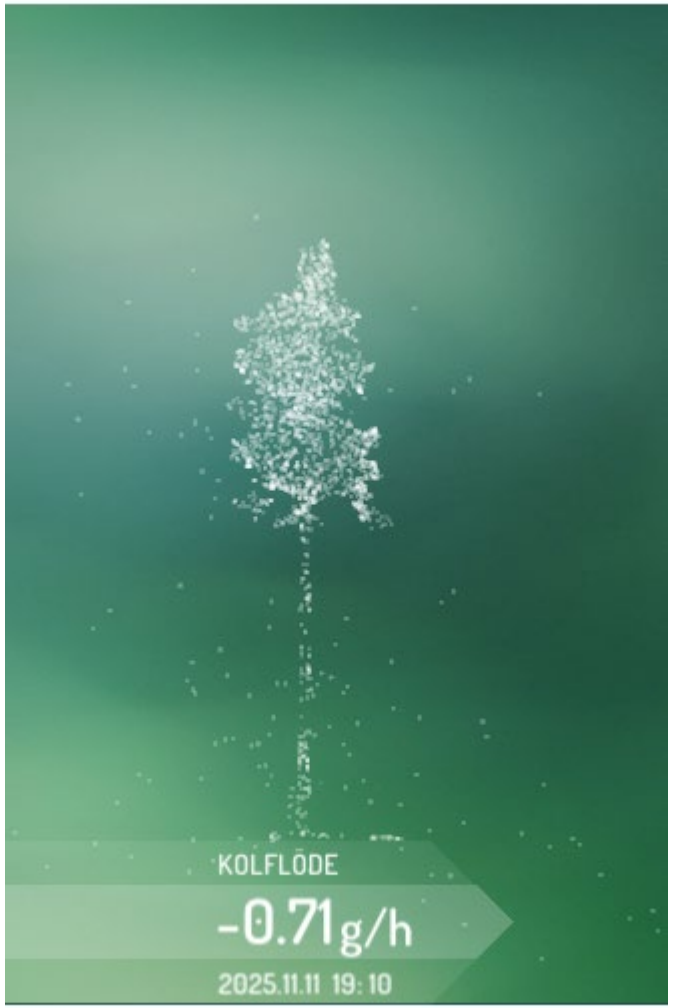
- Enkelt verktyg för att visa ljusstyrkans och temperaturens påverkan på fotosyntesen (**miljöfaktorer**)
- Fotosyntes/cellandning simulering
- Mäter syrgasbildning – mått på fotosynteshastighet



Kolträdet

Mäter flödet
av kol
in och ut ur
trädet





- https://www.hiilipuu.fi/index.php/sv/home-svenska/

Vad och **varför** om fotosyntes?

Typ av *scientific literacy*[*)]	Tema för fotosyntesundervisning[**)]
Vision I (förstå naturvetenskapliga begrepp och modeller)	A. Fotosyntes är ett naturvetenskapligt fenomen B. Fotosyntes är en drivkraft i biologiska och geologiska processer och kretslopp
Vision II (få användning av kunskaper i vardagslivet)	C. Betydelsen av fotosyntes för hållbarhet
Vision III (bli handlingskompetenta samhällsmedborgare)	D. Sociala perspektiv på fotosyntes som en viktig framtidsfråga

*) Visionerna beskrivs av Roberts 2007 och Sjöström 2017

**) Delphistudie: Eriksson, Gericke, and Olsson (in review)



Anders Eriksson
Karlstads universitet
Disputation 18/12 2025

Hur?

Undervisa utifrån alla visioner?



Samskapande av lektioner lärare/forskare,
flera **cykler** av utveckling

- Vilka är lärandemålen? Vad vet eleverna redan?
- Vilka aspekter är viktigast för eleverna?
- Hur kan lektionerna struktureras och bli relevanta för eleverna?

Teaching for photosynthesis literacy: an education design research study . *J of biological education* (Eriksson et al 2025)

Resultat: 10 lektioner



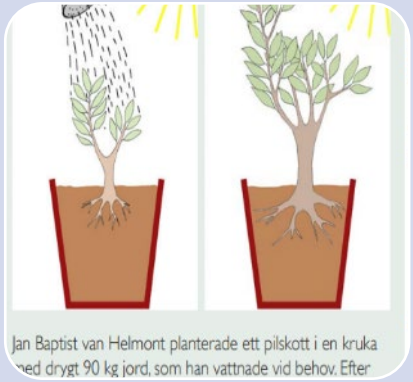
1

Utomhus

Jämföra unga/gamla träd mm.

Vision I

Vision III



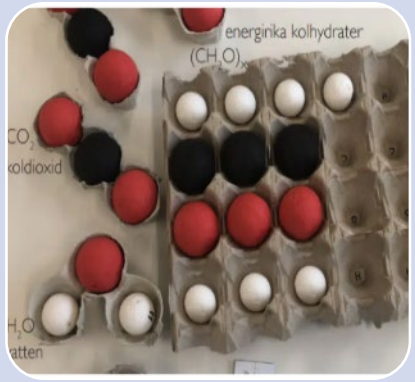
2

Historiskt experiment

Starta odling av örter från frön

Vision I

Vision II



3

Modellera fotosyntes ”äggkartong-övningen”

Vision I



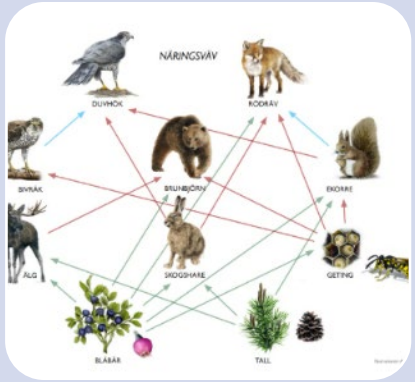
4

Repetition av övning

Kolets kretlopp

Vision I

Vision II



5

Näringsväv

Vad händer om…?

Energipyramid

Vision I

Vision II

Resultat: 10 lektioner



6

Slutet ekosystem

Diskussion planeten som

Vision I

Vision II

Vision III



7

Ekologiska begrepp

Concept mapping

Vision I

Vision II

Vision III



8

Argumentera

Hållbarhet

Fotosyntes

Vision III



9

Hur är olika företag beroende av fotosyntes?

Vision I

Vision II

Vision III



10

Quiz för individ & grupp

Skörda örter

Egen odling

Vision I

Vision II

Vision III

En cool organism

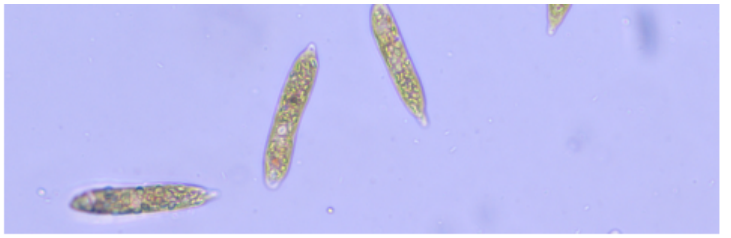
Euglena encellig eukaryot att **mikroskopera**

- Fotosyntes – har kloroplaster
- Cellandning – har mitokondrier
- Flagell – kan simma mot/från ljus

Enkel att hålla vid liv

(4 ärtor per dl kokt avsvalnat vatten)

Euglena beskrivs ofta som ett mellanting mellan växter och djur. Vilka likheter har euglena med växtceller respektive djurceller?



Euglena fotograferad i mikroskop. På bilden syns bland annat den röda ögonfläcken samt kloroplasterna, som varierar i både utseende och antal hos olika arter av Euglena.

Euglena – en ögonflagellat

Det finns vattenlevande encelliga organismer som kan leva länge i en stängd burk. Hur går det till och vad lever de av? Lär dig mer om euglena genom att titta i mikroskop och studera deras beteende.

Euglena är ett släkte inom klassen ögonflagellater där många arter har ett levnadssätt som har likheter med både växt- och djurceller. Ögonflagellaterna tillhör en stor grupp av encelliga eukaryota organismer.

Gemensamt för ögonflagellater är att de har en flagell, ett trådliknande utskott, men de har också cellkärna och andra membranförsedda organeller som mitokondrier och kloroplaster. Hos de arter som har kloroplaster skiljer sig uppbyggnaden mot kloroplasterna i växter. De är avgränsade av tre membran jämfört med två membran hos växterna. Det finns också molekylära skillnader som tyder på att euglenas kloroplaster uppstod när en euglenaliknande organism slukade en fotosyntetiserande grönalg (en sekundär endosymbiotisk händelse).

Euglenornas kloroplaster gör att de kan ta upp energi från ljus och genom fotosyntesen bilda energirika ämnen som socker och kolhydrater. De kan också leva heterotroft i mörker och får då energi genom att via fagocytos ta upp och bryta ner till exempel bakterier eller dött organiskt material. Euglenor har även andra anpassningar, till exempel vakuoler som kan pumpa vatten ut ur cellen för att reglera salt- och vattenbalansen.

Enligt artfakta.se finns det 39 euglena-arter i Sverige, men totalt har man hittat över 1 000 arter i släktet *Euglena*. De lever ofta i stillastående vatten, i dammar med söt- eller saltvatten.



Euglenaodlingar med olika täthet. Den mörkgröna flaskan har stått längst och innehåller flest euglenor. Euglenor kan leva i i glasburkar eller i små eppendorfrör under flera år utan att matas eller luftas. För att klara sig så länge behöver flaskan förvaras i dagsljus, men inte i direkt solljus. De tål inte för stora temperaturskillnader; så euglenaodlingarna ska inte heller stå vid ett öppet fönster på vintern.

Tack för idag!

- Hör gärna av er med idéer eller frågor:

info@bioresurs.uu.se

ammie.berglund@bioresurs.uu.se