

Skogen och koldioxid

Laborationer om skogens roll i kolets kretslopp



Det här arbetsmaterialet är en produkt av samarbetsprojektet mellan Platengymnasiet i Motala och SLU som har genomförts under åren 2006-2009. Projektet har finansierats av EU genom Socratesprogrammet (Comenius 2.1) och av SLU.



Laborationer: Skogen och koldioxid

Detta häfte innehåller tre laborationer som handlar om skogens roll i kolets kretslopp. Laborationsövningarna är gjorda för att kunna användas direkt med elever i biologi- och miljöundervisning. I lärarhandledningen beskrivs metoderna mer noggrant, där finns utrustningslistor och kommentarer.

Innehåll:	Lärarhandledning	s. 3
	Träden som koldioxidfälla, förberedande fältarbete	s. 8
	Träden som koldioxidfälla, beräkningar	s. 11
	Skogen som koldioxidfälla, förberedande fältarbete	s. 15
	Skogen som koldioxidfälla, beräkningar	s. 18
	Kolförrådet i marken	s. 25
	Bilaga 1	s. 28
	Bilaga 2	s. 29

Lärarhandledning

Träden som koldioxidfälla

I denna laborationsövning ska man beräkna hur mycket koldioxid som ett skogsområde tar upp genom fotosyntes och bygger in i biomassan.

För att kunna beräkna skogsområdets upptag av koldioxid behöver man beräkna skogens totala biomassa i år och skogens totala biomassa för ett år sedan. Skillnaden är årets tillväxt. Hälften av biomassans torrvekt består av kol (C) och man kan beräkna den totala massan koldioxid som tagits upp per hektar och år.

Syfte:

Få en fördjupad kunskap om skogens roll i kolets kretslopp och lära sig genomföra mätningar av biomassa och beräkningar av koldioxid samt kunna diskutera resultaten och förstå felkällors betydelse.

Tidsåtgång:

Fältningsarbetet tar ca 2h beroende på hur många provytor som ska mätas. Lektionsarbete med beräkningar och diskussion av resultaten tar ca 2h.

Utrustning:

- måttband och snöre, ev stort skjutmått
- snitselband
- höjdmätare (Kan köpas där produkter för skogsvård säljs t ex Skogma: www.skogmabutiken.se eller tillverkas själv (se övning "Gör din egen höjdmätare" på www.skogeniskolan.se)
- ett relaskop, kan tillverkas av papp och snöre (se bild)
- trädborr

Ett relaskop tillverkas med en spaltbredd på 1 cm och ett 50 cm långt snöre:



(<http://www.skogsforsk.se/kunskapdirekt>)



Kommentarer:

För att få ett exakt svar för en skog eller skogsdunge kan alla träd mätas in, men det kan vara mycket tidsödande. I instruktionen mäts träden i en grundyta. Grundytan mäter den totala

brösthöjdsarean av alla träd på en hektar och är ett mått på hur tät skogen är. I en homogen skog med träd i samma storlek räcker det med en mätning av grundytan, men i en heterogen skog kan det behövas flera mätningar. Även en provyta mäts för att skatta antalet träd per hektar. Mer information om utläggning av provytor (antal och storlek) och om mätningar av träd och skog är presenterat på ett lättfattligt sätt på Skogforsks "Kunskap Direkt" (<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Alla-Verktyg>) under rubriken "Mätning i beståndet".

I laborationen beskrivs hur volymen räknas fram genom att en grundyta tas. Därpå mäts diameter på samtliga träd som ingår i grundytan, och därefter mäts höjden på 5-10 träd i grundytan. Det innebär att samtidigt som en elev tar grundytan ska en annan elev märka de träd som ingår (lämpligen med snitselband). Volymen för ett enskilt träd skalas sedan upp till hektarnivå med antalet träd på en yta med känd area.

Eftersom det kan vara svårt att mäta och uppskatta toppskotten kan man alternativt räkna ut tillväxten i längd med hjälp av höjdutvecklingskurvor på följande sida:

www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Standortsindex---gran-och-tall/

Ett annat alternativ är att komma tillbaka till samma träd året därpå och mäta skillnaden.

Formlerna för beräkning av biomassa är framtagna dels för gran och dels för tall. De är baserade på Marklund 1988 och Petersson/Ståhl 2006. Formeln för förnaproduktion är baserad på en artikel av Berggren Kleja m fl 2008, (Biogeochemistry 89:7-25).

Tänk på att kolla med markägaren om det är okej att ta en borrhäls på något träd innan fältarbetet.

Tips: Uppskattning av ett trädets eller beståndets biomassa kan göras på olika sätt. Titta gärna på <http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt> för att få nya idéer. På den hemsidan kan man även direkt lägga in höjd och diameter och få ut en volym för den plats i landet man är på utan att själv göra några beräkningar.

Skogen som koldioxidfälla

I denna laborationsövning ska man beräkna hur mycket koldioxid som ett skogsområde dels avger genom respiration och dels bygger in i biomassa genom fotosyntes för att sedan kunna beräkna nettoupptaget av kol. Förenklat kan detta uttryckas med formeln:

$$\text{Nettoupptag} = \Delta \text{Biomassa} + \text{Förnaproduktion} - \text{Heterotrof markrespiration}$$

Δ Biomassa

För att kunna beräkna trädets nettoupptag av koldioxid via fotosyntesen behöver ni beräkna skogens totala biomassa i år och skogens totala biomassa för ett år sedan. Skillnaden är årets tillväxt. Hälften av biomassan består av kol och ni kan beräkna den totala massan koldioxid som tas upp per hektar och år.

Förnaproduktion

För att uppskatta förnaproduktionen kan en enkel linjär funktion som baseras på beståndets grundyta (dvs tvärsnittsarean av träden på 1,3 m höjd, uttrycks i m²/ha) användas. För att få ett säkrare mått på förnaproduktionen ovan jord är ett mer ambitiöst alternativ att sätta ut förnafällor ("nålhåvar" med en känd area), där förnan samlas in, torkas och vägs med jämna

mellanrum. Till denna ovanjordiska förnproduktion summeras sedan den förna som produceras under mark, vilken kan uppskattas med en annan funktion.. Det ger ett mer exakt mått, men är mer tidsödande.

Heterotrof markrespiration

För att kunna beräkna markrespirationen (rötternas och nedbrytarnas cellandning) behöver ni mäta hur mycket koldioxid som avges från marken med en koldioxidanalysator för att sedan med hjälp av Excel beräkna totala massan kol som avges per hektar och år. En excelfil (fluxmall.xls) med formler för beräkningar finns på CD-skivan för att underlätta arbetet. Hur stor andel av markrespirationen som kommer från nedbrytarnas cellandning (heterotrof respiration) är uppskattningsvis 50%, men det finns oerhört få mätdata på detta och naturligtvis har ett hygge och en gammal skog inte alls samma värde. De siffror som finns i litteraturen visar att i växande skog i Sverige ligger den heterotrofa respirationen mot total respiration på någonstans mellan 30-70% av den totala markrespirationen.

Man kan med fördel jämföra två olika skogsområden t ex granskog på dels blöt torvmark och dels moränmark.

Syfte:

Få en fördjupad kunskap om skogens roll i kolets kretslopp och kunna genomföra mätningar och beräkningar av koldioxid samt kunna tolka resultaten och förstå mätmetodernas begränsningar.

Tidsåtgång:

Fältarbetet tar ca 2-3h per tillfälle beroende på gruppens storlek. Ett tillfälle räcker om det finns respirationsmätningar gjorda i samma område tidigare, annars behövs minst tre tillfällen. Koldioxidmätningar och mätningar av traddediameter, trädhöjd etc. kan göras vid samma tillfälle. Lektionsarbete med excelfil och beräkningar tar ca 2h och 1h behövs till analys och diskussion av resultaten.

Material:

Koldioxidmätning:

- koldioxidmätare med tillbehör, (se skol-modulen)
- en plastcylinder (fungerar som kyvett) med lock , mellan locket och koldioxidmätaren ska två plastslangar fästas
- kniv, för att få ner plastcylindern i marken
- för bearbetning av mätdata behövs en dator med Excel
- lufttermometer
- marktermometer

Biomassaberäkning: (Se Träden som som koldioxidfälla ovan)

Kommentarer:

Se Träden som koldioxidfälla ovan för information och tips när det gäller mätning och beräkning av biomassa.

För att få fram dygnsmedelvärdet på marktemperaturen behöver man helst känna till marktemperaturen under hela säsongen. Ibutts är exempel på temperatursensorer som mäter och lagrar temperatur automatiskt under lång tid (flera år). De kräver minimalt med

underhåll och behöver ingen extra tillförsel av ström. Data kan sedan laddas över till en dator. Kostnaden för varje Ibutton ligger på ett par hundralappar och avläsningsenheten på någon tusenlapp. Mer information om Ibutton finns på återförsäljaren Toragons hemsida (www.toragon.se). Man kan annars erhålla luftens dygnsmedeltemperatur från SMHI, (för vissa platser finns även marktemperatur) och på SLU finns möjlighet att räkna om dessa värden till markens dygnsmedeltemperatur.

När det gäller beräkning av totala mängden koldioxid som avges under ett år blir det stora felkällor om man mäter koldioxid vid ett fåtal tillfällen. Ju fler mättillfällen det är möjligt att genomföra under en säsong desto säkrare möjligheter att göra en bra skattning för hela året och en bättre funktion för att skatta respiration under de perioder som ingen mätning har gjorts. För dessa perioder kan det exponentiella sambandet mellan respirationen (R) och marktemperaturen (T) användas:

$$R=R_0e^{kT}$$

där R_0 är basrespirationen eller respirationen vid 0°C och k = en konstant som visar på hur känslig markrespirationen är för förändringar i temperatur. Var uppmärksam på att markrespirationen även kan hämmas av för mycket eller för lite fuktighet och att funktionen därför endast är giltig under "normala" förhållanden. Räkna ut totalrespirationen per månad med månadsmedelvärden på marktemperaturen, vill man sedan veta hela säsongens respiration får man summera månadsvärdena.

Om man endast kan genomföra markrespirationsmätningar någon enstaka gång kan man utnyttja ett generellt Q_{10} -värde. Det ger ett mått på hur mycket respirationen ökar när temperaturen ökar 10 °C. Detta Q_{10} kan räknas om till konstanten k enligt $k=\ln(Q_{10})/10$. Q_{10} för skog varierar, men kan ligga runt 3,6 (Fang & Moncrieff, 2001), vilket innebär ett k -värde på 0,128. Genom sin egen mätning(ar) kan sedan basrespirationen (R_0) beräknas och man får en respiration-temperatur-funktion som kan användas till att beräkna respirationen för en period.

Var medveten om att laborationen innehåller en del grova uppskattningar och att variationen kring en funktion kan vara ganska stor. Resultaten passar alltså bäst för jämförelser mellan olika bestånd eller ekosystem. Sedan kan man diskutera orsaker till skillnader mellan dessa. Därefter är det naturligtvis intressant att diskutera de olika mätvariablernas påverkan på resultaten.

Kolförrådet i marken

I denna laborationsövning ska man beräkna hur mycket kol som finns lagrad i skogsmark. Det är lämpligt att jämföra två olika skogsområden t ex granskog dels på blöt torvmark och dels på moränmark.

Jordprover samlas in och vattenhalt samt humushalt bestäms. Eventuellt kan jordproverna skickas iväg till lämplig universitetsinstitution för analys om ett samarbete finns. Jordproverna torkas, siktas och vägs i så fall innan de t ex skickas till institutionen för Mark och miljö på SLU i Uppsala där vattenhalt och kolhalt bestäms. Analysvärdena används sedan för att beräkna kolförrådet.

Syfte:

Få en fördjupad kunskap om markens roll i kolets kretslopp och kunna genomföra provtagningar och beräkningar av kolmängder samt kunna tolka resultaten och förstå mätmetodernas begränsningar.

Tidsåtgång:

Fältarbetet tar ca 2h. Laborationsarbetet med jordprover och beräkningar tar ca 2h och 1h behövs till analys och diskussion av resultaten.

Material:

järnkyvett (för att ta jordprov)

slägga (för att slå ner järnkyvetten i marken)

spade (för att gräva upp järnkyvetten och jord)

plastpåsar och etiketter (till jordproverna)

våg

jordsikt (2 mm)

deglar

värmeskåp 105 °C

ugn 600 °C

TSP

Laborationshandledningarna är framtagna genom ett samarbete mellan elever-lärare-forskare under EU-projektet Teacher-Scientist-Partnership 2007-2009. Medverkat har Monika Strömgren (doktor i ekologi och miljövard) och Mats Olsson (professor i skoglig marklära) vid institutionen Mark och miljö på SLU i Uppsala, lärarna Rune Davidsson och Lennart Wallstedt på Platengymnasiet samt eleverna Moa Asplind, Camilla Carlsson, Johan Björling, Oscar Düring, Hannan Gawriye, Kristina Karlsson, Linda Karlsson, Robert Larsson, Oscar Lindell, Hilmer Olai, Christoffer Pettersson, Linus Svensson, Anton Valek, Martin Waern, Ida Wernström och Jakob Wodlin. Eleverna har utvecklat olika delar av metodiken under sina projektarbeten.

Träden som koldioxidfälla: Förberedande fältarbete!

Namn: _____

För att kunna beräkna hur mycket koldioxid som träden genom sin fotosyntes bygger in i biomassan under en säsong behöver ni ta reda på följande:

1. Antal träd

Knyt fast ett 5,64 m långt snöre (eller ett måttband) i en pinne som sticks ner i marken. Räkna antalet träd, som är högre än 2 m, inom det utsträckta snörets längd vilket ska cirkulera runt pinnen. Mer än halva stammen måste ingå för att trädet ska räknas i cirkeln. Cirkelytan motsvarar 100 m².

En hektar = 10 000 m²

Antal träd i en cirkelyta = _____

Antal träd per hektar = _____

2. Grundytan

Grundytan är genomskärningsytan eller arean av ett tvärsnitt genom en trädstam eller summan av tvärsnitt för flera träd. Grundytan mäts i brösthöjd (1,3 m över marken). Grundytan för ett bestånd anges i kvadratmeter per hektar. Grundytan mäts med relaskop, (se bilden).



Ställ dig i provytans mitt.

- Sikta med relaskopet i brösthöjd (1,3 m höjd) på ett träd i taget.
- Håll kedjans ring vid ögat och sträck kedjan.
- Vrid dig ett varv runt och räkna alla träd som är bredare än spalten. Vartannat gränsfall räknas med, vartannat utelämnas.
- Låt en annan medlem i din grupp märka alla träd ni räknar in i grundytan med snitselband.
- Grundytan (mätt som kvadratmeter per hektar) är lika med antalet träd du räknat.
- Relaskopytorna har ingen yttre gräns utan alla träd som fyller relaskopets spalt räknas in oavsett hur långt från mittpunkten de ligger.

Grundytan (antal kvadratmeter per hektar) = _____

3. Brösthöjdsdiameter

Mät diametern på alla de märkta träden.

Trädens diameter mäts med hjälp av skjutmått (eller så mäts omkretsen med måttband) på brösthöjd (1,3 m).

[illegible]

4. Trädhöjd och toppskott

Välj ut ca 10 av de märkta träden. Uppskatta höjden på dem genom att använda antingen höjdmätare eller en syftningsmetod (se bilaga 1). Uppskatta också längden på toppskottet (det som växt ut på höjden under det senaste året).

Med höjdmätare ska du ställa dig 15 m (mät med måttband) från det träd du ska mäta höjden på. Titta i höjdmätaren där du ser en tallinje. Avläs den högra skalan när du först siktar mot trädets bas och sedan när du siktar mot trädets topp. Addera de två värdena, vilket ger trädets höjd. Alternativt står du 20 m från trädet och använder vänstra skalan i titthålet.

Det kan vara svårt att se och uppskatta toppskottet på höga träd. Granskog av medelålder i norra Götaland växer ca 3 dm per år på normal skogsmark.

Träd nr	Höjd (m)	Toppskott (cm)	Träd nr	Höjd (m)	Toppskott (cm)

5. Borrkärna

För att kunna beräkna tjockleken på senaste årsringen tas en borrkärna på 1,3m höjd fram med en trädborr från ett träd, (gemensamt för alla grupper).

Bredden av senaste årsringen (mm) _____

Trädets ålder (antal årsringar) _____

Träden som koldioxidfälla: Beräkningar!

Sammanställning av fältarbetet

Antal träd per hektar: _____ träd / ha

Grundytan: _____ m² / ha

Brösthöjdsdiameter: (Grundytevägd medeldiameter) _____ cm

Trädhöjd: (Grundytemedelstammens höjd) _____ m

Toppskott: (Medellängd) _____ cm

Borrning: (Bredden av senaste årsringen) _____ mm

Grundytemedelstammens höjd fås fram genom att man gör ett diagram där x =diameter och y =höjd, med alla träd där höjden mätts. Sedan dras en trendlinje i diagrammet. Därefter går man in vid den medeldiameter man räknat ut och avläser höjden.

Beräkningar

För att kunna beräkna skogsområdets upptag av koldioxid via fotosyntesen behöver ni beräkna skogens totala biomassa i år och skogens totala biomassa för ett år sedan. Skillnaden är årets tillväxt. Hälften av biomassan består av kol. Kol som kommer från koldioxid och som alltså byggs in i biomassan genom fotosyntesen.

1. Beräkna årets biomassa i torrsvikt (kg)

Sätt in värdena av brösthöjddiameteren och trädhöjden i följande formler (olika för gran och tall).

Då får ni biomassan i ett (grundytevägt medel-)träd.

d = brösthöjdsdiameter (cm)

h = höjden (meter)

Gran

A. Biomassa i trädstammen

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,1702 + 7,4690 \cdot d / (d+14) + 0,0289 \cdot h + 0,6828 \cdot \ln(h)$$

B. Biomassa i levande grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -1,2063 + 10,9708 \cdot d / (d+13) - 0,0124 \cdot h - 0,4923 \cdot \ln(h)$$

C. Biomassa i döda grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -4,6351 + 3,6518 \cdot d / (d+18) + 0,0493h + 1,0129 \cdot \ln(h)$$

D. Biomassa i stubbe + rotsystem ned till 2 mm rötter

$$\ln(\text{biomassa} \cdot 1000) = 4,58761 + 104,4035 \cdot d / (d \cdot 10 + 138)$$

Tall

A. Biomassa i trädstammen

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,6768 + 7,5939 \cdot d / (d+13) + 0,0151 \cdot h + 0,8799 \cdot \ln(h)$$

B. Biomassa i levande grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,5413 + 13,3955 \cdot d / (d+10) - 1,1955 \cdot \ln(h)$$

C. Biomassa i döda grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -5,8926 + 7,1270 \cdot d / (d+10) - 0,0465h + 1,1060 \cdot \ln(h)$$

D. Biomassa i stubbrotsystem

$$\ln(\text{biomassa} \cdot 1000) = 3,44275 + 110,6537 \cdot d / (d \cdot 10 + 113)$$

Lägg ihop resultaten för att beräkna total mängd biomassa, (A + B + C + D).

Årets biomassa: _____ kg / träd

Multipluera med antalet träd per hektar. _____ kg / ha

2. Beräkna förra årets biomassa i torrsvikt (kg)

Förra årets trädhöjd: (Årets trädhöjd – medeltoppskott) _____ m

Förra årets brösthöjddiameter: (Årets brösthöjddiameter – 2 · bredd av senaste årsring)
_____ cm

Sätt in de nya värdena på d och h i formlerna A-D ovan och summera.

Förra årets biomassa: _____ kg / träd
_____ kg / ha

3. Beräkna massan kol (kg)

Beräkna hur mycket kol som biomassan motsvarar. 1 kg torr biomassa motsvarar 0,5 kg kol.

Årets massa av kol: _____ kg C / ha

Förra årets massa av kol: _____ kg C / ha

4. Beräkna förnaproduktion (barr och grenar från träd) ovan och under mark

Fa = Förnaproduktion ovan mark i g C / m² · år

Fb = Förnaproduktion under mark i g C / m² · år

Fa = (3.8·G -11.5) där G är grundytan

Fb = Fa·1.18

Fa = _____ g C / m² · år = _____ kg C / ha · år

Fb = _____ g C / m² · år = _____ kg C / ha · år

5. Beräkna upptaget kol (kg) under ett år

För att ta reda på hur mycket kol som har bundits in under året som har gått får man beräkna skillnaden mellan åren plus att man lägger till det som produceras som förna, dvs alla barr som ramlar av.

Upptaget kol = B1-B0 + Fa + Fb

B1 = kg kol i biomassan år 1

B0 = kg kol i biomassan år 0

Fa = förnaproduktion ovan mark, kg kol

Fb = förnaproduktion under mark, kg kol

Upptaget kol: _____ kg C / ha · år

6. Beräkna upptaget koldioxid (kg) under ett år

Till sist kan ni beräkna hur mycket koldioxid som skogen tagit upp under säsongen (senaste året).

1 kg kol motsvarar 3,7 kg CO₂

Upptaget koldioxid: _____ kg CO₂ / ha · år

Diskussion av resultatet

- Blev resultaten de förväntade?
- Vilka felkällor finns med de metoder som använts?
- Jämför era värden med vad bilar släpper ut. Hur många hektar av den skog ni mätt behövs för att ta upp koldioxidutsläppen från en normalstor bil?
- Vad kan det bero på att olika skogar har olika stort upptag? Vilka faktorer påverkar?
- På vilka sätt kan skogsbruket påverka storleken på upptaget?
- Hur ska man som nation förhålla sig till skog i internationella klimatavtal? Hur kan skogen utnyttjas för att motverka en global uppvärmning?

Skogen som koldioxidfälla: Förberedande fältarbete!

Namn: _____

Hur mycket koldioxid tar skogen upp under en säsong?

1. Antal träd

Knyt fast ett 5,64 m långt snöre (eller ett måttband) i en pinne som sticks ner i marken. Räkna antalet träd, som är högre än 2 m, inom det utsträckta snörets längd vilket ska cirkulera runt pinnen. Mer än halva stammen måste ingå för att trädet ska räknas i cirkeln. Cirkelytan motsvarar 100 m².

En hektar = 10 000 m²

Antal träd i en cirkelyta = _____

Antal träd per hektar = _____

2. Grundytan

Grundytan är genomskärningsytan eller arean av ett tvärsnitt genom en trädstam eller summan av tvärsnitt för flera träd. Grundytan mäts i brösthöjd (1,3 m över marken). Grundytan för ett bestånd anges i kvadratmeter per hektar. Grundytan mäts med relaskop, (se bilden).



Ställ dig i provytans mitt.

- Sikta med relaskopet i brösthöjd (1,3 m höjd) på ett träd i taget.
- Håll kedjans ring vid ögat och sträck kedjan.
- Vrid dig ett varv runt och räkna alla träd som är bredare än spalten. Vartannat gränsfall räknas med, vartannat utelämnas.
- Låt en annan medlem i din grupp märka alla träd ni räknar in i grundytan med snitselband.
- Grundytan (mätt som kvadratmeter per hektar) är lika med antalet träd du räknat.
- Relaskopytorna har ingen yttre gräns utan alla träd som fyller relaskopets spalt räknas in oavsett hur långt från mittpunkten de ligger.

Grundytan (antal kvadratmeter per hektar) = _____

Med höjdmätare ska du ställa dig 15 m (mät med måttband) från det träd du ska mäta höjden på. Titta i höjdmätaren där du ser en tallinje. Avläs den högra skalan när du först siktar mot trädets bas och sedan när du siktar mot trädets topp. Addera de två värdena, vilket ger trädets höjd. Alternativt står du 20 m från trädets och använder vänstra skalan i titthålet.

Det kan vara svårt att se och uppskatta toppskottet på höga träd. Granskog av medelålder i norra Götaland växer ca 3 dm per år på normal skogsmark.

Träd nr	Höjd (m)	Toppskott (cm)	Träd nr	Höjd (m)	Toppskott (cm)

5. Borrkärna

För att kunna beräkna tjockleken på senaste årsringen tas en borkärna på 1,3m höjd fram med en trädborr från ett träd, (gemensamt för alla grupper).

Bredden av senaste årsringen (mm) _____

Trädets ålder (antal årsringar) _____

Hur mycket koldioxid avger skogen under en säsong?

För att kunna räkna ut hur mycket koldioxid som avges från markens cellandning (nedbrytare och rötter) behöver du mäta hur mycket koldioxid som avges från marken med en koldioxidmätare.

Markera slumpvis 20 platser inom skogsområdet.

Tryck ner koldioxidmätarens rör ca 2-3 cm i marken vid varje mätplats. Du kan behöva skära med kniv runt röret för att få ner det stadigt i marken. Se till att locket sitter på ordentligt.

Gör en mätning var 10:e sekund, totalt 10 mätningar. Utförande enligt bilaga 2.

Glöm inte att skriva in ert "plot"-nummer = numret på er mätplats.

Era värden sparas automatiskt i mätutrustningen.

Dessutom behöver ni mäta lufttemperatur och marktemperatur.

Mätplats nr: _____

Lufttemperatur: _____

Marktemperatur: _____

Skogen som koldioxidfälla: Beräkningar!

Hur mycket koldioxid tar skogen upp under en säsong?

Sammanställning av fältarbetet (I en cirkelyta)

Antal träd per hektar: _____ träd / ha

Grundytan: _____ m² / ha

Brösthöjdsdiameter: (Grundytevägt medeldiameter) _____ cm

Trädhöjd: (Medelhöjd) _____ m

Toppskott: (Medelhöjd) _____ cm

Borrning: (Bredden av senaste årsringen) _____ mm

För att beräkna grundytevägd medeldiameter, beräknas först ett medelvärde för brösthöjdsarean (Summera ihop alla areor och dela med antal träd). Sedan beräknas diametern på detta grundytevägda medelträdet.

Beräkningar

För att kunna beräkna skogsområdets upptag av koldioxid via fotosyntesen behöver ni beräkna skogens totala biomassa för i år och skogens totala biomassa för ett år sedan. Skillnaden blir årets tillväxt. Hälften av denna massa består av kol. Kol som kommer från koldioxid och som alltså byggts in i biomassan genom fotosyntesen.

1. Beräkna årets biomassa i torrsvikt (kg)

Sätt in värdena av brösthöjddiametern och trädhöjden i följande formler (olika för gran och tall).

Då får ni biomassan i ett (grundytevägt medel-)träd.

d = brösthöjdsdiameter (cm)

h = höjden (meter)

Gran

A. Biomassa i trädstammen

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,1702 + 7,4690 \cdot d / (d+14) + 0,0289 \cdot h + 0,6828 \cdot \ln(h)$$

B. Biomassa i levande grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -1,2063 + 10,9708 \cdot d / (d+13) - 0,0124 \cdot h - 0,4923 \cdot \ln(h)$$

C. Biomassa i döda grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -4,6351 + 3,6518 \cdot d / (d+18) + 0,0493h + 1,0129 \cdot \ln(h)$$

D. Biomassa i stubbe + rotsystem ned till 2 mm rötter

$$\ln(\text{biomassa} \cdot 1000) = 4,58761 + ((10,44035 \cdot d \cdot 10) / ((d \cdot 10) + 138))$$

Tall

A. Biomassa i trädstammen

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,6768 + 7,5939 \cdot d / (d+13) + 0,0151 \cdot h + 0,8799 \cdot \ln(h)$$

B. Biomassa i levande grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -2,5413 + 13,3955 \cdot d / (d+10) - 1,1955 \cdot \ln(h)$$

C. Biomassa i döda grenar

$$\ln(\text{biomassa}) = -5,8926 + 7,1270 \cdot d / (d+10) - 0,0465h + 1,1060 \cdot \ln(h)$$

D. Biomassa i stubbrotsystem

$$\ln(\text{biomassa} \cdot 1000) = 3,44275 + 11,06537 \cdot (d+10) / (d \cdot 10 + 113)$$

Lägg ihop resultaten för att beräkna total mängd biomassa, (A + B + C + D).

Årets biomassa: _____ kg / träd

Multipluera med antalet träd per hektar. _____ kg / ha

2. Beräkna förra årets biomassa i torrsvikt (kg)

Förra årets trädhöjd: (Årets trädhöjd – medeltoppskott) _____ m

Förra årets brösthöjddiameter: (Årets brösthöjddiameter – 2 · bredd av senaste årsring)
_____ cm

Sätt in de nya värdena på d och h i formlerna A-D ovan och summera.

Förra årets biomassa: _____ kg / träd

_____ kg / ha

3. Beräkna massan kol (kg)

Beräkna hur mycket kol som biomassan motsvarar. 1 kg torr biomassa motsvarar 0,5 kg kol.

Årets massa av kol: _____ kg C / ha

Förra årets massa av kol: _____ kg C / ha

4. Beräkna förnaproduktion (barr och grenar från träd) ovan och under mark

Fa = Förna produktion ovan mark i g C / m² · år

Fb = Förna produktion under mark i g C / m² · år

Fa = (3.8·G -11.5) där G är grundytan

Fb = Fa·1.18

Fa = _____ g C / m² · år = _____ kg C / ha · år

Fb = _____ g C / m² · år = _____ kg C / ha · år

5. Beräkna upptaget kol (kg) under ett år

För att ta reda på hur mycket kol som har bundits in under året som har gått får man beräkna skillnaden mellan åren plus att man lägger till det som produceras som förna, dvs alla barr som ramlar av.

Upptaget kol = B1-B0 + Fa + Fb

B1 = kg kol i biomassan år 1

B0 = kg kol i biomassan år 0

Fa = förna-produktion ovan mark, kg kol

Fb = förna-produktion under mark, kg kol

Upptaget kol: _____ kg C / ha · år

6. Beräkna upptaget koldioxid (kg) under ett år

Till sist kan ni beräkna hur mycket koldioxid som skogen tagit upp under säsongen (senaste året).

1 kg kol motsvarar 3,7 kg CO₂

Upptaget koldioxid: _____ kg CO₂ / ha · år

Hur mycket koldioxid avger skogen under en säsong?

Beräkningar

För att kunna beräkna hur mycket koldioxid som avges från skogsmarken genom respiration (cellandning) från trädens rötter och nedbrytare ska ni utgå från insamlade värden, behandla dessa med hjälp av en serie excelberäkningar, för att till sist kunna beräkna hur mycket som avges under ett år.

Överför era värden från koldioxidmätaren till värddatorn och därefter från datafilen till ett exceldokument, (Fluxmall.xls, bifogas på cd-skiva), enligt följande:

Kopiera all mätdata för ett "plot nummer" (i detta fall 1), och klistra in dem i "koldioxid mallen" under fliken "omvandla" som bilden nedanför visar.

EGM-4 Data									
SoftwareVersion=1.05									
Plot	RecNo	Day	Month	Hour	Min	CO2 Ref	mb Ref	mbR Temp	
1	1	21	8	12	5	513	00.0	+00.0	
1	2	21	8	12	5	521	00.0	+00.0	
1	3	21	8	12	5	530	00.0	+00.0	
1	4	21	8	12	6	539	00.0	+00.0	
1	5	21	8	12	6	549	00.0	+00.0	
1	6	21	8	12	6	559	00.0	+00.0	
1	7	21	8	12	6	568	00.0	+00.0	
1	8	21	8	12	6	578	00.0	+00.0	
1	9	21	8	12	6	586	00.0	+00.0	
1	10	21	8	12	7	595	00.0	+00.0	
2	1	21	8	12	9	431	00.0	+00.0	
2	2	21	8	12	9	446	00.0	+00.0	
2	3	21	8	12	9	458	00.0	+00.0	
2	4	21	8	12	9	469	00.0	+00.0	
2	5	21	8	12	9	483	00.0	+00.0	
2	6	21	8	12	9	495	00.0	+00.0	
2	7	21	8	12	10	507	00.0	+00.0	
2	8	21	8	12	10	520	00.0	+00.0	
2	9	21	8	12	10	532	00.0	+00.0	
2	10	21	8	12	10	547	00.0	+00.0	

Plot	RecNo	Day	Month	Hour	Min	CO2 Ref	ATMP	Tidpunkt 1 Tidpunkt 2 etc											
								0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		
1	1	4	4	8	30	365	1013	365	375	385	395	405	415	425	435	445	455		
1	2	4	4	8	30	375	1013	375	385	395	405	415	425	435	445	455	358		
1	3	4	4	8	30	385	1013	385	395	405	415	425	435	445	455	358	358		
1	4	4	4	8	30	395	1013	395	405	415	425	435	445	455	358	358	369		
1	5	4	4	8	30	405	1013	405	415	425	435	445	455	358	358	369	370		
1	6	4	4	8	31	415	1013	415	425	435	445	455	358	358	369	370	375		
1	7	4	4	8	31	425	1013	425	435	445	455	358	358	369	370	375	375		
1	8	4	4	8	31	435	1013	435	445	455	358	358	369	370	375	375	379		
1	9	4	4	8	31	445	1013	445	455	358	358	369	370	375	375	379	377		
1	10	4	4	8	31	455	1013	455	358	358	369	370	375	375	379	377	378		
2	1	4	4	9	46	358	1013	358	358	369	370	375	375	379	377	378	383		
2	2	4	4	9	46	358	1013	358	369	370	375	375	379	377	378	383	0		
2	3	4	4	9	46	369	1013	369	370	375	375	379	377	378	383	0	0		

Kopiera sedan de rödfärgade värdena i den översta raden (som markerats i bilden) och klistra in dessa i nästa exceldokument, kallat "Dokument för uträkning av markrespiration", som illustreras i bilden nedan. När man klistrar in dessa värden måste man välja "klistra in special", och sedan kryssa i "värden", därefter trycka ok. Skriv även in lufttemperaturen för

Gör även ett diagram som på bilden så att ni kan se vilka värden som är fel. Målet är att få en linjär linje. De värden som inte "passar in" tas helt enkelt bort.

Scatter plot titled "Provyta 1" showing CO₂ (ppm) on the y-axis (0 to 600) versus Tids (sekunder) on the x-axis (0 to 15). The data points for "Serie1" are as follows:

Tids (sekunder)	CO ₂ (ppm)
2	420
3	430
4	440
5	450
6	460
7	470
8	480
9	490
10	520

4,575 (me)

Dag på året	149	188	210	237	277	281
Temperatur	3,3	10,2	10,4	8,6	7,2	5,4
Respiration	1,8	4,2	4,9	3,7	2,7	2,0

Scatter plot showing Markrespiration ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) versus Temperatur ($^{\circ}\text{C}$). The data points are blue circles, and a black exponential regression line is fitted to them. The equation $y = 1,1057e^{0,136x}$ and $R^2 = 0,976$ are displayed on the plot.

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Markrespiration ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
3,3	1,8
7,2	3,7
8,6	2,7
10,2	4,2
10,4	4,9

Med denna ekvation kan ni räkna ut antal $\mu\text{mol kol} / \text{m}^2$ och sekund, genom att föra in en marktemperatur som x-värde. Marktemperaturen bör vara ett medelvärde för varje dygn eller månad.

Koldioxidutsläpp : _____ kg CO₂ / ha · år

Avslutande beräkningar och diskussion

Skogens (trädens) upptag av koldioxid - *fotosyntes*

Upptaget av koldioxid: _____ kg CO₂ / ha·år

Skogens (nedbrytarnas och rötternas) avgivande av koldioxid – *respiration*

Respirationen av koldioxid: _____ kg CO₂ / ha·år

Skogens nettoupptag av koldioxid (Upptag – respiration)

Nettoupptaget av koldioxid: _____ kg CO₂ / ha·år

Diskussion av resultaten

- Blev resultaten de förväntade?
- Vilka felkällor finns med de metoder som använts?
- Jämför era värden med vad bilar släpper ut. Hur många hektar av den skog ni mätt behövs för att ta upp koldioxidutsläppen från en normalstor bil?
- Vad kan det bero på att olika skogar har olika stort nettoupptag? Vilka faktorer påverkar?
- Hur kommer en global uppvärmning påverka skogens nettoupptag?
- På vilka sätt kan skogsbruket påverka storleken på nettoupptaget?
- Hur ska man som nation förhålla sig till skog i internationella klimatavtal?
- Hur kan skogen utnyttjas för att motverka en global uppvärmning?

Kolförrådet i marken

För att kunna uppskatta hur mycket av grundämnet kol (C) som finns lagrat i marken i ett skogsområde kan volymbestämda jordprover samlas in för bestämning av vattenhalt och humushalt på skolan. Genom att uppskatta humushalten kan man få ett värde på hur mycket kol som finns i de flesta marker. Om man vill ha ett mer exakt värde på kolhalten kan jordproverna skickas för analys till ett laboratorium, t ex till Inst. för mark och miljö, SLU, eller annat analyslaboratorium. Analysvärdena används sedan för att beräkna kolförrådet.

Fältarbete

Jordprover tas på fem olika platser, på två olika nivåer, t.ex. 5 cm och 30 cm ner i jorden. Det övre provet representerar då skiktet 0-20cm, och det nedre 20-50cm. Jordproverna tas upp i en provtagningscylinder med känd volym (t ex diameter 5 cm och höjd 10cm, motsvarande 196,25 cm³). Först grävs ett 5 cm djupt hål där man sedan försiktigt pressar ner kyvetten, ev med försiktiga slag med en slägga. Jorden i cylindern läggs i påsar som märks med hålets nummer och djup. Efter första provtagningen gräver man djupare ner (30 cm) och tar nästa prov.

För- och efterarbete av jordprover

Väl tillbaka i labbet skall jorden först och främst torka under tre veckor. Därefter ska jorden siktas genom en 2-mm-sikt. Jordklumpar mortlas innan siktning. Alla döda rötter eller andra döda växtrester (kottar, barkflagor, kvistar etc) samlas ihop och vägs, 50% av dessas torrsvikt anses vara kol. Anteckna noggrant hur många gram rötter samt jord det är i varje jordprov. Observera att levande rötter och andra växtdelar inte anses utgöra en del av markens kolförråd – de ingår i skogens levande biomassa.

Om jordproverna skickas på analys på laboratorium:

10 gram från varje jordprov läggs separat i märkta påsar och skickas t ex till SLU för analys. Procentuella värden på vattenhalt, torrsubstanshalt, kolhalt och kvävehalt tas fram och kan användas för att räkna ut bl a kolmängden i marken till 0,5 meter djup.

Bestämning av vattenhalt och humushalt på skolan

1. Vattenhalt

Vattenhalten bestäms genom vägning av jordprovet före och efter torkning vid 105 °C.

Utförande:

1. Väg in ca 5 g jord. Anteckna massan.
2. Torka i värmeskap vid 105 °C över natt.
3. Låt svalna ca 30 min i exsickator med blågel som torkmedel.
4. Väg och beräkna den torra jordens massa.
5. Beräkna vattenhalten i procent.
6. Beräkna torrsubstansen i procent.

2. Humushalt

Humushalten är ett ungefärligt mått på kolhalten. Humushalten (glödförlust) bestäms genom att det torkade jordprovet upphettas så att allt organiskt material förbränns. Efter vägning före och efter upphettningen kan viktförlusterna beräknas. Denna är ett mått på humushalten. *Om jordprover skickas till laboratorium för analys kan det här steget hoppas över.*

Utförande:

1. Upphetta det från vattenhaltsbestämningen torkade jordprovet i degelugn vid ca 600°C (eller över bunsenlåga), ca 2-4 h eller tills allt organiskt material förbränts.
2. Låt degeln svalna i exsickator med blågel ca 1 h.
3. Väg och beräkna den humusfria jordens massa.
4. Beräkna humushalten i procent av den torkade jordens massa.
5. 58% av humushalten kan anses bestå av kol (van Bemmelen).

Beräkningar

1. Beräkna torrsubstansmassan

Trots att proven har torkats finns det ofta några procent vatten kvar i proverna. Genom att multiplicera massan på finjorden med halten torrsubstans korrigeras värdet för vattenhalten.

Korrigerad torrsubstansmassa i övre markskiktet: _____ g

Korrigerad torrsubstansmassa i undre markskiktet: _____ g

2. Beräkna volymvikten

Genom att dividera massan torrsubstans med den upptagna volymen fås volymvikten.

Volymvikt i övre markskiktet: _____ g/cm³

Volymvikt i undre markskiktet: _____ g/cm³

3. Beräkna totala massan finjord

Proverna från olika djup kommer att innehålla olika halter kol. Det första provet kommer att användas för beräkningar för djupet 0-20 cm och det andra provet för 20-50 cm djup. För att räkna ut den totala massan finjord multiplicerar man volymvikten finjord (g/cm³) med den volym en kvadratmeter med djupet 20, respektive 30 cm motsvarar, dividera sedan med 1000 för att omvandla massan till kilogram.

Total massa finjord i övre markskiktet: _____ kg/m³

Total massa finjord i undre markskiktet: _____ kg/m³

5. Beräkna kolmängden

Multiplikera nu den totala massan finjord med procenthalten kol.

Kolmängd i övre markskiktet _____ kg

Kolmängd i undre markskiktet _____ kg

6. Beräkna massan kol i det organiska materialet

Jordproverna innehåller inte bara finjord utan även en del döda delvis nedbrutna växtrester, t ex döda rötter. Räkna på samma sätt som för jordproverna ut volymvikt och den totala massan organiskt material. Multiplicera detta med 0,5 för att få ut massan kol.

Massan kol i övre markskiktet: _____ kg/m²

Massan kol i undre markskiktet: _____ kg/m²

7. Beräkna den totala mängden kol

Addera nu kolhalten per kvadratmeter för finjord och för organiskt material.

Total massa kol i övre markskiktet: _____ kg/m²

Total massa kol i undre markskiktet: _____ kg/m²

8. Kvävekvot och kvävemängd

När man skickar jordprover för analys på laboratorium får man ofta även kvävehalten. Kväve är ett viktigt näringsämne som påverkar både nedbrytningen av organiskt material och skogens tillväxt. Kvoten mellan C och N varierar i allmänhet mellan 20 och 40. Precis som ni tidigare beräknat hur mycket kol det finns i de olika marklagren, kan man räkna ut markens kväveförråd.

Kvoten mellan C och N i övre markskiktet: _____

Kvoten mellan C och N i undre markskiktet: _____

Kvävemängd i det övre markskiktet: _____ kg/m²

Kvävemängd i det undre markskiktet: _____ kg/m²

Diskussion

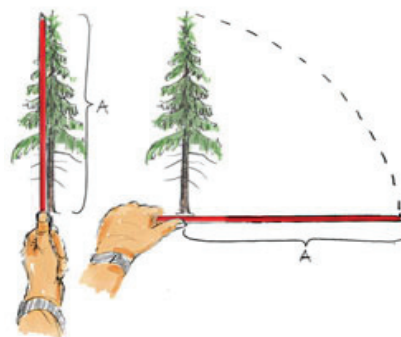
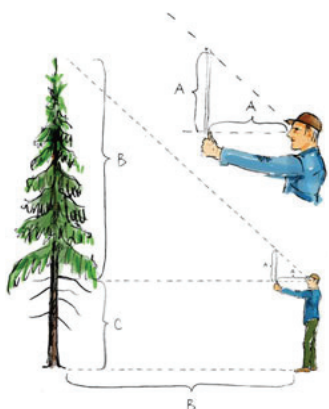
- Vilka felkällor finns med de metoder som använts?
- Vad beror det på att olika skogar har olika stort kolförråd? Vilka faktorer påverkar?
- Hur påverkar kolförrådet i marken skogens totala nettoupptag av kol?
- Hur kommer en global uppvärmning påverka kolförrådet?
- På vilka sätt kan skogsbruket påverka storleken på kolförrådet och skogens nettoupptag?

Två enkla metoder för att mäta trädhöjden

Om du saknar en höjdmätare kan du ändå göra en grov uppskattning av trädets höjd med några enkla metoder. De bygger på principen om likformiga trianglar och att du kan mäta ett avstånd på marken (med måttband eller genom att stega).

Metod 1

- 1) Använd en pinne där avståndet från handen till pinnens topp är lika långt som avståndet mellan din utsträckt hand och ögat (A).
- 2) Syfta mot pinnens topp och backa tills du hittat det avstånd där du ser trädets topp. Avståndet mellan dig och trädet är nu lika med den delen av trädets höjd som kallas B.
- 3) Mät upp avståndet B (stega eller måttband).
- 4) Eftersom du siktar vågrätt på trädet får du lägga till avståndet C. Trädets höjd är alltså B + C. Står du på plan mark är C lika med höjden till dina ögon, står du högre/lägre än trädet ökar/minskar C.



Metod 2

- 1) Ställ dig på godtyckligt avstånd från trädet. Hitta en pinne och syfta med tummen på trädets bas och med pinnens topp på trädets topp.
- 2) Fäll nu ned pinnen vågrätt. Titta efter vilken punkt på marken som pinnens topp pekar på. Avståndet (A) därifrån till trädet är lika med trädets höjd.
- 3) Mät upp avståndet (stega eller använd måttband).

Metoden är utmärkt när man behöver veta var det fällda trädets topp kommer att landa. Kommer grannens garage att klara sig?

www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Templates/page.aspx?id=19365 (2009-04-07)

Exempel på koldioxidmätare och dess användning



Kyvett



Respirationsmätare



Respirationsmätare

Till vänster (och ovan, till höger) finns en bild på respirationsmätaren, här följer en kort genomgång. På baksidan sitter en spak som ska vändas till läget "ON", därefter kommer en meny upp där man väljer "1REC" genom att trycka på knappen "1". Maskinen värmer sedan upp sig till 55 grader Celsius vilket tar några minuter. Maskinen kommer sedan att ta ett nollvärde, vad den kallar "CHECKING ZERO", vilket tar ca 14 sekunder. Detta

upprepas då och då, med en förvarning som säger "CHECKING ZERO IN 2 MINUTES". Det man nu är inne i är huvudmenyn för respirationsmätningarna. Börja med att ställa in "PLOT NUMBER" - dvs numret på den kyvett ni ska mäta på - genom att trycka på knappen "X(8)", tryck sedan "N" och ställ in numret, ex 01), konfirmera med knappen "Y/R". Efter detta trycker man på "X" två gånger för att komma tillbaka till huvudmenyn. Nu är ni redo att börja mäta, för att ta ett värde: tryck på "Y/R". När ni tagit 10 värden (ett var tionde sekund) ska ni vidare till nästa kyvett. Glöm ej att byta "PLOT NUMBER" före mätning av nästa kyvett.