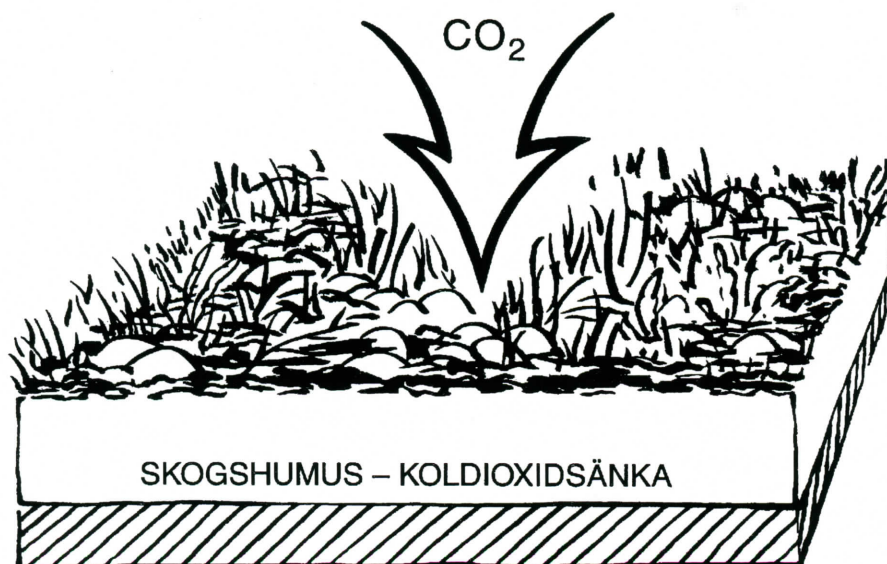


Björn Berg

Humusupplagring i skogsmark

– en sänka för koldioxid

- Humusupplagringen och därmed kolfastläggningen i boreal skogsmark kan beräknas om förnans kemiska sammansättning är känd.
- I Sverige har kolfastläggningen i humus beräknats till 4–5 miljoner ton per år. Idag sker en nettoupplagring av humus i svensk skogsmark som inte markbereds eller dikas.
- Förna med hög kvävehalt ger större humusmängd och olika trädslag ger olika stora humusmängder.
- Klimatet har liten betydelse för nedbrytning av humus men påverkar förnafallets storlek och därmed humusupplagringen.



Kol binds i skogsmarkens humuslager när humus bildas.

Illustration: Lena Wennersten

Detta nummer av Fakta Skog behandlar humus i boreal skog och konstaterar att humusupplagring eller inbindning av koldioxid i skogsmark kan beräknas och är i svensk skogsmark 4–5 miljoner ton kol per år. Om vi känner till förnans kemiska sammansättning kan vi beräkna hur snabbt humuslagret byggs upp, liksom i viss mån den kemiska sammansättning humusen kommer att få. Halterna av kväve och andra näringsämnen påverkar upplagringshastigheten och med kunskaper om förnans kväveinnehåll kan kvävehalten i den bildade humusen beräknas. Även klimatet påverkar förnafallets storlek och förnans kemiska sammansättning, och därmed humusupplagringen. Däremot påverkas nedbrytningen av humus mycket lite av klimatet.

Humus bildas från förna...

Humus bildas när förna delvis bryts ned och bildningsförloppet är relativt snabbt. Den kemiska sammansättningen varierar mellan olika förnaslag som därför bildar olika humustyper med varierande kemisk sammansättning. Figur 1 ger en schematisk bild av hur nedbrytningsprodukterna fördelas och visar att humusen endast är en del av humuslagret som även innehåller t.ex. levande och döda rötter och annan förna.

I mårhumus, som är den vanligaste humusformen i boreal barrskog, finns ofta rester av förnamaterial som har stora likheter med förna, såväl

nyfallen som delvis nedbruten. Även i gammal mårhumus finner man t. ex. ligninstrukturer och kolhydrater i form av cellulosa och hemicellulosa. Vi kan idag beräkna hur en mårhumus är sammansatt med avseende på flera komponenter, främst ligniner och kväve. Lignin är ett svårnedbrytbart ämne och anrikas med tiden i allt högre halter i förnan. Halten av kväve och ett antal andra näringsämnen stiger också under nedbrytningsförloppet.

...som inte bryts ned helt

Eftersom förnan anrikas på lignin som är svårnedbrytbart går nedbrytningen successivt långsammare. Det kväve som anrikas i förnan byggs bland annat in i polyaromatiska ligninstrukturer. Detta fenomen, som är en del av humifieringsprocessen, ger kemiska föreningar som är biologiskt svårnedbrytbara. Den stigande kvävehalten hämmar ett stort antal ligninnedbrytande svampar, främst vitrötter.

Kombinationen av hög ligninhalt och hög kvävehalt har visat sig ge en mycket svårnedbrytbar rest. Under ostörda markförhållanden, dvs. där ingen dikning eller markberedning har utförts, kan denna rest troligen beskrivas som biologiskt onedbrytbar eller mycket svårnedbrytbar. Att markberedning och dikning ökar koldioxidavgången och minskar humuslagren är redan välkänt.

Storleken av den svårnedbrytbara resten kan beräknas (figur 2) med

utgångspunkt från nedbrytningsförsök i fält. Detta har gjorts i inte mindre än 106 fall (figur 4). En kväverik förna lämnar en större svårnedbrytbar rest och skulle alltså ge ett större bidrag till humusbildningen än en mera kvävefattig.

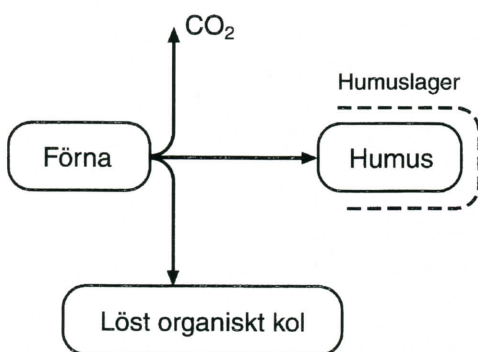
Nedbrytning av organiskt material i boreal skog utförs huvudsakligen av mikroorganismer. Sammansättningen av markens mikroflora styrs bl.a. av tillgången på andra näringsämnen än kväve, exempelvis mangan, kalcium, järn och koppar. Halterna av dessa ämnen påverkar alltså den ligninnedbrytande mikrofloran och därmed humusupbyggnaden.

...och upplagringen kan beräknas och ...

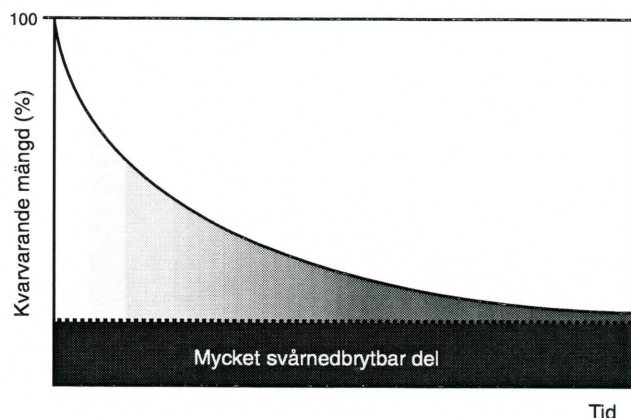
Med kännedom om förnainflödet kan vi beräkna mängden av den humus som ska bildas från varje års förnafall. Den årliga uppbindningen av kol i humus kan således beräknas. Detta har gjorts för en 120-årig tallskog och upplagringshastigheten stämde med den faktiska, mätta upplagringen med ett fel mindre än 10% (Berg m.fl. 1995).

...är olika för olika trädslag...

Olika trädslag har olika kväverik förna (se exempel i figur 4) och följaktligen bryts förnan ned olika långt och lämnar olika mängder svårnedbrytbara rester som bildar humus. Olika mängder humus bildas alltså under olika trädslag, inte bara som en följd av olika stora förnafall utan



FIGUR 1. Förna bryts ned av mikroorganismer till koldioxid och vissa lösliga organiska ämnen lakas ut. En mycket svårnedbrytbar del bildar humus som är en del av humuslagret.



FIGUR 2. Enkel modell som beskriver hur nedbrytningen av förna närmar sig ett gränsvärde (streckad linje) och att den mycket svårnedbrytbara humusdelen blir kvar.

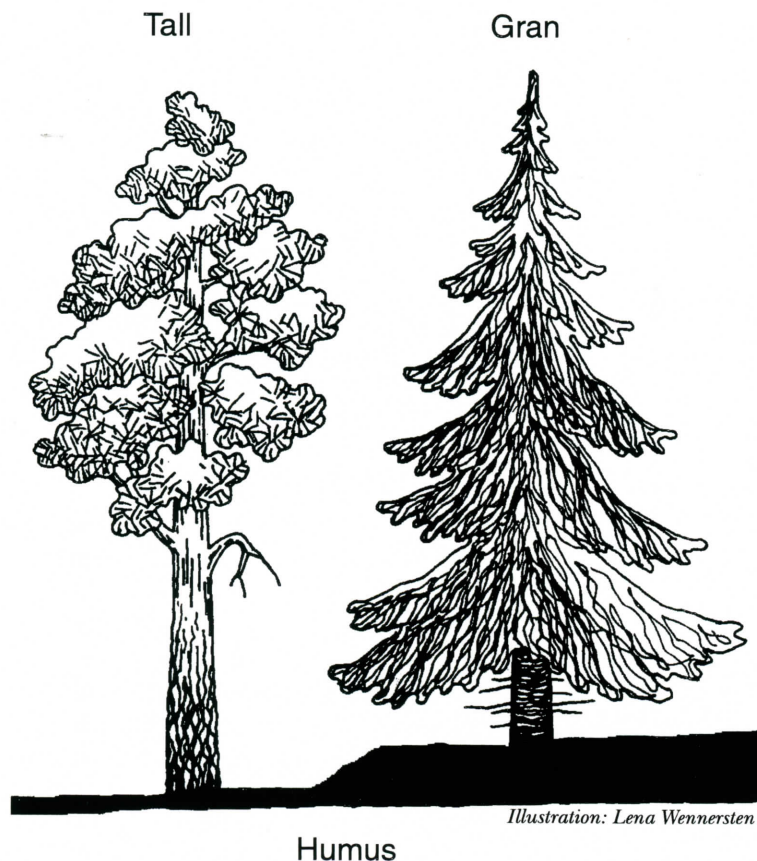


Illustration: Lena Wennersten

FIGUR 3. Den humusbildande delen av förnan är större hos gran och granskog får mera humus än tallskog trots att tallskogen har större förnafall (Berg m.fl. 1996).

även som en följd av olika nedbrytning när förhållandena i övrigt är likartade. En bekräftelse på detta fann Berg m.fl. (1996) i en jämförelse av humusen i tall- och granskog i likåldriga parvisa bestånd. Granbarrförnan var kväverikare än tallbarrförnan och trots ett högre förnafall i tallskogen fanns mera humus i marken i granskogen (figur 3).

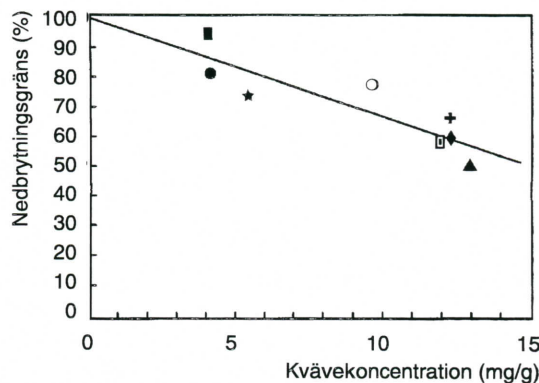
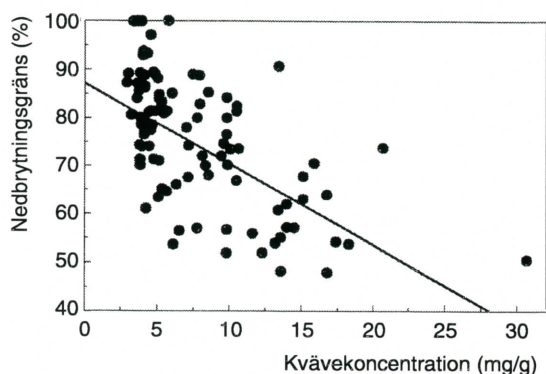
...och pågår hur länge?

I många resonemang hävdas att storleken på humuslagret avspeglar ett slags balans mellan förnainflödet och nedbrytningen av humus. Strikt resonerat kan ett begrepp som jämviktstillstånd (eng steady state) givetvis inte uteslutas, speciellt inte om ett stort antal faktorer påverkar nedbrytningsprocessen. Å andra si-

dan har man funnit organiskt material i marken av en ålder upp till 10 000 år, en mätning som givetvis inte anger en övre åldersgräns. Denna bestämning gällde material som varken legat syrefritt eller varit allofant (ung konserverat med aluminium och järnjoner). Under ostörda förhållanden kan organiskt material troligen lagras tio gånger så lång tid.

Under växande barrskog i Norrland har man funnit 150 cm tjocka humuslager som byggts upp under 3 000 år. Tillväxthastigheten för humuslagret har under denna tid varit av samma storleksordning som i det betydligt yngre Jädraåsbeståndet i Gästrikland (tabell 1).

Den årliga ökningen för de fyra grupperna i tabell 1 är likartad. Om ett jämviktstillstånd skulle uppnås vid låt oss säga 3 000 år eller inom en tid därefter borde den årliga ökningen avta, vilket inte är fallet. Man kan tänka sig en situation där så mycket näring blir upplåst i humusen att skogens tillväxt avtar eller blir så låg att förnatillskotten blir försumbara. Ett sådant jämviktstillstånd kan givetvis uppnås men det beror då inte på att humusen skulle vara nedbrytbar utan på att tillskotten uteblir. I ett tidsperspektiv av upp till kanske 10 000 år blir begreppet jämviktstillstånd av mindre intresse, eftersom tiden till dess att det inträffar rymmer en årlig humusupbyggnad av 4-5 megaton kol per år enbart i Sverige. Det betyder att inom rimliga



FIGUR 4. Den initiala kvävekoncentrationen i förnan bestämmer gränsvärdet för nedbrytning och storleken av den svårnedbrytbara (humusbildande) delen av förnan. Den vänstra bilden visar samtliga beräknade gränsvärden (jämför figur 2). Den högra bilden visar medelvärden för åtta förnaslag; (●) tall, bruna barr (+) tall, gröna barr (■) contortatall (★) gran (▲) silvergran (○) björk (□) bok (◆) ek.

TABELL 1. Observerad upplagring av humus med känd ålder i boreal barrskog. Data från Wardle m.fl. (1997). Jädraåsdata från Berg m.fl. (1995).

	Jädraås	Tre nordsvenska system		
Ålder (år)	120	2984	2081	1106
Humusmängd (kg/m ²)	1,54	49,08	34,62	14,33
Ökning (kg/år)	0,0128	0,0164	0,0166	0,0130

tidsperspektiv är skogsmarken en omfattande koldioxidsänka.

Är långsiktig upplagring viktig?

I Kyotoprotokollet, som antogs vid klimatkonferensen i Kyoto, Japan 1997, har riktlinjer dragits upp för framtida utsläpp av koldioxid och de villkor som måste ställas för fastläggning av koldioxid i bl.a. mark.

Dagens kunskapsläge räcker till för att visa på de möjligheter som vår skogsmark har att lagra in kol. Vi kan förutse att en nettofastläggning av koldioxid i humus i skogsmark kommer att äga rum under lång tid framöver. Därmed har vi en potentiell möjlighet att motverka den del av växthuseffekten som kommer från koldioxid.

För att vi ska kunna utnyttja den möjligheten krävs forskning som kan användas prediktivt, dvs. för att förstå ett framtida händelseförlopp. Att utreda de mekanismer och komplexa samband som styr fastläggningen av kol i skogsmark är ett exempel på sådan forskning.

Ämnesord

Humus, humusupplagring, kolfastläggning, koldioxid

Litteratur

Berg, B. och Matzner, E. 1997. Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest systems. *Environmental Reviews* 5, 1–25.

Berg, B., Johansson, M.-B. och Lundmark, J.-E. 1996. Uppbyggnad av organiskt material i skogsmark – har gödsling och trädslagsval en inverkan? *I: Markdagen 1996*. Red. B Berg. Sveriges Lantbruksuniversitet. *Rapport från Institutionerna för Skogsekologi och skoglig marklära. Nr 44.*

Berg, B., Ekbohm, G., Johansson, M.-B., McClaugherty, C., Rutigliano, F. och Virzo De Santo, A. 1996. Maximum decomposition limits of forest litter types - a synthesis. *Canadian Journal of Botany* 74, 659–672.

Berg, B., McClaugherty, C., Virzo De Santo, A., Johansson, M.-B. och Ekbohm, G. 1995. Decomposition of forest litter and soil organic matter - a mechanism for soil organic matter buildup? *Scandinavian Journal of Forest Research* 10:108–119.

Wardle, D.A., Zachrisson, O., Hörnberg, G. och Gallet, C. 1997. The Influence of Island Area on Ecosystem Properties. *Science* 227, 1296–1299

Björn Berg är docent i mikrobiologi och skoglig marklära. Han har de senaste åren arbetat med mekanismer för och förklaringar till kolets upplagring i form av humus i skogsmark. Fr.o.m. augusti 1999 är han verksam vid forskningsinstitutet BITÖK i norra Bayern.

Adress: Lehrstuhl für Bodenökologie, BITÖK, Postfach 101251, Univ Bayreuth, Dr Hans Frisch Strasse 1-3, DE-370 77 Bayreuth, Tyskland.
E-post: bjoern.berg@bitock.uni-bayreuth.de



Ansvarig utgivare:

Redaktör:

Internet:

Prenumeration, distribution och lösnummerförsäljning

Pris:

Tryck:

Göran Hallsby, Inst. f. skogsskötsel, SLU, 901 83 UMEÅ

Lotta Möller, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: Lotta.Moller@sfak.slu.se

www.slu.se/forskning/fakta/

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA

Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54/67 30 00 • E-post: Inger.Blomstedt@service.slu.se

300 kr + moms (även lösnummerförsäljning)

SLU Reproenheten, Uppsala

ISSN 1400-7789 © SLU 1999

