

Biogeochemické kolobehy – tok hmoty v lesním ekosystému



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Osnova

- Definice
- Význam biogeochemických kolobehu
- Typy kolobehu
- Kolobeh uhlíku
- Kolobeh dusíku
- Ostatní kolobehy
- Příklady, aplikace

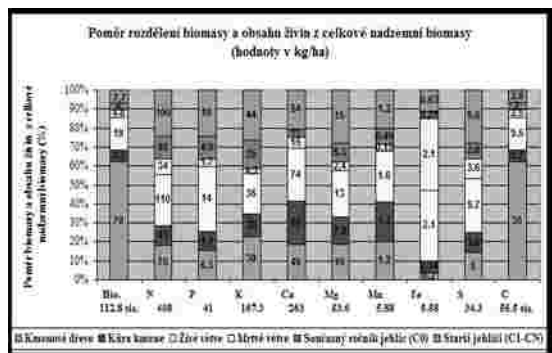
Definice

- Soubor reakcí, kterými je prvek(sloučenina) premenován a transportován v určitém systému mezi pevnou, kapalnou a plynnou fází.
- Cyklický pohyb prvku mezi atmosférou, půdou (vodními plochami) a organizmy.
- Lesní ekosystémy jsou napojeny na globální cykly prvku uhlíku, dusíku i na kolobeh síry.

Význam

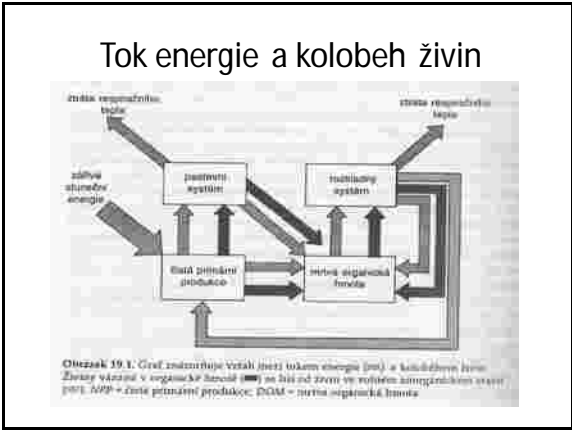
- Kvantifikace procesu v lesních ekosystémech (makroprvky C,N,P,S,Ca,Mg,K,Cl, pr. mikroprvky : Fe,Mn,Zn,Cu,B,Mo)
- Hodnocení rizik výrobních technologií
- Hodnocení rizik využívání energetické biomasy
- Rizika maximalizace produkce
- Rizika odlesňování apod.
- Napr. biomasa zelených rostlin (16 prvků)
makro: C,H,O,N,P,S,Ca,Mg,K,Cl

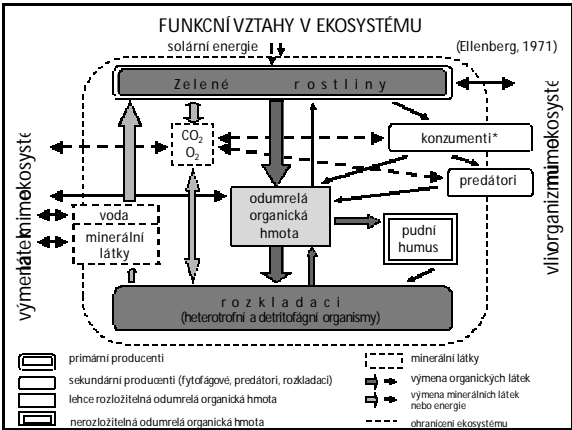
Obsah živin v biomase

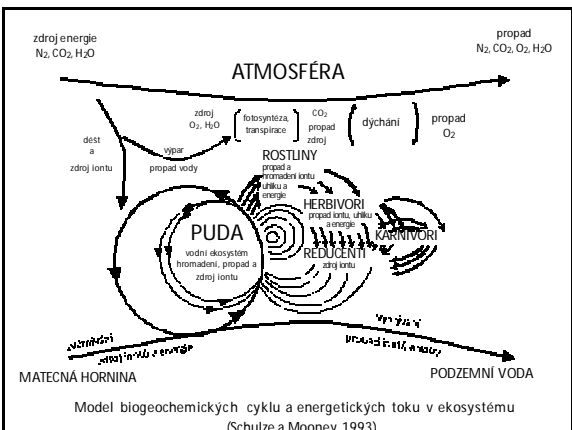


Biogeochemické kolobehy v ekosystémech

- Životní procesy živých složek ekosystému jsou neoddelitelně spojeny s premenou látek a energie, které jsou přijímány z prostředí a do něho vydávány.
- Délka života organismu (nebo rostlin i jejich částí) je omezena, organismy odumírají.
- Vzniká proto organický odpad v nejšířím slova smyslu (rostlinný odpad, exkrementy, mrtvá těla, autolyzáty), jehož se jako bohaté zdroje energie a žádoucích látek ujímají dekompozitori - rozkladci v detritovém potravním řetězci.







Typy kolobehu

- geochemický kolobeh
litosféra, transport prvku, eroze
- biogeochemický kolobeh
atmosféra - puda - rostlina - puda
- biochemický kolobeh
rostlina

Geochemický kolobeh

- Výměna prvku mezi ekosystémy.
- Prostorové měřítko geologických cyklů je obecně velké.
- Kolobeh neprobíhá opakovaně stejnou cestou (živina vynesena z určitého ekosystému a již se nevrací, anebo po velice dlouhé době).
- Geochemický cyklus sedimentací.

Biogeochemický kolobeh

- Výměna prvku v rámci ekosystému.
- Prostorové měřítko biogeochemických cyklů je relativně menší, většinou se jedná o odběr elementu jednotlivými rostlinami a jejich návrat do půdy.
- Casová dimenze biogeochemického kolobehu je mnohem kratší než u geochemických kolobehů, i když se značnou variabilitou pro jednotlivé živiny nebo ekosystémy.

Biochemický kolobeh

- Redistribuce (translokace) prvku v rámci jednotlivého organismu.
- Tímto způsobem se mohou živiny „konzervovat“ v rostlině (drevině) napr. přesunutím živin z orgánu s krátkou životností (napr. listy opadavých dřevin) do jiných orgánů před jejich opadem.
- Obrácene mohou být mobilizovány živiny uložené ve starších pletivech do nové rostoucích vegetacních orgánů.
- Procesy probíhají v daleko kratších intervalech než u jiných kolobehů a jsou součástí aktivních metabolických procesů.

Kolobeh elementu na úrovni lesního porostu - zásoby

- Koncentrace a zásoba prvku v nadzemní biomase (jehlicí, větve, kmen, parezy)
- Koncentrace a zásoba prvku v korenech
- Koncentrace a zásoba prvku v nadložním humusu a půdě
- Koncentrace a zásoba prvku v podloží

Toky (vstupy)

- Vstup a transport prvku srážkami a suchým spadem
- Vstup prvku zvětráváním
- Vstup prvku opadem
- Vstup prvku rozkladem organické hmoty
- Vstup prvku z podzemní vody
- Aplikace hnojiv

Toky (výstupy)

- Vyluhováním a odtok pudou
- Prenos minerálních částic vetrem,
- Volatilizace do atmosféry
- Využívání biomasy

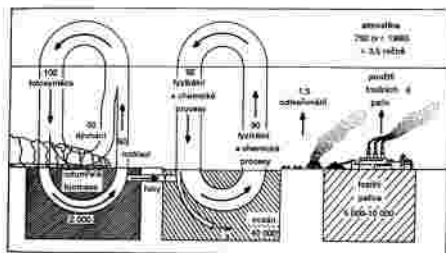
Charakter biogeochemických cyklu

Prvek	Hlavní vstup do ekosystému	Hlavní zásobník uvnitř ekosystému	Hlavní výstup z ekosystému
C	jako CO ₂ fotosyntézou	biomasa primárních producentů, odumřelá organická hmota, pudní humus	jako CO ₂ dýcháním do atmosféry
N	atmosférické srážky opad, dekompoziční procesy mikrobiální fixace z atmosféry	biomasa Puda - anorganický NO ₃ , NH ₄ , méně organický	denitrifikací do atmosféry jako N ₂ , sklizen biomasy odtokem v rozpuštěné podobě
K, Ca, Mg aj. minerální prvky	atmosférické srážky zvětrávání hornin, opad, dekompoziční procesy	puda, hominy, minerály, rostliny, živocichové	sklizen biomasy, odtokem v rozpuštěné podobě

Kolobeh uhlíku

- Uhlík je společně s dusíkem, kyslíkem a vodíkem základním stavebním prvkem všech živých systémů
- Uhlík jako CO₂, CO, C, uhlicitany, metan
- DOC ve srážkách a v pudních vodách
- V rostlinné biomase cca 45 – 52 %C
- Uhlík se v atmosféře vyskytuje jako CO₂, CH₄, CO aj. plynu
- koncentrace CO₂ 370 ppm
- ročním nárůst 1,5 ppm
- zásoba 740 Pg C . rok⁻¹ 1Pg=10¹⁵

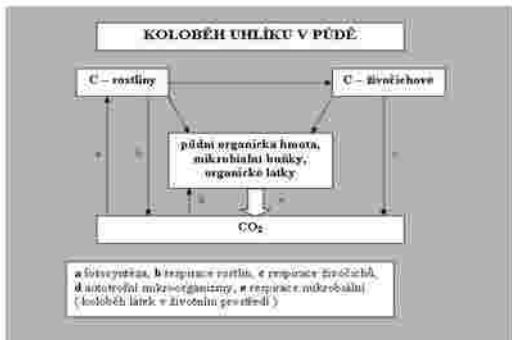
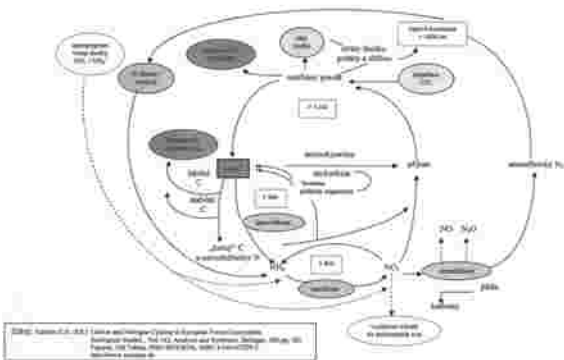
Schéma globálního cyklu uhlíku



Zásoby uhlíku na Zemi (vyjádřeno jako hmotnost uhlíku obsaženého v oxidu uhličitým v miliardách tun nebo gigatunách Gt) (Houghton, 1999)



Kolobeh C a N v lesních ekosystémech



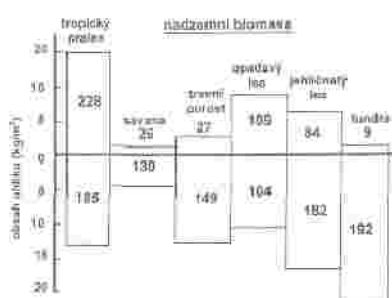
Kolobeh C – lesní ekosystém

- Cyklování mezi ovzduším, biomasou, opadem, pudní organickou hmotou (fotosyntéza – respirace)
- Lesní ekosystémy obsahují až 90 % uhlíku obsaženého v biomase terestrických ekosystému
- Puda a pudní humus reprezentují hlavní zásobník uhlíku v ekosystému

Uhlík v puce

- Litosféra je největším zásobníkem uhlíku na Zemi (ve formě prvku 25%, v uhličitanech 75%)
- Množství uhlíku v zemské kůře ve formě prvku se odhaduje na 20 milionu Pg
- Pudy obsahují celkově větší množství uhlíku než C v biomase rostlin a živočichu
- Význam pudní organické hmoty a organických pud
- Opadem do pudy v lese 1,5 – 4 t.ha.rok

Uhlík v nadzemní biomase a v puce

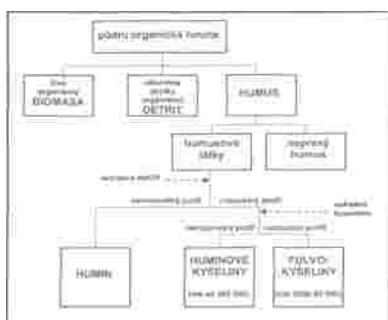


Obsah uhlíku v nadzemní biomase a v puce v různých typech ekosystému. (ANDERSON, 1991, cit. in COYNE, 1999, převzato SIMEK, 2003)

Rozklad organické hmoty

- Mikrobiální rozklad složitějších polymerních látek (celulóza, lignin, proteiny..)
- Jednodušší monomerní látky (cukry, aminokyseliny..)
- CO₂, H₂O, energie, biomasa

Pudní organická hmota

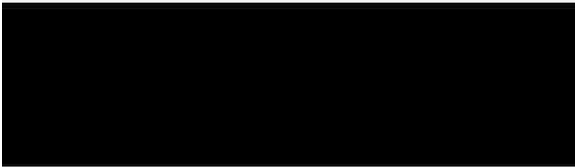
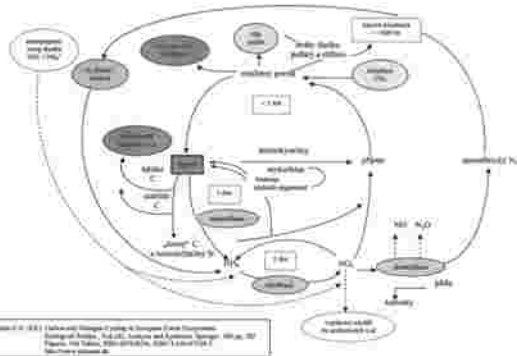


Rozdělení organických látek v půdě a klasifikace humusových látek

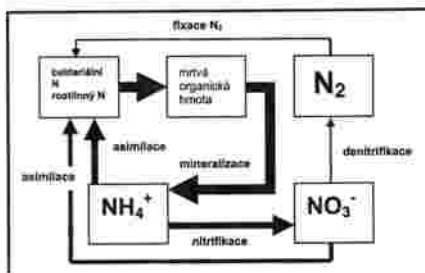
Kolobeh dusíku

- N – hlavní živina, součást bílkovin, ve vzduchu 78%
- Nezbytnost pro tvorbu biomasy a životní funkce buněk všech organismů.
- Příjem N rostlinami ve formě iontu, nitráty (NO₃⁻), nitrity (NO₂⁻) a amonné ionty (NH₄⁺). Některé bakterie a sinice mohou asimilovat molekulární dusík (N₂).
- Zdrojem N = půda, mineralizace organické hmoty, význam poměru C:N

Kolobeh C a N v lesních ekosystémech

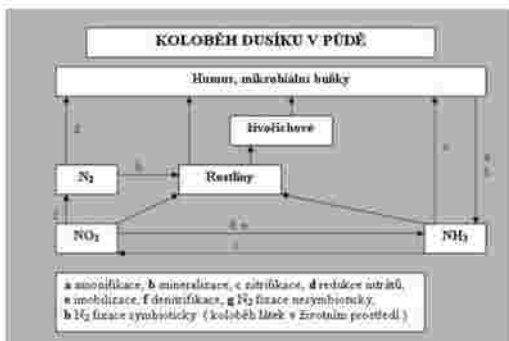


Premeny dusíku v ekosystému



Mineralizace organických dusíkatých látek. (Blackburn, 1983)

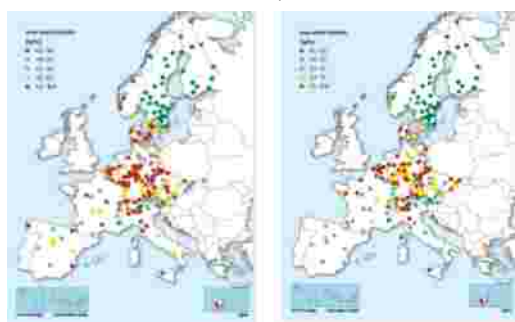




Zdroje dusíku v ekosystému

- Suchý a mokrý spad
- Fixace molekulárního dusíku
- Mineralizace organické hmoty
- Sorpční komplex pudy
- Hnojiva

Průmerné podkorunové depozice nitrátu ($\text{NO}_3\text{-N}$ – vlevo) a amoniaku ($\text{NH}_4\text{-N}$ – vpravo), 2003-2005, 249 ploch (ICP Forest 2008)



Ztráty dusíku z ekosystému

- Volatilizace amoniaku
- Vylavování dusíkatých látek
- Emise plynných sloučenin dusíku
- Odnos dusíku v biomase rostlin
- Odnos dusíku erozí

Procesy přeměny dusíku

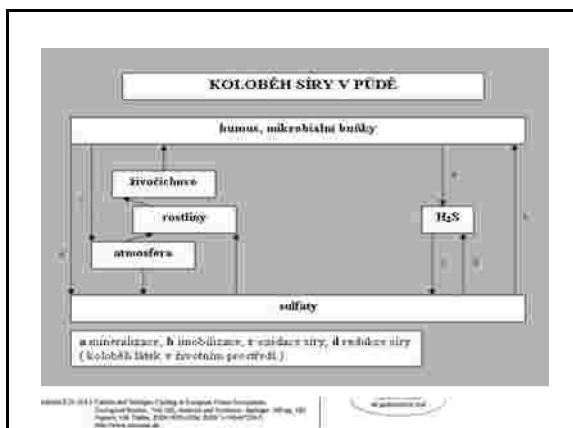
- Asimilace dusíku (proteiny)
- Imobilizace
- Amonizace
- Volatilizace NH₃
- Nitritace
- Nitrifikace
- Denitrifikace
- Fixace N

Dusík v životním prostředí

- Znečištění vod – nitráty (eutrofizace)
- Acidifikace pudy
- Potravní řetězce – otravy (methemoglobinie)
- Emise plynných sloučenin tvorba fotochemického smogu) v troposféře
- Odbourávání ozonu ve stratosféře

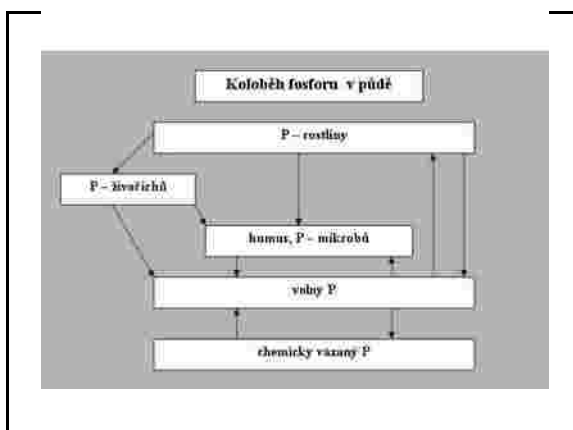
Ostatní kolobehy

- Kolobeh síry
- Kolobeh fosforu
- Kolobeh draslíku
- Kolobeh vápníku
- Kolobeh horčíku
- Kolobeh železa a manganu
- Kolobeh rtuti



Průměrná podkorunová depozice síry (SO₄-S), 2003-2005, 249 ploch (ICP Forest 2008)





Kontrolní otázky

- Definice
- Význam biogeochemických kolobehu
- Typy kolobehu
- Kolobeh uhlíku
- Kolobeh dusíku
- Kolobeh síry
- Kolobeh fosforu
- Kolobeh vápníku a hořčíku
- Aplikace v lesnictví

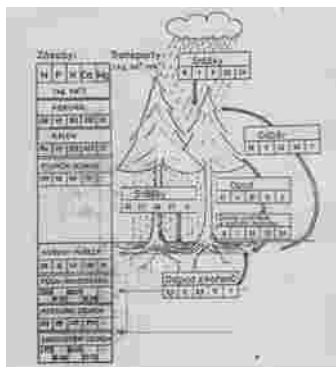


Literatura

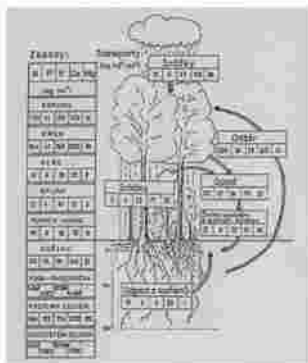
- Šimek, M –Biologické procesy a cykly prvku, 2003
- Begon, Harper, Townsend – Ekologie (část společnosti), 1997
- M.V.Marek – Uhlík v lesních ekosystémech ČR v menícím se klimatu, Academia 2011
- Kulhavý a kol. Ekologie lesa II, kap. Dusík v lesních ekosystémech, Mendelu 2006

Příklady

Kolobeh hlavních elementu v ekosystému jehličnatého lesa.

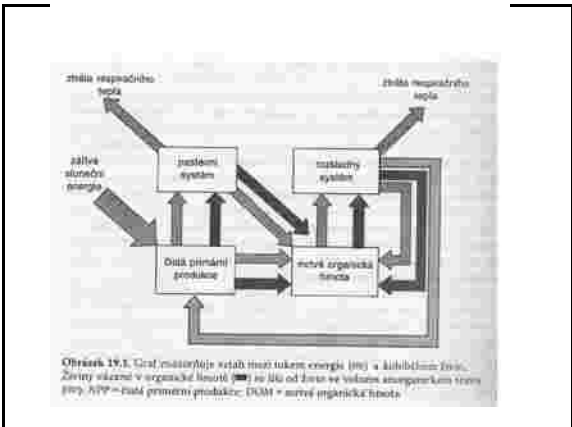
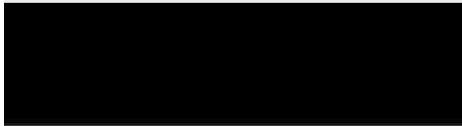
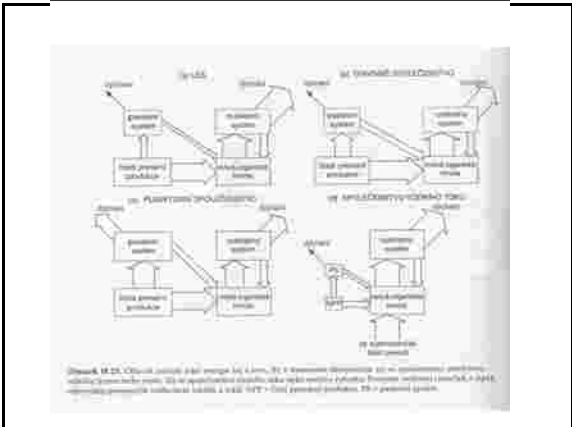
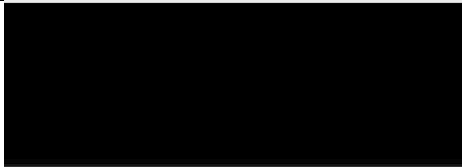
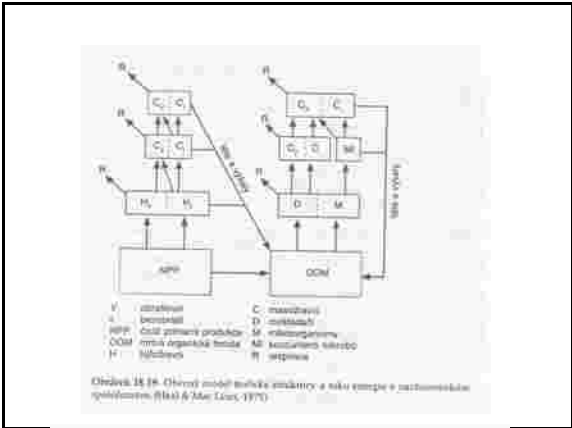


Kolobeh hlavních elementu v ekosystému listnatého lesa.



Struktura zásoby živin v ekosystému smrkového lesa - vek 80-90 let (kg.ha⁻¹)

	N	P	K	Ca
jehlici	251	42	156	275
vetve	47	8	37	77
kmen	115	25	177	437
parezy	17	3	20	58
nadzemní část	431	78	390	847
koreny	2	12	27	133
dreviny	432	89	417	980
L - opad	154	4	12	37
F - drt	276	16	21	20
H - meš	350	27	36	14
Ah	780	48	69	71
Bv do 40 cm	2 578	10 267	59 969	36 228
puda	3 358	10 315	60 038	36 299
ekosystém	3 773	10 404	60 455	37 278



Látková bilance smrkového ekosystému po 150 letech (M_0 - suma K, Mg, Ca, M_1 = H + kationtové kyseliny, KAK – kationtová výměnná kapacita, BS – sycení bázemi, IE – iontový ekvivalent)

	K	Mg	Ca	M_1	KAK	M_2	BS
	k mol IE . ha . rok ⁻¹						%
Výchozí stav:							
Zásoba v minerální půdě	13	26	73	112	560	448	20
Zvětrávání za 100 let	+10	+30	+10	+50			
Nová teoretická zásoba v půdě	23	56	83	162	560	398	29
Export biomasy	-10	-23	-10	-43			
Nová teoretická zásoba v půdě	13	33	73	119	560	441	21
Depozice za 100 let	+20	+15	+50	+85		+260	
Nová teoretická zásoba v půdě	33	48	123	204			
Vyplavení za 100 let	-20	-44	-117	-181		-79	
Konečná zásoba v půdě po 100 letech	13	4	6	23	560	537	4

Zásoby prvku – lužní les

Lednice

Struktura zásoby živin ekosystému lužního lesa (kg/ha)

	N	P	K	Ca	Mg
Koruna stromu	473	41	219	619	45
vetve + listí					
Kmeny stromu	1 044	42	358	1 326	81
Kere, nadz. část	55	8	26	31	9
Byliny nadz. části	22	4	47	21	5
Suma nadz. částí rostlin	1 594	95	650	1 997	140
Povrch. humus Ø za rok	99	6	18	75	15
Koreny (stromy, kere, byliny)	210	34	84	240	52
Tot. zásoba v půdě - rhizosféra	14 846	4 953	121 364	44 864	-
Zásoba mimo rhizosféru	9 093	5 085	176 532	76 321	-
Suma rostlin	1 804	129	734	2 223	192
Suma půdy	24 038	10 044	297 914	121 260	-
Suma rostlin a půdy	25 842	10 173	298 648	123 439	-

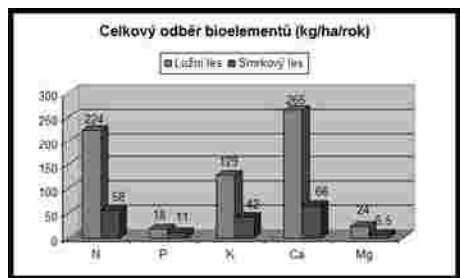
Zásoba prvku – smrkový porost

Rájec

Struktura zásoby živin v ekosystému smrkového lesa (kg/ha) - tab. c. 62

	N	P	K	Ca
jehlčiči	251,2	41,5	156,0	274,9
vetve	47,4	8,0	36,8	77,3
trnasy	114,8	25,1	177,4	437,0
porezy	17,4	3,0	19,7	57,6
Suma nadz. částí	430,8	77,6	389,9	846,8
Koreny	1,6	11,6	27,4	132,7
Suma dřeviny	432,4	89,2	417,3	979,5
A1 - L	154	4,4	11,7	36,9
A1 - F	276	16,4	20,5	16,5
A1 - H	350	27,5	36,3	11,4
Suma A1	780	48,3	68,5	70,8
6 - 8 cm	906	287	3 445	2 372
8 - 12 cm	590	239	6 635	3 108
12 - 40 cm	1 052	9 441	49 830	30 748
Suma půdy	3 358	10 315,1	60 037,5	36 298,8
Suma ekosystém	3 772,6	10 404,3	60 454,8	37 278,3

Odber bioelementu



Živiny v opadu



Odber prvku smrkovým porostem

Smrkový porost

Odber elementu smrkovým porostem dle stáří porostu – kg/ha/rok
(Smírnová, 1951) (in Materna, 1970)

element	Stáří porostu				
	24 let	38 let	60 let	72 let	93 let
N	16,2	62,8	59,9	33,0	27,6
Ca	14,8	52,3	33,8	31,5	25,6
Mg	1,8	9,8	6,3	4,6	3,5
P	2,6	12,4	6,4	4,4	3,7
K	5,8	38,7	14,3	11,3	6,9
S	5,9	23,2	14,8	13,8	12,0
Si	4,1	11,9	9,8	10,0	10,5

Vývoj zásoby prvku na holine

Rájec

Vývoj zásoby elementu ve fytohmase bylin na pasece po těžbě smrkového porostu – Tab. c. 89
Elementy – (kg/ha)

období	N	P	K	Na	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Cu
1977	0,2	0,02	0,03	-	0,1	0,02	0,02	-	0,03	-	-
1979	0,6	0,8	6,8	0,1	0,8	0,7	0,5	0,7	0,4	0,02	0,2
1980	226,3	28,5	18,08	1,3	31,6	24,6	13,3	17,5	6,4	0,9	11,8

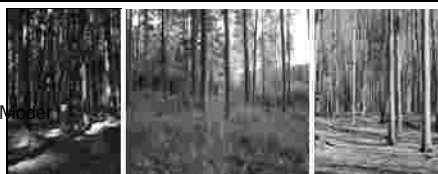
1977 – rok provedení těžby

Kolobeh uhlíku a dusíku ve smrkovém a bukovém porostu na Dražanské vrchovině

příkladová studie


Porostní charakteristiky

Porost	Věk	Dřevinná skladba
Smrkový porost	105	SM 100
Smišený porost	125	BK 55, SM 45
Bukový porost	125	BK 100






VIII International Conference of Young Scientists Eurasian Forests - Northern Caucasus, October 6-12, 2008, Sochi, Russia

Pedologický kruh






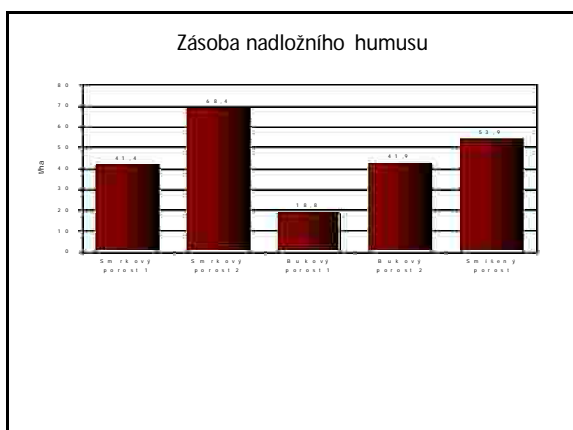
Formy nadložního humusu

mul	moder	mor
		
C/N >15	10-15	8-12
pH 3,5-4,5	4,0-5,5	5,5-7,0

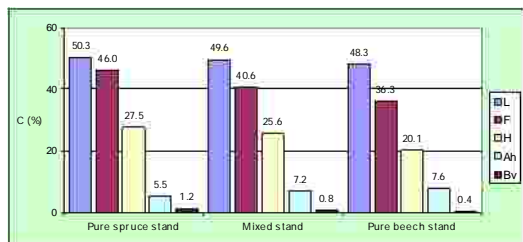
Odběry byly provedeny na podzim po opadu listí roku 2004 a 2005 v 10 opakováních na ploše 0,5ha.

Forma nadložního humusu

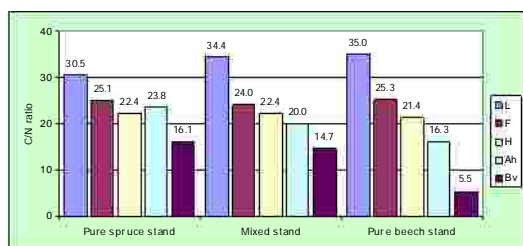
Smrkový porost	Smišný porost	Bukový porost
		
Moder	Mull-moder	Mull-moder



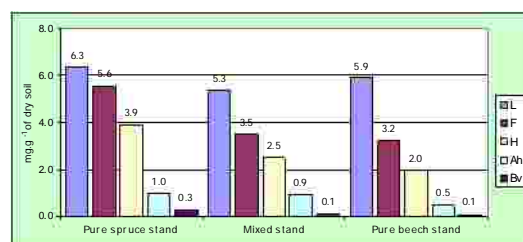
Obsah uhlíku v nadložním humusu a pude



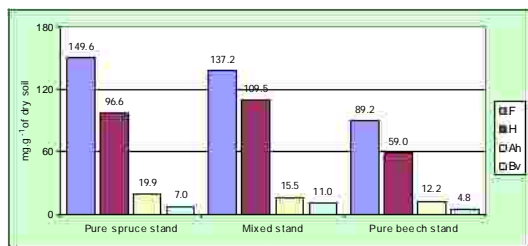
Pomer C/N v nadložním humusu a pude

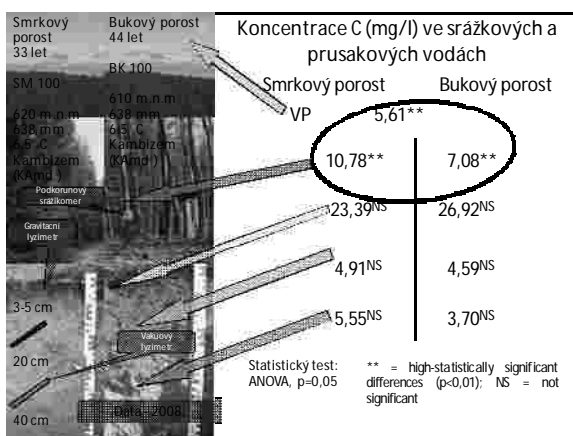


Rozpustný organický uhlík (DOC)

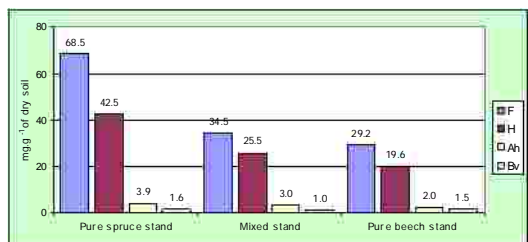


Celkový organický uhlík (TOC) humusových látek v nadložním humusu a puce

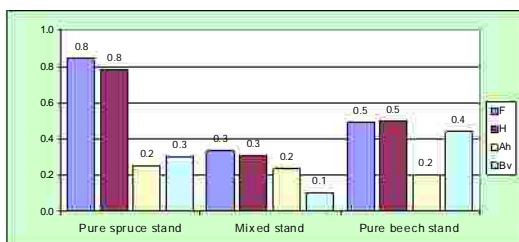




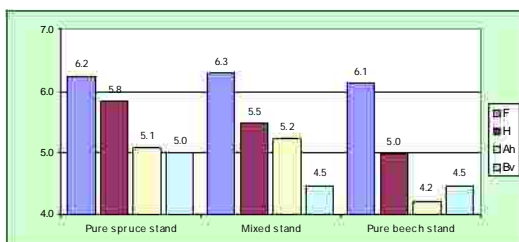
Celkový organický uhlík (TOC) Huminových kyselin



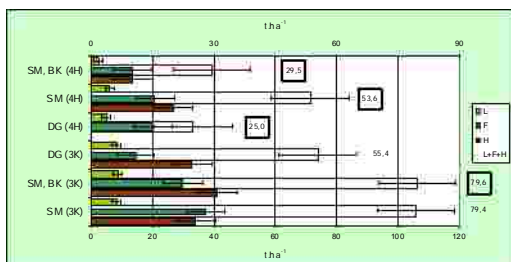
Pomer TOC Huminových kyselin / Fulvokyselin



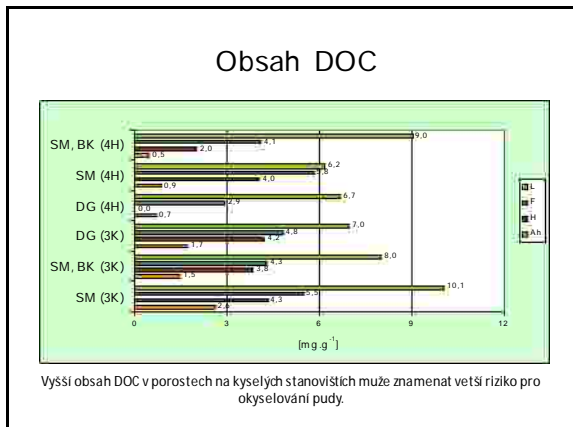
Barevný kvocient Huminových kyselin A 400/600



Zásoba povrchového humusu

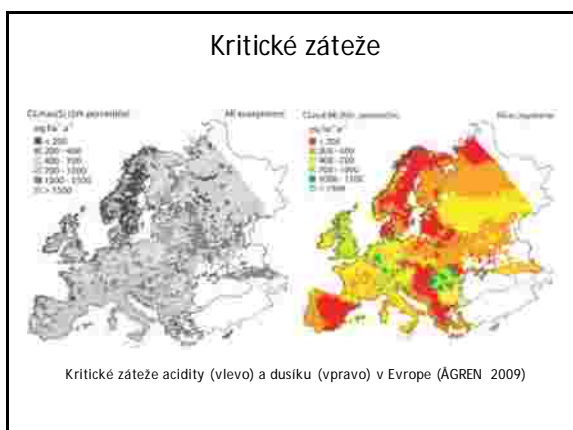


Nejnižší zásoba v porostu DG na živném stanovišti 25.0 t.ha⁻¹, nejvyšší akumulace v porostu SM a porostu SM, BK na kyselém stanovišti 79 t.ha⁻¹ - statisticky významný rozdíl.

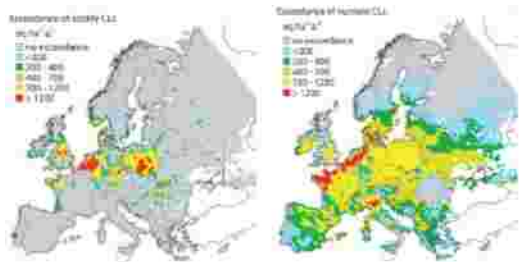


Výsledky - bilance uhlíku (C) a dusíku (N) rok 2008

Zastoupení (%)	SM 100	BK 100
Věk (let)	33	44
Zásoba nadložního humusu (kg/ha)	36 800	22 000
Zásoba C (vrstvy L, F, H) - (kg/ha)	12 900	7 300
Zásoba C (vrstvy Ah, Bv) - (kg/ha)	191 100	158 700
Zásoba N (vrstvy L, F, H) - (kg/ha)	500	300
Zásoba N (vrstvy Ah, Bv) - (kg/ha)	8 100	6 300
Celková zásoba C - puda (kg/ha)	204,1	158,7
Celková zásoba N - puda (kg/ha)	8,6	6,5
Srážky nad porostem - C (kg/ha)	25,6	25,6
Srážky nad porostem - N (kg/ha)	12,2	12,2
Srážky pod porostem - C (kg/ha)	18,0	28,5
Srážky pod porostem - N (kg/ha)	14,8	10,8
Výstup Cz A0 (kg/ha)	47,7	17,4
Výstup Nz A0 (kg/ha)	4,8	1,6
Koncentrace C v puce (mg/l)	4,9-5,5	3,7-4,5
Koncentrace N v puce (mg/l)	0,1-0,2	0,1-0,2



Prekročení kritických zátěží



Oblasti kde jsou překročeny kritické zátěže pro aciditu (vlevo) a dusík (vpravo) v roce 2000 (Agren 2009)



Celková depozice síry

2007



(HUNOVÁ et al. 2008)



Celková depozice dusíku

2007



(HUNOVÁ et al. 2008)

