

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

OBOR: AGROEKOLOGIE

KATEDRA: AGROEKOLOGIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

STAV MINERÁLNÍ PŮDNÍ ZÁSOBY VYBRANÝCH PROFILŮ STROPNICKA

VYPRACOVALA

Bc. Zdeňka Kotousová

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Olga Křiváčková, Ph.D.

2008

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a pouze s použitím uvedených materiálů a literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Malenicích, 25.4.2008

.....

Poděkování

Dovoluji si poděkovat Ing. Olze Křiváčkové, Ph.D., Ing. Lubomíru Bodlákovi a ostatním lidem, kteří mi s danou prací pomohli, za pomoc, cenné rady a čas, který mi věnovali.

ANOTACE

Moje práce je zaměřena na změnu v obsahu organického půdního uhlíku a bazických kationtů ve vztahu ke změnám využití území a zemědělskému managementu vybraných zájmových míst Stropnicka.

Za sledované období 2001 a 2007 došlo k výraznému poklesu půdní organické hmoty. K největšímu poklesu došlo v lesním ekosystému ve všech zkoumaných povodích. Na trvalých travních porostech byl také zaznamenán pokles obsahu organického půdního uhlíku, ale bylo to již podstatně méně než v lesích. Na orné půdě se naopak ukazuje mírné zvýšení. Dále bylo sledováno také pH půdního výluhu. Největší změna se ukázala v lesích. Zde došlo k největšímu zvýšení pH na území Paseckého potoka. V ostatních povodích, vyjma Veverského potoka, také došlo ke zvýšení pH. Naopak je tomu na trvalých travních porostech a orné půdě, zde dochází ke snížení pH. V půdní minerální zásobě, zejména bazických půdních kationtů, nedošlo mezi roky 2001 a 2007 k statisticky výrazným posunům. Výjimkou je významný pokles sodíku.

Navrhla jsem kroky vedoucí k setrvalému způsobu hospodaření v zemědělských podhorských oblastech. Doporučila jsem navýšení dodávaných statkových hnojiv do orné půdy, optimalizaci dobytčích jednotek na výměru pastviny a postupný převod lesních společenstev na listnaté případně smíšené porosty podle vegetačních stupňů.

Klíčová slova: půdní organická hmota, bazické kationty, mineralizace, půdní reakce, půdní kvalita.

ANNOTATION

My work targets the change in content of the organic soil karbon and basic cations in relation to changes of area usage and agricultural management of the chosen special – interest places of Stropnicko.

In the monitored period from 2001 till 2007, the soil organic mass markedly fell off. The greatest decline was in the forest ecosystem in all researched basins. Decline of organic soil karbon content was also found on permanent grass growth, but it was much less than in the forests. On the contrary mild improvement turns out on the arable land. Next pH value of soil leach was monitored. The greatest change was shown in the forests. The greatest increase of PH value was at the area of Pasecký potok. In other basins, expected Veverský potok, pH value increased too. On the contrary, there is decline of pH value on the permanent grass growth and arable land. There were not statistically great advancements between 2001 and 2007 in the soil mineral reserve, especially of the basic soil cations. The significant decline of sodium is the exception.

I have suggested steps that lead to the steady way of farming in the agricultural foothills. I have recommended to increase supplied barnyard manure into arable land, the optimalization of cow units for pasture area and the gradation of the forest communities to deciduous, eventually mixed stands, according to the vegetation levels.

Key words: soil organic matter, basic cations, mineralization, soil relation, soil quation.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	6
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	8
2.1. CHARAKTERISTIKA LOKALITY.....	8
2.2. CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŮD A PEDOCHEMIE PRVKŮ.....	14
2.3. SORPČNÍ A IONTOVÝMĚNNÉ SCHOPNOSTI PŮDY.....	14
2.3.1. VÝMĚNA IONTŮ.....	17
2.3.1.1. SORPCE KATIONTŮ.....	18
2.3.1.2. FIXACE KATIONTŮ.....	22
2.3.1.3. SORPCE ANIONTŮ.....	22
2.4. PŮDNÍ REAKCE.....	23
2.5. ORGANICKÝ PODÍL PŮDY.....	24
2.5.1. PŮDNÍ ORGANICKÁ HMOTA.....	25
2.5.1.1. NEHUMIFIKOVANÉ ORGANICKÉ LÁTKY.....	26
2.5.1.2. HUMIFIKOVANÉ ORGANICKÉ LÁTKY.....	26
2.5.2. POCHODY PŘEMĚN ORGANICKÉ HMOTY V PŮDĚ A TVORBA HUMUSU.....	26
2.5.2.1. MINERALIZACE V AEROBNÍCH PODMÍNKÁCH.....	27
2.5.2.2. HUMIFIKACE.....	28
2.5.3. HUMUS A JEHO FRAKČNÍ SLOŽENÍ.....	28
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	32
2.6. POMĚR C:N.....	30
3. METODIKA.....	32
3.1. ODEBÍRÁNÍ PŮDNÍCH VZORKŮ.....	32
3.2. STANOVENÍ OBSAHU ORGANICKÉHO UHLÍKU – ZTRÁTA ŽÍHÁNÍM.....	32
3.3. STANOVENÍ ORGANICKÉHO UHLÍKU POMOCÍ VODNÍHO VÝLUHU.....	33
3.4. STANOVENÍ OBSAHU VÝMĚNNÝCH BAZICKÝCH KATIONTŮ.....	34
4. VÝSLEDKY.....	35
5. DISKUSE.....	44
6. ZÁVĚR.....	46
7. POUŽITÁ LITERATURA.....	47
8. PŘÍLOHY.....	51

1. ÚVOD

Půda je základní, omezený a neobnovitelný zdroj tvorby potravin a je nedílnou součástí přírodního bohatství každé země. Komplexem svých vlastností rozhoduje o výši výnosu a kvalitě sklizených plodin. Z celkového zemědělského půdního fondu České republiky, který zahrnuje 4 280 954 ha, je 3 142 tis. ha orné půdy, 11 tis. ha chmelnic, 15 tis. ha vinic a 50 tis. ha pastvin. Ukazatelem kvality půdního fondu je produkční schopnost půd, která je výsledkem dlouhodobého působení nejen půdně klimatických podmínek, ale i zodpovědného způsobu jejího obhospodařování. Každá půda je složitý otevřený systém, který je úzce spojen s okolním prostředím. Z tohoto důvodu je půda lehce „zničitelným“, ale těžce obnovitelným přírodním zdrojem. Jeden centimetr půdní vrstvy se vytvoří za 80-150 let, ale tato vrstva může být vlivem eroze zničena za několik minut.

Nejdůležitějším znakem půdy je její úrodnost, kterou definujeme jako schopnost půdy zabezpečit na ní rostoucím plodinám optimální podmínky nutné k dosažení stálých a kvalitních sklizní, tj. půda vytváří pěstovaným plodinám vhodné prostředí a zajišťuje jim dostatek živin a vody, nutných k růstu a vývinu rostlin. Vedle toho musí současně udržovat řadu půdních vlastností na takové úrovni, aby byla zajištěna existence podmínek pro život makro- a mikroorganismů. Úrodnost půdy nelze charakterizovat jedinou nebo několika vlastnostmi, ale je to komplex znaků, které se vzájemně ovlivňují. Některé z nich jsou značně proměnlivé (teplota, obsah vody, půdní kyselost, obsah přístupných živin), jiné se mění málo (zrnitostní složení půdy, fyzikální vlastnosti půdy aj.). Řadu půdních vlastností můžeme regulovat vhodně volenými agrotechnickými, hnojařskými a melioračními zásahy, a tím do značné míry působit a ovlivňovat půdní úrodnost.

Na začátku 21. století se stává hodnocení půdní kvality jedním z důležitých předmětů zájmu. Jak narůstá počet obyvatel na Zemi, je nutné, abychom byli schopni půdu, která má pro lidstvo funkci především zdroje potravy, co nejlépe využívat.

Půda je složitý heterogenní systém, kde se spojují fyzikální, chemické a biologické charakteristiky.

Biologická složka půdy je dynamickou půdní součástí. Zahrnuje rostliny, půdní živočichy a půdní mikroorganismy. Půdní mikroorganismy mají v půdě nezastupitelnou funkci. Jsou pevně svázány se svým životním prostředím, a protože úzce interagují s dalšími půdními složkami, jsou na nich závislé, vyvíjí se podle nich a adaptují, odráží tak vlastně

charakter a stav ostatních půdních složek. Jako živý systém, reagují na změny v půdě nejdříve, proto je měření jejich parametrů nejčasnějším indikátorem změn. Pro hodnocení půdní kvality jsou jedním z nejdůležitějších faktorů.

Práce navazuje na výzkumný záměr MSM 6007665806, věcný okruh 1 „Posuzování krajinných funkcí a hospodaření v zemědělské krajině na základě disipace sluneční energie, vodního režimu a kvality vody“.

Cílem práce je postihnout dlouhodobé změny v obsahu půdního organického uhlíku a bazických kationtů ve vztahu k způsobu obhospodařování a land use. Na základě těchto změn se bude usuzovat zda dochází k obohacování nebo ochuzování půdy o živiny. Tyto získané informace nám vypoví o stavu půdní kvality. Na základě zjištěných výsledků navrhnout management směřující k setrvalému způsobu hospodaření v podhorských zemědělských oblastech

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Zájmová oblast se nachází v povodí horního toku řeky Stropnice v jihovýchodní části Novohradského podhůří a okrajově zasahuje do Novohradských hor. Průměrné roční teploty se v závislosti na nadmořské výšce pohybují mezi 6,1 – 7,4°C. (Smrž, 2002).

Stropnice pramení na rakouském území na jihovýchodním úpatí Vysoké (1034 m) ve výšce 780 (uváděno je i 830) m.n.m. a ústí zprava do Malše u Dolní Stropnice ve 410 m.n.m. Podle vodohospodářské mapy je délka toku Stropnice na našem území 55,5 km. Celková plocha je 400,4 km².

Stropnice teče převážně severním směrem, pouze její dolní tok se u Borovan stáčí západním směrem k ústí do Malše. Největší spád má horní úsek po Šejby – více než 70%. Na většině ostatního toku je spád malý a místy dochází k usazování naplavenin v nivě. Mezi Novými Hrady a Byňovem je tok sveden do necitlivě regulovaného koryta. Níže po proudu tvoří Stropnice volné meandry s řadou tůní. Zalesněný horní úsek do Šejb je vystředán širokým údolím s meandry až po přehradu Humenice, pod níž Stropnice protéká hlubokým zalesněným Terčíným údolím.

Nejvýznamnějším přítokem Stropnice je Svinenský potok, dalšími přítoky jsou např. Bedřichovský, Veverský a Pasecký potok. (Matěnová, 2004).

Jako modelové území, na němž je popsána problematika sledována, bylo vybráno povodí řeky Stropnice se závěrečným profilem na říčním km 36. Ve sledované oblasti je zastoupena celá řada krajinných typů, což umožňuje srovnávat mezi sebou povodí s různým způsobem obhospodařování.

Čtyři povodí v této oblasti mají podobnou rozlohu, liší se však způsobem obhospodařování. Jedná se o povodí Paseckého, Váčkového, Bedřichovského a Veverského potoka.

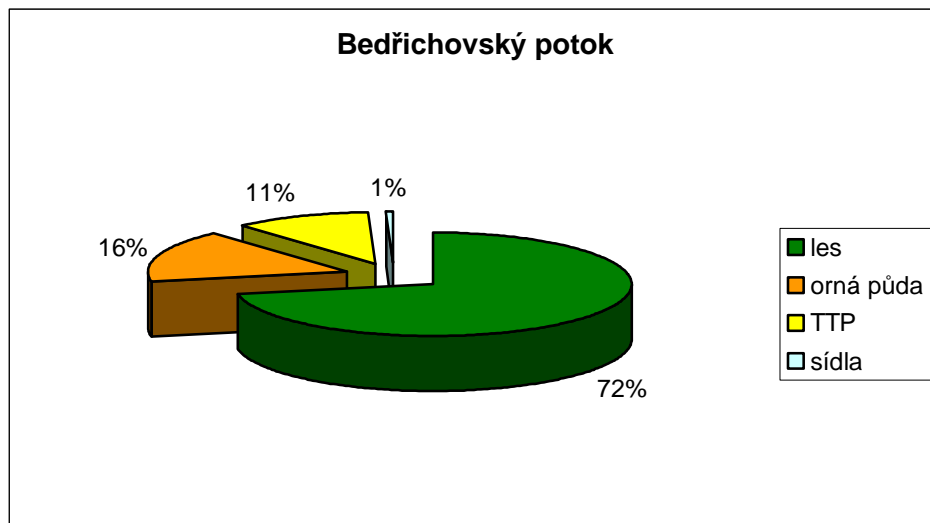
Bedřichovský potok

Povodí Bedřichovského potoka (levostranný přítok Stropnice ústící do vodní nádrže Humenice) je ve své horní části tvořeno lesními společenstvy. Charakter krajiny se výrazně mění od obce Chlupatá Ves, odkud převládá orná půda a trvalé travní porosty (TTP), (Graf číslo 1).

Tabulka číslo 1: Land use Bedřichovského potoka (Hellebrandová, 2002).

celková rozloha [km ²]	les	orná půda	TTP	sídla
4,87	3,5	0,8	0,54	0,03

Graf číslo 1: Zastoupení krajinných typů v povodí Bedřichovského potoka.



Obrázek číslo 1: Povodí Bedřichovského potoka.



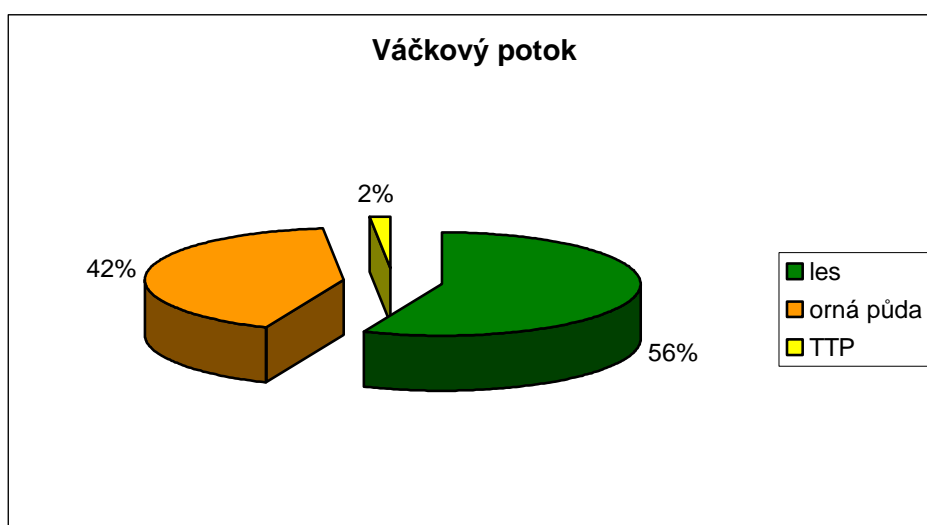
Váčkový potok

V povodí Váčkového potoka (pravostranný přítok Stropnice na říčním km 50,5) je nejvíce zastoupeným vegetačním typem les. Ten se však stejně jako u zbývajících povodí, nachází převážně v jeho horní části, zatímco spodní část povodí je tvořena převážně ornou půdou, s malým zastoupením trvalých travních porostů (Graf číslo 2).

Tabulka číslo 2: Land use Váčkového potoka (Hellebrandová, 2002).

celková rozloha [km ²]	les	orná půda	TTP	sídla
2,34	1,32	0,98	0,04	0

Graf číslo 2: Zastoupení krajinných typů v povodí Váčkového potoka.



Obrázek číslo 2: Povodí Váčkového potoka.



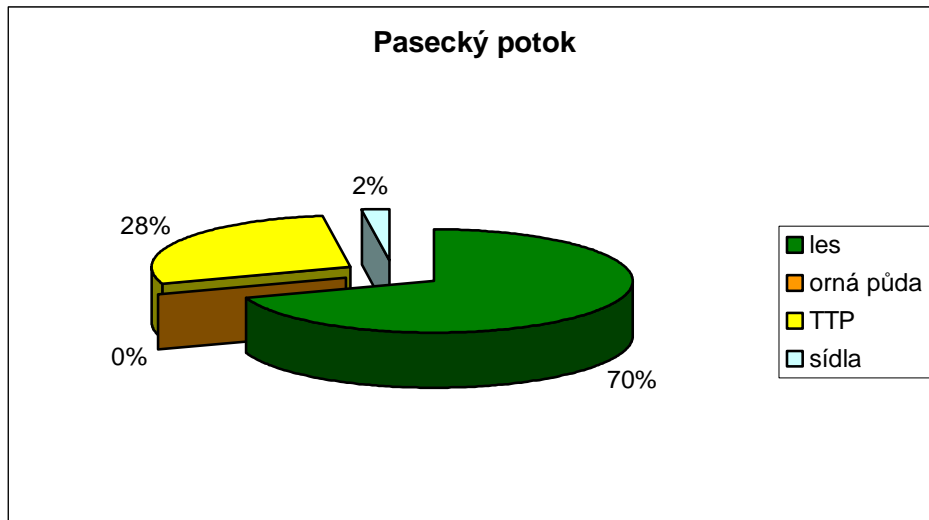
Pasecký potok

Výrazně odlišný charakter má povodí Paseckého potoka (levostranný přítok Stropnice na ř. km 49,6). Hlavním typem povodí je opět les, dolní část území tvoří trvalé travní plochy, orná půda není zastoupena vůbec (Graf číslo 3).

Tabulka číslo 3: Land use Paseckého potoka (Hellebrandová, 2002).

celková rozloha [km ²]	les	orná půda	TTP	sídla
2,62	1,83	0	0,73	0,06

Graf číslo 3: Zastoupení krajinných typů v povodí Paseckého potoka.



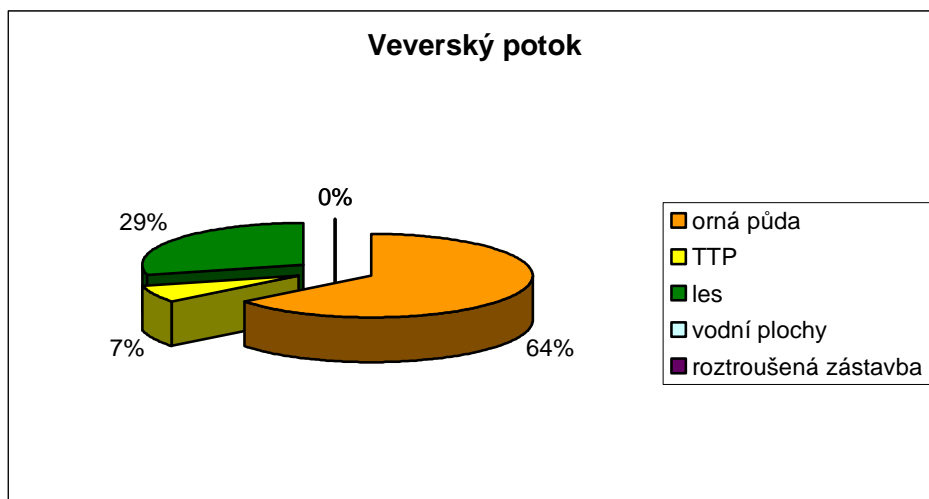
Obrázek číslo 3: Povodí Paseckého potoka.



Veverský potok

V povodí Veverského potoka je nejvíce zastoupena orná půda. Ta zaujímá 64%. Lesy jsou zastoupeny již podstatně méně. Tvoří zhruba 29% z celkové rozlohy povodí. Trvalé travní porosty zaujímají nejmenší část, pouze 7% (Graf číslo 4).

Graf číslo 4: Zastoupení krajinných typů v povodí Veverského potoka.



2.2. CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŮD A PEDOCHEMIE PRVKŮ

Zemská kůra i půda se vyznačuje velmi nevyváženým složením co do zastoupení jednotlivých prvků. Z devadesáti dvou přirozeně se vyskytujících prvků je jich pouze 8 s podílem vyšším jak 1 %, jak vyplývá z následujícího přehledu Elementárního složení půd (Pavel, 1984):

TABULKA č. 4: Elementární složení půd (Pavel, 1984)

Prvek %	O 49,0	Si 33,0	Al 6,7	Fe 3,2	Ca 2,0	Na 1,1	Mg 0,8
Prvek %	K 1,8	Ti 0,5	P 0,08	Mn 0,08	S 0,04	C 1,4	N 0,2

Porovnáme-li s tímto přehledem potřebu prvků pro vegetaci, je zde výrazná odlišnost. Rostliny potřebují 16 nezbytných makro a mikroelementů: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mo, Cl, Mn, Cu, Zn.

Z uvedeného je patrné, že při intenzivním využívání půdy pro produkci rostlin musíme do půdy vracet živiny, které rostliny odebraly a také ty, které v půdě chyběly z důvodu nepříznivého složení původních matečních hornin.

Uhlík, kyslík a vodík dostávají rostliny prostřednictvím vody a CO_2 a ze zbývajících 13-ti mikroelementů jsou v zemské kůře zastoupeny pouze 4 v množství větším jak 1 %. Téměř 90 % zemské kůry je tvořeno prvky, které nejsou z fyziologického hlediska prvořadé (Ledvina, 1997).

Půdy obsahují celkově obrovské množství uhlíku: odhaduje se, že v půdách je v organických látkách (kromě povrchového opadu) vázáno asi 2 400 Pg C ($\text{Pg} = 10^{15}\text{g}$) uhlíku, z čehož asi 2/3 jsou ve vrstvě půdy do hloubky 1 m (Brady, 2002).

2.3. SORPČNÍ A IONTOVÝMĚNNÉ SCHOPNOSTI PŮDY

Pohyb rostlinných živin v půdě je spjat se sorpčními a desorpčními ději na povrchu půdních adsorbentů - převážně minerálních a organických půdních koloidů.

Obecně můžeme sorpci charakterizovat jako schopnost půdy zadržovat (poutat) různé sloučeniny nebo jejich části (molekuly, ionty, což vede ke zvýšení koncentrace poutané látky na sorbentu (látky, která sorbuje). Jak už bylo řečeno, všeobecně převládá názor, že sorpční

schopnost půdy je spojena výlučně s existencí půdních koloidů (koloidním sorpčním komplexem).

Názorné jsou klasické Gedrojcovy představy o půdní sorpci, který podle způsobu zadržování látek v půdě rozeznával tyto druhy sorpce:

- Mechanickou sorpci - uskutečňuje se mechanickým zadržováním hrubě disperzních částic nebo velkých agregátů koloidních částic (hydro- a xerogelů) a sraženin v jemných, zúžených, zakřivených a slepě končících pórech půdy. Spolu s nimi se tak zadržují na nich adsorbované ionty a molekuly. Půda jako pórovitý útvar obsahuje hrubé transportní póry, jimiž se pohybuje voda, unášející rozpuštěné a rozptýlené částice. Ty se při pohybu ukládají a zadržují v rozvětvených adsorpčních pórech, rozvětvených a slepě ukončených.
- Fyzikální sorpci (adsorpci) - souvisí s povrchovými jevy na fázovém rozhraní. Projevuje se zvětšením koncentrace molekul na povrchu pevné fáze a jejím poklesem v půdním roztoku. Při fyzikální adsorpci klesá volná povrchová energie v systému jako důsledek buď změny povrchového napětí, při adsorpci povrchově aktivních látek, nebo zmenšení celkové povrchové plochy. Druhý případ je znám jako adsorpce molekul při koagulaci koloidů.
- Fyzikálně chemickou (výměnnou sorpci), které Gedrojc přikládal největší význam, se projevuje výměnnou adsorbovaných kationtů okolního půdního roztoku v ekvivalentním poměru.

Výměnnou sorpci kationtů připsal Gedrojc sorpčnímu komplexu půdy, složenému z minerální části (alumosilikátů) a organické části (organominerální sloučeniny). Energie výměny kationtů je přímo úměrná jejich valenci a u kationtů stejné valence jejich atomové hmotnosti.

- Chemickou sorpci (adsorpci) - zadržuje ireverzibilně v půdě ty ionty, jež za daných podmínek vytvářejí málo rozpustné sloučeniny, často sraženiny, precipitáty. Ty jsou pak zadržovány mechanicky pevnou fází v adsorpčních pórech a stávají se její součástí. Chemickým principem, ovládajícím tento typ sorpce, je produkt

rozpuštěnosti vznikající sloučeniny. Čím nižší je produkt rozpuštěnosti, tím stájeji je adsorbát půdou zadržán.

- Biologickou sorpci - projevuje se adsorpcí, přijímáním rozpuštěných látek z půdního roztoku zelenými rostlinami a půdními mikroorganismy. Význam biologické sorpce v půdě zdůraznil Viljams, jenž poukázal na dva její specifické rysy: je to jednak sorpce selektivní, výběrová, protože organismy adsorbují ty prvky, které potřebují ke svému životu, dále pak sorpce dynamická a pevná. Minerální látky a dusík jsou organismy syntetizovány do organických sloučenin jejich těl. Takový způsob vazby je dokonale chrání před rozpouštěním ve vodě; po mineralizaci odumřelých organismů jsou pak znovu přístupny organismům novým.

Půdní koloidy jako amfoterní polární adsorbenty obsahují na svém povrchu záporné i kladné náboje, jež vytvářejí konstituční elektrickou dvojvrstvu. Záporné náboje převládají nad kladnými, takže celkový výsledný náboj je záporný - výměně se adsorbují převážně kationty.

Zdroji záporných nábojů jsou jednak izomorfní substituce (záměny) iontů v krystalových mřížkách jílových minerálů (Al za Si v tetraedrech, Mg^{II} , Fe^{II} za Al^{III} v oktaedrech), jednak disociace H^+ iontů silanolových skupin (Si -OH), jež se vytvářejí přerušáním kontinuity krystalových mřížek jílových minerálů na jejich hranách a rozích, což je spojeno s hydroxylací (hydroxylace je adsorpce H^+ a OH^- iontů). K celkovému zápornému náboji dále přispívá disociace H^+ iontu z minerálních (kyselina křemičitá) i organických kyselin (humínové kyseliny, uronové kyseliny, alifatické i aromatické karbonové kyseliny).

Zdroji kladných nábojů jsou jednak hydratované oxidy (Al, Fe, Mn), jednak Al-oktaedry krystalových mřížek alumosilikátů, které ve styku s roztokem na hranách a rozích krystalů adsorbují H^+ iont a nabíjejí se kladně.

Celkový počet nábojů na jednotku povrchové plochy je hustota povrchového náboje půdních adsorbentů určují celkovou schopnost půdy vyměňovat kationty, tedy velikost hodnoty T, výměnné kapacity půdy pro kationty. (Ledvina, 1997).

2.3.1. Výměna iontů

Iontová výměna je reversibilní proces, při kterém jsou kationty a anionty vyměňovány mezi pevnou a kapalnou fází a nebo mezi pevnými fázemi, jsou-li v těsném kontaktu (Valla, 2000).

Výměna iontů je nejpolarnější adsorpcí, je zcela neekvivalentní, protože se adsorbují jen kationty nebo jen anionty. Uskutečňuje se tak, že iont adsorbovaný z roztoku je nahrazen iontem z adsorbentu, aby se zachovala elektroneutralita systému. Ionty se přitom musí vyměňovat v ekvivalentním poměru. Protože zde jde o iontové vazby, je výměna iontů vlastně koloidně-chemickou obdobou podvojného rozkladu solí. Kationty nebo anionty jsou tedy poutány acidoidy, respektive bazoidy, podobně jako v solích kyselin, respektive zásad.

Výměna iontů se řídí stejnými pravidly jako jiné druhy adsorpce, má však přece určité odlišnosti. Často dochází ke vzniku nerozpustných sloučenin, takže výměna iontů bývá komplikována chemisorpcí.

Výměny se zúčastňují ionty vnější části elektrické dvojvrstvy; výměna opět závisí na valenci prvku a jeho hydrataci (lyotropních vlastnostech), pokud ovšem neprobíhá chemisorpce. Chemosorpce porušuje rovnováhu a mění pořadí iontů.

Typickým příkladem této sorpce je výměna iontů půdními jílovými minerály nebo jejich organominerálním povrchovým komplexem. Děje se v ekvivalentním poměru mezi adsorbovanými ionty a ionty v půdním roztoku. Přes iontový charakter vazeb nemá čistě chemický ráz, protože se adsorbují i vedlejší ionty a rozpouštědlo (Pavel, 1984).

Důležitým faktorem ovlivňujícím příjem iontů je koncentrace a aktivita iontů v půdním roztoku. Čím je vyšší obsah iontů v roztoku, tím menší vzdálenost musí rostoucí kořen překonat, aby se vytvořily podmínky pro jeho povrchovou sorpci. Tak iont K^+ má obal tvořený čtyřmi molekulami vody; Mg^{2+} dokonce čtrnácti. S narůstajícím hydratačním průměrem iontů se zvyšuje i jejich hydratační energie. Touto energií rozumíme energii, kterou se molekuly vody váží na povrch iontů (Richter, 2004).

U půd nenarušených přirozeným vnějším elektrickým polem hovoříme o sorpčních kapacitách půd a iontových výměnných reakcích mezi půdním roztokem a povrchem půdních koloidů. Tyto patří k nejdůležitějším půdním vlastnostem a mají hlavní význam pro pochody výživy rostlin. Při genetických půdních procesech ovlivňují řadu důležitých vlastností půd. Hovoříme zde o acidoidech (záporný náboj), bazoidech (kladný náboj) a tzv.

amfoterních koloidech, které se v závislosti na hodnotě pH půdního prostředí chovají buď jako acidoidy nebo bazoidy. Dále také hovoříme o kationtové výměnné kapacitě a stálém nebo proměnlivém náboji půdního prostředí. V půdě dochází k výměně kationtů a výměnné adsorpci aniontů. Probíhají zde rovněž půdní elektrochemické reakce podmíněné výskytem volně disociovaných vodíkových iontů, případně iontů hliníku, železa a manganu. Elektrochemické reakce probíhají karbonizací půdního roztoku, odběrem kationtových živin rostlinami, oxidací NH_3 a NH_4 , tvorbou organických kyselin a vstupem kyselých imisí z atmosféry. Půdní kyselost pH je variabilní jak v rámci půdního profilu (půdní horizonty), tak v rámci určitého časového úseku a rovněž v rámci plošného rozložení u téže půdní vrstvy.

Ionty jednotlivých látek u biosystémů nemají stejnou permeabilitu. Srovnány podle klesající permeability tvoří lyotropické řady:

Kationtová NH_4^+ - K^+ - Li^+ - Mg^{2+} - Ba^{2+} - Ca^{2+} - Al^{3+}

Aniontová I^- - Br^- - NO_3^- - Cl^- - SO_4^{2-} - PO_4^{3-}

Prvky těchto řad, které málo pronikají následkem antagonismů iontů, uzavírají cestu prvkům pronikavějším (Šoch, Kudlík, 2008).

2.3.1.1. Sorpce kationtů

K výměnné sorpci kationtů dochází mezi půdním roztokem a iontovou dvojvrstvou fázového rozhraní minerálních a organických půdních koloidů vyvolaných difúzními ději. Její intenzita závisí na vlastnostech sorbentů, hodnotě pH půdního roztoku, koncentraci iontů a iontové síle, teplotě půdy, stupně hydratace iontů aj. Z minerálního podílu půdy jsou to hlavně jílové minerály, které se vyznačují touto schopností.

U kaolinitů jsou těžištěm výměnné sorpce kationtů prakticky pouze volné valence kyslíku v místech přerušených vrstev mezi sousedními tetraedry. Podobný způsob výměnné sorpce kationtů je znám u většiny jílových minerálů (Richter, 2004).

Obecně dochází k neustálému pohybu iontů mezi půdním roztokem a adsorpční dvojvrstvou, kdy v rovnovážném stavu je pohyb těchto iontů oběma směry vyrovnaný⁽¹⁾.

Výměna kationtů je důsledkem negativního elektrického náboje koloidních jílových a humusových částic půdní hmoty. Existují dvě hlavní složky záporného náboje-konstantní

(permanentní) náboj a variabilní, na pH závislý náboj. Permanentní náboj je způsoben isomorfní substitucí v krystalové mřížce jílových minerálů, a to zejména substitucí Al^{3+} za Si^{4+} ve vrstvě tetraedrů a Mg^{2+} nebo Fe^{2+} za Al^{3+} ve vrstvě oktaedrů.

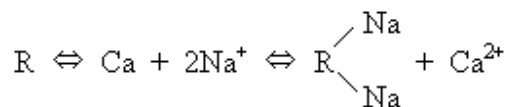
Variabilní náboj vzniká u pH závislého na disociaci hydroxylových skupin:

- v silanových skupinách na povrchu alumosilikátů nebo hranách krystalů vrstevnatých silikátů
- z fenolů a karboxylových skupin (v organické hmotě) (Horáček, 1994).

Výměna kationtů přímo závisí na zastoupení koloidně disperzních částic v půdě. Při výměně kationtů mezi půdním roztokem a sorpčním půdním komplexem dochází za určitých podmínek k rovnovážnému stavu. Změnou složení a koncentrace prvků v půdním roztoku (vlivem hnojení, závlahy, mineralizací organických hnojiv aj.) se rovnovážný stav narušuje. K obnovení rovnovážného stavu přecházejí kationty z půdního roztoku do sorpčního komplexu a opačně.

Výměna kationtů probíhá mezi jednovalentními a vícevalentními ionty. K výměně kationtů dochází o stejné valenci (K^+ - NH_4^+ , Ca^{2+} - Mg^{2+}) nebo o různé valenci (Ca^{2+} - K^+ , Mg^{2+} - NH_4^+ aj.).

Jestliže výměna probíhá mezi kationty o stejné valenci, platí, že při dosažení rovnovážného stavu, je vzájemný poměr adsorbovaných kationtů proporcionální jejich vzájemnému poměru v půdním roztoku a nezávisí na jejich koncentraci. Pokud dochází k výměně mezi kationty o různé valenci, jsou vztahy složitější a uplatňuje se výrazně iontová síla půdního roztoku. Výměna kationtů se řídí zákonem o působení hmoty, který lze vyjádřit pro výměnu:



Dále platí zásada, že intenzivněji jsou adsorbovány ionty o vyšší valenci. Intenzita adsorbce kationtů o stejné valenci závisí na jejich hydratačním obalu. Hydratační obal je tím větší, čím menší je velikost iontů.

TABULKA č. 5: Poloměry některých iontů v mm (Richter, 2004).

Poloměr iontů	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Si ⁴⁺	H ⁺
nehydratovaný	0,060	0,095	0,133	0,143	0,065	0,075	0,099	0,050	0,060	0,041	0,035
hydratovaný	-	0,38	0,26	0,27	0,32	-	0,28	-	-	-	0,135

- nejsou uvedeny v literatuře

Ionty s malým poloměrem přitahují velké množství dipólů vody a mají tedy větší obal než ionty s velkými poloměry. Proto hydratované ionty stejného mocenství jsou slaběji adsorbovány (lyotropní řada):



Hydratovanější ionty jsou lépe z výměnného sorpčního komplexu vytěsněny, poněvadž jsou slaběji poutány. Výjimkou je H⁺, který s H₂O tvoří H₃O⁺ o poloměru 0,135, proto je H⁺ adsorbován silněji než většina jednomocných a dvojmocných kationtů.

Uvedené poznatky mají značný praktický význam. Při dostatku vláhy v půdě (jaro, podzim) půda intenzivněji adsorbuje dvojmocné kationty a adsorbce jednomocných kationtů se snižuje. Do půdního roztoku přechází K⁺, NH₄⁺, Na⁺. Při vysychání půdy je tomu naopak (Richter,2004).

Výměnná sorpce kationtů je závislá na pH půdního roztoku. Při stoupající hodnotě pH záporný náboj roste a kladný klesá při současném zvyšování maximální sorpční kapacity. Difúze kationtů a elektrostatické přitažlivé síly vyvolávají jejich neustálý pohyb z roztoku do iontové dvojvrstvy ve fázovém rozhraní a opačně. Při rovnovážném stavu je počet iontů pohybujících se oběma směry ekvivalentní, adsorbce kationtů je tedy v rovnováze s jejich desorpcí. Výměna kationtů se řídí zákonem o působení hmoty.

Adsorbce kationtů má selektivní povahu, což vyplývá z postavení adsorbovaného iontu v lyotropní řadě nebo z nerovnoměrného Donnanova rozdělení iontů především podle jejich valence a aktivity. Selektivita vyplývá také z hustoty povrchového náboje, s růstem výměnné kapacity se zvyšuje adsorbce vícemocných kationtů, důležitý je i rozměr iontu. Kationt, který přesně vyplní volný prostor na povrchu adsorbentu, je adsorbován přednostně (Jurča, 1984).

Hlavními výměnnými kationty v půdách humidního klimatu mírného pásma jsou Ca, Mg, H a Al. Tyto jsou provázeny v menší míře ionty K, Na, Mn, Fe a dalšími ve stopových množstvích.

V orných půdách převažuje vápník, jehož bývá přes 50% sumy všech výměnných kationtů. Hořčíku je zpravidla méně; poměr výměnných Ca:Mg se pohybuje průměrně kolem 4. Při silném vyluhování půd klesá rychleji obsah Ca-v souladu s Donnanovým rozdělením-takže Mg může nad ním i převládnout. V lesních půdách je vápníku méně, někdy i pod 10% sumy výměnných kationtů; převládajícími výměnnými kationty jsou pak vodík a hliník.

V půdách aridního klimatu přistupuje k hlavním výměnným kationtům ještě sodík, jenž může i převládnout. Jeho obsah nad 5% sumy výměnných kationtů ukazuje na solonizaci půd; v soloncích je přes 20-25%(Pavel, 1984).

Ukazatele kationtové výměny

- *Obsah výměnných bází – S (mval /100g)*
množství bází, které je právě sorpčním komplexem poutáno,
mění se během roku změnami vlhkosti půdy a hnojením
- *Kationtová výměnná kapacita – T nebo KVK (val/100g)*
největší množství bází, které je půdní sorpční komplex schopen poutat,
zvyšuje se s vyšším podílem humusových koloidů v jádru sorpčního komplexu
- *Stupeň sorpční nasycenosti půdy V (%)*
poměr okamžitého obsahu výměnných bází k maximálnímu možnému obsahu
 $V = S * 100 / T$
- *Poměr kationtů*
optimální **Mg : Ca 1 : 4 až 1 : 6**
(v našich půdách nejčastěji 1 : 10 a větší).
obsah Mg by neměl přesáhnout 15-20 % z T⁽¹⁾.

TABULKA č. 6: Orientační posuzování jednotlivých výměnných kationtů (Pokorný, 2003).

Obsah výměnného kationu	V%T			
	Ca	Mg	K	Na
Vysoký	80	15	5	5
Střední	50	15	5	5
Nízký	50	8	2	2
Optimální pro úrodnost půdy	V mmol/0,1 kg			
	10	3	0,3	0,2

2.3.1.2. Fixace kationtů

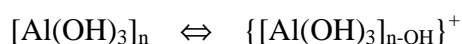
Ionty některých živin (NH_4^+ , K^+) mohou být v půdě sorbovány pevněji než-li výměnnou sorpcí, tzv. fixací. Je to ireverzibilní (nevratná) adsorpce kationtů některými složkami půdy. Fixaci podléhají ty ionty, které se vejdou (za sucha bez hydratačního obalu) do šestiúhelníkové dutiny mezi atomy kyslíku sousedící se šesti Si-tetraedry v krystalové mřížce vrstevných alumosilikátů a dále do mezivrstevných prostorů. Průměr dutiny je 0,28 nm. Z kationtů to jsou K^+ , NH_4^+ , H_3O^+ , Rb^+ , Ba^{2+} , jejichž průměry jsou mezi 0,266-0,296 nm. Hydratace zvětšuje rozměr iontů a proto při vysychání bývá fixace větší.

Z půdního roztoku jsou nejvíce fixovány NH_4^+ a K^+ ionty. Schopností fixovat kationty se vyznačují hlavně illity, montmorillonity, vermiculit. Fixované kationty mohou být rostlinami využívány. Zvláště fixovaný NH_4^+ z hnojiv je opět během vegetace postupně rostlinami využíván (až do 75-80%) (Richter, 2004).

2.3.1.3. Sorpce aniontů

V našich půdách probíhá v omezené míře. Je umožněna hlavně vznikem kladných nábojů na organických i minerálních koloidech v kyselém prostředí, kdy dochází k disociaci některých funkčních skupin (např. OH^-) a vzniklý kladný náboj koloidu může být neutralizován záporným nábojem iontu z půdního roztoku (např. H_2PO_4^-).

Rovněž některé amorfny gely a sraženiny v půdě vykazují určitou schopnost výměnné sorpce aniontů.



neutrální struktura struktura s jedním kladným nábojem

schopným vázat záporný náboj aniontu

Vzhledem k relativně nízkému obsahu kladných nábojů v půdě je schopnost výměnné sorpce anionů, zvláště v neutrálních půdách, malá a pohybuje se v rozpětí 1-5% (Richter, 2004).

Výměnná sorpce aniontů je spojena s přítomností bazoidů s kladným nábojem, vzrůstá s kyselostí půdy v souvislosti se zvyšováním pozitivního náboje bazoidů, zvláště půdních sesquioxidů.

Od povrchu negativně nabitých částic jsou anionty odpuzovány, negativní adsorpce iontů, což vede ke ztrátám aniontů vyplavováním (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-)⁽¹⁾.

Anionty mohou být vázány výměně půdou obdobně jako kationty. Odlišnosti se dají shrnout následovně:

- Aniontová adsorpční kapacita je obecně značně menší než kationtová (1-5%). Je to způsobeno převahou záporného náboje u půdních koloidů.
- Aniontová adsorpční kapacita je obecně silně závislá na pH a koncentraci solí.
- Jsou-li přítomny různé anionty, uplatňuje se při sorpci ve větším měřítku výběrovost ($\text{SiO}_3^{2-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$) (Horáček, 1994).

2.4. PŮDNÍ REAKCE

Reakce půdy patří k nejvýznamnějším charakteristikám půdy. Na tom, je-li půda kyselá, neutrální nebo alkalická, závisí např. rozpustnost různých sloučenin, síla vazby výměnných iontů, aktivita mikroorganismů apod.

Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů. Ty se ve vodných roztocích spojují s molekulou vody a tvoří s ní ionty H_3O^+ (hydroxoniové nebo oxoniové). Půdní reakce se udává buď v jednotkách pH nebo v meq.100 g⁻¹ zeminy. Přímo z jednotek pH není možno usuzovat na celkovou aciditu (kyselost) nebo bazitu (alkalitu) půdy, je nutno znát i sorpční kapacitu.

Ve vodných roztocích je podle Sørenseny definováno pH jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových (hydroxoniových) iontů.

$$\text{pH} = - \log. a \text{H}_3\text{O}^+$$

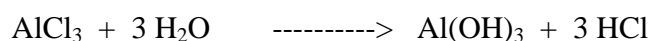
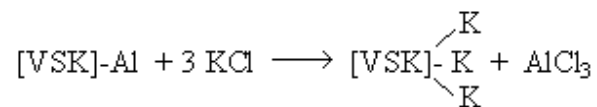
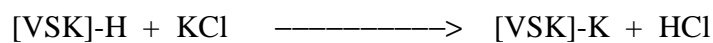
Vodný roztok je kyselý, jestliže obsahuje více iontů H_3O^+ než OH^- , v opačném případě je zásaditý.

Vodíkové ionty mohou být volné (rozpuštěny) v půdním roztoku, a pak udávají aktivní kyselost (pH H_2O), nebo výměnně sorbovány půdními kooidy a tvoří potenciální reakci, dělí se na výměnnou (pH KCl) a hydrolytickou (meq H^+ ve 100 g jemnozeme).

V půdním roztoku rozpuštěné kyseliny a koloidní acidoidy uvolňují vodíkové ionty (dissociace); rozpuštěné zásady (báze) a koloidní bazoidy se s nimi slučují (asociace). Je tedy reakce půdy dána rovnovážným stavem mezi dissociací a asociací H^+ iontů (Ledvina, 1997).

Aktivní kyselost je dána koncentrací iontů H^+ v půdním roztoku. Je tvořena minerálními a organickými kyselinami půdního roztoku, hydrolyticky kyselými hnojivy a kyselými spady. Má bezprostřední vliv na příjem živin rostlinami. Stanovuje se ve výluhu půdy vodou.

Výměnná kyselost je způsobena adsorbovanými H^+ a Al^{3+} (příp. Fe) ionty, které se vyměňují za bazické ionty roztokem neutrální soli KCl (CaCl_2).



Výměnné kyselosti se využívá ke stanovení potřeby vápnění. Pro potřeby KÚP se půdy rozdělují v závislosti na půdním druhu na silně kyselé, kyselé, slabě kyselé, neutrální a zásadité (Richter, 2004).

Ve srovnání s aktivní kyselostí dosahuje výměnná kyselost nižších hodnot pH, neboť spolu s volnými ionty H^+ z půdního roztoku se stanoví i H^+ vázané sorpčním komplexem (Ledvina, 1997).

2.5. ORGANICKÝ PODÍL PŮDY

Organický podíl půdy zahrnuje jednak živou složku (půdní organismy - edafon), patřící do říše rostlinné i živočišné, jednak složku neživou (půdní organická hmota),

zastoupenou odumřelými organismy a produkty transformace organických zbytků. Jedná se o podíl, který je ve srovnání s minerální částí půdy méně zastoupen. Jeho vliv na půdní vlastnosti je však velmi výrazný. Je to dáno tím, že představuje velmi dynamickou součást půdy, ve které dochází k rychlým (ve srovnání s minerálním podílem) přeměnám energie, což se nutně promítá do ovlivňování půdních vlastností včetně úrodnosti (Ledvina, 1997).

Organický podíl je důležitou složkou půdy ovlivňující významně její úrodnost. Je tvořen jednak živou složkou (půdní mikroorganismy), jednak složkou neživou (organické látky) vzniklou po odumření rostlin a živočichů (Richter, 2004).

2.5.1. Půdní organická hmota

Pod pojmem půdní organická hmota rozumíme soubor všech neživých organických látek, nacházejících se v půdě či na jejím povrchu. I když nemá kvantitativní převahu nad částí minerální, má rozhodující vliv na půdní vlastnosti a tím i na půdní úrodnost. Tuto skutečnost si lidé ode dávna uvědomují a věnují jí neustálou pozornost jak v oblasti zemědělské praxe, tak i v oblasti výzkumu. Zásoby uhlíku, obsažené v půdní organické hmotě jsou vyšší, než množství tohoto prvku v ostatních zdrojích nad pevným zemským povrchem dohromady (Ledvina, 1997).

Organické látky v půdě tvoří veškerý spalitelný podíl půdy, který můžeme rozdělit na látky:

- nehumifikované,
- přechodné,
- humifikované.

Půdní organická hmota (SOM - soil organic matter) se také rozděluje na aktivní, tj. velmi lehce půdními mikroorganismy metabolizovatelnou organickou hmotu, na pomalu rozložitelnou organickou hmotu a na pasivní, velmi pomalu rozložitelnou organickou hmotu. Jednotlivé složky mají typický poměr C:N. Mikrobiálními i chemickými procesy jsou organické látky přeměňovány z jedné formy na jinou. Všechny přeměny organických látek v půdě doprovází uvolňování (ztráty) uhlíku ve formě CO₂ a někdy methanu. Celkově se takto ve formě plynů uvolní přibližně 2/3 uhlíku z rozkládaného materiálu viz obrázek číslo 10 (Brady, 2002).

5.2.1.1. Nehumifikované organické látky

Organické látky nehumifikované představují v půdě většinou pouze 10-15% z celkového organického podílu půdy. Jsou tvořeny odumřelými, nerozloženými nebo polorozloženými zbytky rostlin, organických hnojiv, zoedafonem a mikroedafonem. Uvedené látky jsou postupně v anaerobních podmínkách rozkládány až na konečné produkty mineralizace (CO_2 , NH_3 , H_2PO_4^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ aj.), které slouží jako zdroj výživy rostlin i mikroorganismů (živný humus). Mineralizací se uvolňuje značné množství energie nezbytné k zajištění energetického metabolismu půdních mikroorganismů. Současně uvolněné živiny slouží jako zdroj výživy pro rostliny i půdní mikroflóru. Tyto procesy jsou v podstatě základem biologické činnosti půdy.

2.5.1.2. Humifikované organické látky

Veškeré množství organických látek se však v půdě úplně nemineralizuje, až na jednoduché produkty. Současně dochází také ke tvorbě stabilnějších organických látek většinou aromatické povahy (humifikace) a dále k produkci a tvorbě energeticky bohatých sloučenin v důsledku umifikace (rašelinění) a karbonizace (uhelnatění) převážně za anaerobních podmínek.

Syntetická povaha humifikace, která probíhá při anaerobióze, vyplývá ze skutečnosti, že humusové látky mají podstatně komplikovanější stavbu a vyšší molekulární hmotnost než výchozí humusotvorný materiál. Humus tedy zahrnuje půdní organické látky, které prošly humifikačními procesy. Výsledné produkty humifikace označujeme jako humusové látky (humus pravý nebo vlastní), mezi které řadíme: humínové kyseliny včetně hymatomelanové kyseliny, fulvokyseliny, huminy a humusové uhlí. (Richter, 2004).

2.5.2. Pochody přeměn organické hmoty v půdě a tvorba humusu

Odumřelé organické látky, které se dostávají do styku s půdou, podléhají kvantitativně odlišným přeměnám. Charakter těchto přeměn, doba nutná na kompletní transformaci organických zbytků i povaha výsledných produktů, závisí na jejich původu a prostředí, v němž tyto pochody probíhají. Dochází jednak k rozkladu na výchozí anorganické složky s uvolňováním energie (mineralizace), jednak k vytváření složitějších a

stabilnějších organických látek většinou aromatické povahy (humifikace) a konečně k produkci a hromadění energeticky bohatých sloučenin (ulmifikace, karbonizace). Posledně jmenované pochody jsou vázány pouze na extrémní podmínky, nejsou tedy tak časté.

2.5.2.1. Mineralizace v aerobních podmínkách

Mineralizaci podléhá přes polovinu humusotvorného materiálu (koeficient mineralizace se udává 0,50-85). Dochází k rozkladu humusotvorného materiálu přes řadu meziproductů až na základní minerální sloučeniny (CO_2 , H_2O , NH_3 , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} aj.). Podílejí se na ni zejména nesporulující bakterie. K rychlé mineralizaci dochází za aerobních podmínek, je proto velmi intenzivní v půdách na zrnitostně lehkých substrátech s vysokým zastoupením nekapilárních pórů.

Vlastní mineralizace záleží i na pH, při kterém proces probíhá. V neutrálním až mírně alkalickém prostředí jsou půdy většinou biologicky vysoce aktivní a mineralizace může probíhat rychle. Jiná situace nastane v prostředí kyselém, kde může probíhat zejména činnost hub, a bude daleko pomalejší. Tato omezená mineralizace podmiňuje hromadění povrchového humusu v jehličnatých lesích (Ledvina, 1997).

Oxid uhličitý, vznikající při mineralizaci organických látek v půdě, proniká zčásti i nad půdní povrch, kde zvyšuje koncentraci CO_2 v troposféře a může být ve značné míře asimilován rostlinami. Vedle toho CO_2 s vodou tvoří kyselinu uhličitou, která spolu s kyselinami vznikajícími v procesu destrukce organické hmoty, se podílí na rozpouštění některých ve vodě nerozpustných sloučenin do forem přijatelných pro rostliny. V průběhu mineralizace organických látek vzniká v půdě i řada dalších biologicky aktivních látek důležitých pro vyšší rostliny.

Intenzita mineralizace organických látek v půdě může být značně rozdílná. Závisí především od vlastností výchozího materiálu, jeho množství v půdě, od teploty, vlhkosti, reakce prostředí (pH), obsahu N látek v půdě aj. Uvolněné živiny z organických látek mohou být za příznivých podmínek vyšším rostlinám k dispozici v poměrně krátké době.

V podmínkách ČR se roční potřeba organických látek v půdě vlivem jejich mineralizace pohybuje v rozmezí 4-4,5 t.ha⁻¹. Tento úbytek je z 50-60% uhrazen posklizňovými zbytky pěstovaných plodin a zbývajících 40-50% je třeba doplnit organickým

hnojením. Při vyrovnané bilanci organických látek v půdě se zvyšuje mikrobiální aktivita půd, jejímž produktem je nově vytvářená organická hmota. Ta na biologicky činných půdách může dosahovat 3-5 t nově vytvořených organických látek za rok, které po rozkladu (mineralizaci) zajišťují pěstovaným plodinám živiny (Richter, 2004)

Z organické látky po vnesení do půdy se přibližně 2/3 veškerého uhlíku mineralizuje a uvolňuje ve formě CO₂, několik procent je imobilizováno v biomase půdních organismů a zbytek tvoří různé organické látky, částečně přeměněné na humus viz obrázek číslo 11 v příloze (Brady, 2002).

Rozklad organických látek samozřejmě není výlučně procesem přeměn uhlíku a procesem tvorby CO₂ a CH₄. Při rozkladu organických látek vzniká (a dále se mnohdy nerozkládá) i řada jednodušších organických sloučenin a také se uvolňuje mnoho živin pro rostliny i mikroorganismy: dusík (zejména ve formě NH₄⁺), síra, fosfor, kationty Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ aj. Minerální látky uvolňované při rozkladu organických látek jsou buď bezprostředně využívány mikroorganismy a rostlinami jako živiny, nebo se adsorbují na půdních koloidech, odkud mohou být později opět uvolněny a využity jako živiny, nebo tvoří nerozpustné minerální sloučeniny, či se z půdy vyplavují (Šimek, 2003).

2.5.2.2. Humifikace

Vlastní náplň pojmu humifikace je možné na podkladě současných, mnohdy ne zcela shodných názorů, zobecnit takto: je to složitý, většinou biochemický proces, zahrnující různé způsoby přeměn organických zbytků, který vede k tvorbě a akumulaci humusu.

Výstižnou definici humifikace podává Valla (1984): „Humifikace je pochod, při němž se postupnými transformacemi humusotvorného materiálu (biodegradace, biosyntéza, rozklad, resyntéza, kondenzace, polymerace) vytváří v půdě specifické, dusík obsahující látky, tmavě zbarvené, převážně koloidního charakteru, s více či méně vyjádřeným aromatickým jádrem, s vysokou molekulovou hmotností, s charakterem polyelektrolytu, s převahou kyselých funkčních skupin, které nazýváme humusem.

2.5.3. Humus a jeho frakční složení

Humus zahrnuje součásti půdní organické hmoty, které prošly humifikačními pochody. Při jeho klasifikaci lze vzít v úvahu stupeň disperze, reakci a sorpční nasycenost,

vztah k minerálnímu podílu aj. Výsledné produkty humifikace lze označit jako humusové látky, mezi které patří fulvokyseliny, huminové kyseliny, hymatomelanové kyseliny a huminy. K humusu lze zařadit i bitumeny, které zčásti patří i k látkám nehumusovým (meziprodukty rozkladu). Mezi nehumusové látky patří sacharidy (cukry, celulóza, hemicelulóza), pektiny, bílkoviny, peptidy, aminokyseliny, keratin, ligniny, třísloviny, tuky, vosky, oleje, organická barviva, různé organické kyseliny aj. (Ledvina, 1997).

Humínové kyseliny (HK) tvoří nejkvalitnější složku humusových látek. Základní složkou HK je aromatické jádro fenolického nebo chinoidního typu s vazbou na cyklické a alifatické dusíkaté sloučeniny. Maximální sorpční kapacita je v rozmezí 350-500(700) mmol.0,1kg⁻¹ HK. V rozpustném stavu se srážejí s Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Al³⁺. Dusíku obsahují v průměru 3,6-4,8%, a to ve formě aminové, amoniakální a N heterocyklů. V půdách mají HK pozitivní úlohu při tvorbě drobtovité struktury, sorpčního komplexu a ve změnách chemismu.

Fulvokyseliny (FK) se oproti HK vyznačují větším počtem bočních, lineárních řetězců a menším počtem aromatických jader. V důsledku toho jsou i snadněji hydrolyzovatelné než HK. Mají povahu aniontů a jsou hydrofilní. Kyselé skupiny podmiňují vysokou výměnou kationtovou sorpci (až 700 mmol.0,1kg⁻¹ FK). Jejich soli s Ca²⁺, Mg²⁺ a Fe²⁺, ale i řadou těžkých kovů, jsou dobře rozpustné ve vodě. Pouze fulváty Al³⁺ a Fe³⁺ jsou při neutrální a alkalické reakci vodostálé. FK jsou vlivem silně kyselého pH (2,6-2,8) a dobré rozpustnosti v půdním roztoku velmi agresivní na minerální podíl půd. Obsah dusíku je značně pohyblivý (1,2-4,1%). FK jsou charakteristické pro půdy kyselé.

Huminy a humusové uhlí (H a HU) jsou podle některých autorů v podstatě HK pevně vázané na minerální podíl půdy, podle jiných pramenů se jedná o silně karbonizovanou organickou hmotu charakterizovanou jako nerozpustné HK. H a HU vykazují vysoký stupeň kondenzace a polymerace, nehydrolyzují a podle Najmra ztratily funkci pravého humusu. Dusík H a HU obsahuje 20-30% z veškerého N v půdě.

Obsah humusu vlastního je hodnotou relativně stálou v půdně klimatických podmínkách dané oblasti. Dekompozici vlastního humusu umožňují v podstatě stejné faktory jako u humusu živného, avšak s ohledem na jeho složení procesy probíhají velmi pozvolně. Bylo prokázáno, že uhlík v HK je starý 750 let, ve FK 420 let a v huminech 2400 let (Richter, 2004).

Klasickým kritériem pro dělení humusových látek je jejich nerozpustnost v NaOH (humin) a následná rozpustnost (fulvokyseliny) nebo nerozpustnost – vysrážení (humnové kyseliny) v silné kyselině viz obrázek číslo 12 v příloze (Brady, 2002).

Humus má význam pro úrodnost půdy z důvodu pozitivního vlivu na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd. Je rovněž rezervoárem živin, které jsou zpřístupňovány v důsledku aktivity mikroorganismů. Mikrobiální aktivitu ovlivňuje vedle teploty, pH a dalších faktorů i poměr jednotlivých prvků k C (např. C:N) s vlivem na mineralizaci resp. imobilizaci.

organický N, P, S → mineralizace → (← imobilizace ←) NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}

Obsah dusíku v organických zbytcích přicházejících do půdy (vyjádřený C:N) je důležitý pro průběh dvou protichůdných procesů mineralizace a imobilizace. Biomasa s tímto poměrem vyšším než 30 vede ke snižování rezerv minerálního dusíku z důvodu imobilizace. Na druhé straně látky s C:N pod 20 vedou ke zvýšení minerálního dusíku, neboť převažuje mineralizace (Šarapatka, 2002).

TABULKA č. 7: Hodnocení obsahu humusu v půdě (Richter, 2004).

Půdy	Humus (%)	C (%)
Chudé na humus	<1	<0,6
Slabě humózní	1-2	0,6-1,2
Středně humózní	2-4	1,2-2,3
Silně humózní	4-8	2,3-4,6
Velmi silně humózní	8-15	4,6-8,7
Bohaté na humus	15-30	8,7-17,4

Změny v obsahu organického C (a N) jsou způsobené antropogenní činností. Je možno zobecnit, že obsah organické hmoty a celkového dusíku je nižší u obhospodařované půdy ve srovnání s půdami s přirozenou vegetací. V přírodních podmínkách produkovaná organická hmota se vrací do půdy a tato není ovlivňována zásahy člověka. Na druhé straně u intenzivně obhospodařovaného agroekosystému většina biomasy opouští systém a rovněž zásahy člověka vytvářejí předpoklady pro mikrobiální dekompozici (Šarapatka, 2002).

2.6. POMĚR C:N

Obsah uhlíku v suché biomase rostlin činí obvykle asi 42% hmotnosti. Půdní organická hmota obsahuje 40 – 60% hmotnostních C, přičemž vyšší obsah C je

charakteristický pro stabilizované humusové látky. Průměrný obsah C v půdní organické hmotě se uvažuje kolem 58% hmotnostních (proto se používá přepočítávací koeficient C na organickou hmotu 1,72). Naproti tomu je obsah dusíku v biomase mnohem nižší a také více kolísá, od méně než 1% hmotnostních do více než 6% hmotnostních.

Charakteristickým znakem humifikace organických látek je jejich relativní obohacení dusíkem: zatímco např. rostlinné zbytky mají poměr C:N kolem 40:1, v humusových látkách je tento poměr cca 10:1. Dusík takto vázaný je vesměs nepřístupný jako živina, ale procesy přeměn humusových látek může být posléze uvolněn.

Poměr C:N v rostlinném materiálu či podobných látkách je tedy zpočátku vysoký, avšak po vnesení do půdy se může rychle snižovat. Za příhodných podmínek, zejména za příznivé teploty a vlhkosti, dochází během několika dnů k rozvoji populací heterotrofních mikroorganismů: bakterií, aktinomycet i mikromycet, které využívají vnesenou organickou látku jako zdroj uhlíku a energie. V průběhu rozkladu organické látky se většina uhlíku uvolňuje ve formě CO_2 , avšak většina dusíku v půdě zůstává. Proto klesá poměr C:N v rozkládaném materiálu. (Šimek, 2003).

3. METODIKA

3.1. ODEBÍRÁNÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

V zájmovém území byly vybrány 4 povodí, na kterých se provedl odběr půdních vzorků. Byly vybrány povodí Váčkového, Beřichovského, Paseckého a Veverského potoka.

V každém povodí se prováděly odběry ze tří různých ekosystémů. Těmito ekosystémy byly les, trvalý travní porost a orná půda. Na každé kultuře se odebraly vzorky ze tří různých stanovišť a ze tří různých hloubek. Hloubky odebírání vzorků neodpovídaly půdním horizontům.

Vlastní odebírání se provádělo pomocí vzorkovací tyče, která se na vybraném stanovišti točivým pohybem zapravila do půdy a poté se vzorkem zeminy vytáhla ven. Vzorek byl poté dán do papírového sáčku. Pomocí přístroje GPS byly zapsány souřadnice odběrového místa.

Odebrané půdní vzorky by měly být reprezentativní, homogenní a nekontaminované odběrem (nebo jinak změněné).

Odebrané půdní vzorky se vysušily rozložené na tenkých vrstvách na suchém a větraném místě. Z vysušených půdních vzorků se odstranily větší částice skeletu, rostlinné a živočišné zbytky a vzorky se potom opatrně rozmělnily v půdní prosévačce. Částice skeletu větší než 2 mm se oddělily prosátím sítím o velikosti otvorů 2 mm. Větší části skeletu se odstranily již před zahájením sušení.

Obrázky číslo 4a 5: Odběrové sondy.



3.2. STANOVENÍ OBSAHU ORGANICKÉHO UHLÍKU – ZTRÁTA ŽÍHÁNÍM.

Metoda je založená na principu, že organické látky přítomné ve vzorku se spálí za přístupu vzduchu při teplotě nejvýše 550°C. Z úbytku hmotností se vypočítal obsah uhlíku.

Přesné množství upraveného vzorku se navážilo do spalovacího kelímku a dalo se sušit do pece při teplotě 105°C na dvě hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru se vzorek zvažil a dal se žíhat při teplotě 550°C na dvě hodiny. Po skončení žíhání a vychladnutí v exsikátoru se kelímek s vyžíhaným vzorkem opět zvažil.

Obsah organických látek v % byl vypočítán podle vzorce:

$$C[\%] = 100 * (m1 - m2)/m1$$

$$m1 = M1 - W$$

$$m2 = M2 - W$$

C[%] – obsah organických látek ve váhových procentech

m1 – hmotnost vzorku před žíháním [g]

m2 – hmotnost vzorku po žíhání [g]

M1 – hmotnost kelímku se vzorkem před žíháním [g]

M2 – hmotnost kelímku se vzorkem po vyžíhání [g]

W – hmotnost vyžíhaného kelímku [g]

Výsledky byly zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

3.3. STANOVENÍ ORGANICKÉHO UHLÍKU POMOCÍ VODNÍHO VÝLUHU.

2,5 g vzorku bylo odváženo do 100 ml PE lahvíček. Poté bylo přidáno 50 ml destilované vody, lahvičky byly uzavřeny a jejich obsah byl protřepáván po dobu 24 hodin. Pak byli vzorky odstředěny na odstředivce (~ 2 500 otáček min⁻¹ po dobu 10 min) a přefiltrovány přes membránové filtry.

Ve vodním výluhu bylo pomocí pH metru změřeno aktivní pH půdy.

Obsah organického uhlíku byl stanoven pomocí atomové absorpční spektrofotometrie (AAS) na přístroji Varian Spectr AA-640.

Tato metoda se primárně používá ke zjištění pH, ale já jsem jí použila i ke stanovení frakce obsahu SOC (soil organic carbon – půdní organický uhlík) vypravitelného vodou a obsahu bazických kationtů Ca, Mg, K, Na.

3.4. STANOVENÍ OBSAHU VÝMĚNNÝCH BAZICKÝCH KATIONTŮ.

Výluh NH₄Cl (Richter et al. 1992)

Metoda je založena na extrakci půdních kationtů 1M NH₄Cl a analýze pomocí AAS nebo ICP.

2,5 g vzorku bylo odváženo do 50-ml PE centrifugačních zkumavek. V prvním kroku bylo přidáno 20 ml 1M NH₄Cl, zkumavky byly uzavřeny a jejich obsah byl protřepáván po dobu jedné hodiny. Poté byly zkumavky odstředěny na odstředivce (~ 2 500 otáček min⁻¹ po dobu 10 min). Kapalný obsah zkumavek byl odlit do 100-ml PE lahví.

V druhém kroku bylo k navážené zemině přidáno 15 ml 1M NH₄Cl a celý postup byl zopakován.

Ve třetím kroku bylo opět přidáno 15 ml 1M NH₄Cl, obsah zkumavek byl však protřepáván po dobu patnácti hodin.

Extrakt ze všech tří kroků byl slit dohromady (celkový objem získaného extraktu byl 50 ml) a přefiltrován přes membránové filtry.

Koncentrace kationtů Ca, Mg, K, Na byla stanovena pomocí atomové absorpční spektrofotometrie (AAS) na přístroji Varian Spectr AA-640.

4. VÝSLEDKY

Cílem mé práce je vysledovat dlouhodobé změny v obsahu půdní organické hmoty a některých kationtů, zejména bazických, které zásadním způsobem ovlivňují půdní strukturu. Obsah půdní organické hmoty v dané půdě se většinou krátkodobě příliš nemění, proto jsem zvolila dlouhodobý interval mezi odběry. Zároveň jsem zjišťovala další fyzikálněchemické parametry půd, které ovlivňují obsah a přístupnost sledovaných minerálních látek v půdě.

V zájmovém území byla vybrána povodí Váčkového, Veverského, Bedřichovského a Paseckého potoka k následným rozborům. V každém povodí se odebíraly půdní vzorky ze třech ekosystémů. Těmito ekosystémy byly orná půda, trvalé travní porosty a les. V každém ekosystému byly odebrány vzorky ze tří stanovišť. Na každém vybraném místě se provedl odběr ze tří různých horizontů po cca 15 cm. Hloubky odebíraných vzorků neodpovídají půdním horizontům dle pedologických standardů.

Vzorky se odebíraly v letech 2001 a 2007. V roce 2007 jsem provedla vlastní odběry vzorků a po té jsem je zpracovala v laboratoři stejným metodickým postupem jako v roce 2001 (Hellebrandová), jež jsem použila pro srovnání.

Na území Váčkového potoka bylo odebráno celkem 26 vzorků. Z toho jich bylo 8 odebráno v lesním ekosystému a 18 na trvalých travních porostech.

V povodí Veverského potoka bylo odebráno celkem 35 vzorků. Na orné půdě bylo odebráno 9 vzorků, dále bylo získáno 11 vzorků z trvalých travních porostů a 15 z lesního společenstva.

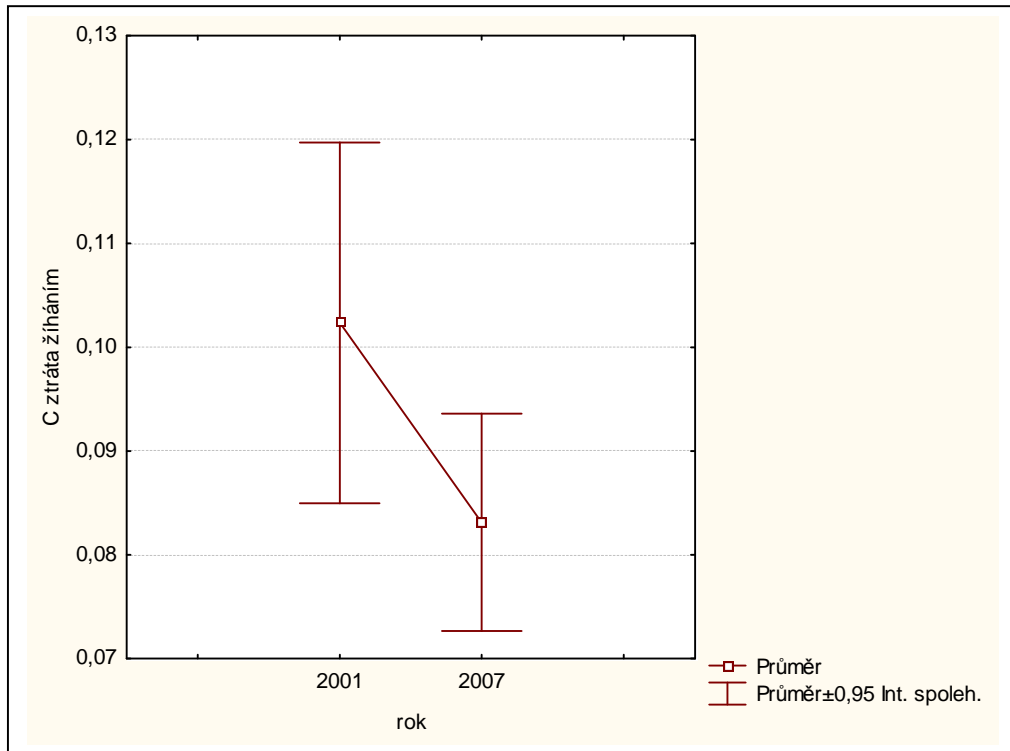
V okolí Bedřichovského potoka jsem odebrala celkem 38 vzorků. Bylo získáno v lese 15 vzorků, 8 na trvalých travních porostech a 15 na orné půdě.

Na území Paseckého potoka bylo odebráno celkem 32 vzorků. Z toho bylo 14 vzorků z trvalých travních porostů a 18 z lesa.

Naměřené výsledky byly zpracovány v programu Statistica CZ 6. Byla použita vícerozměrová analýza rozptylů (Anova), testováno pomocí Tukeyho testu.

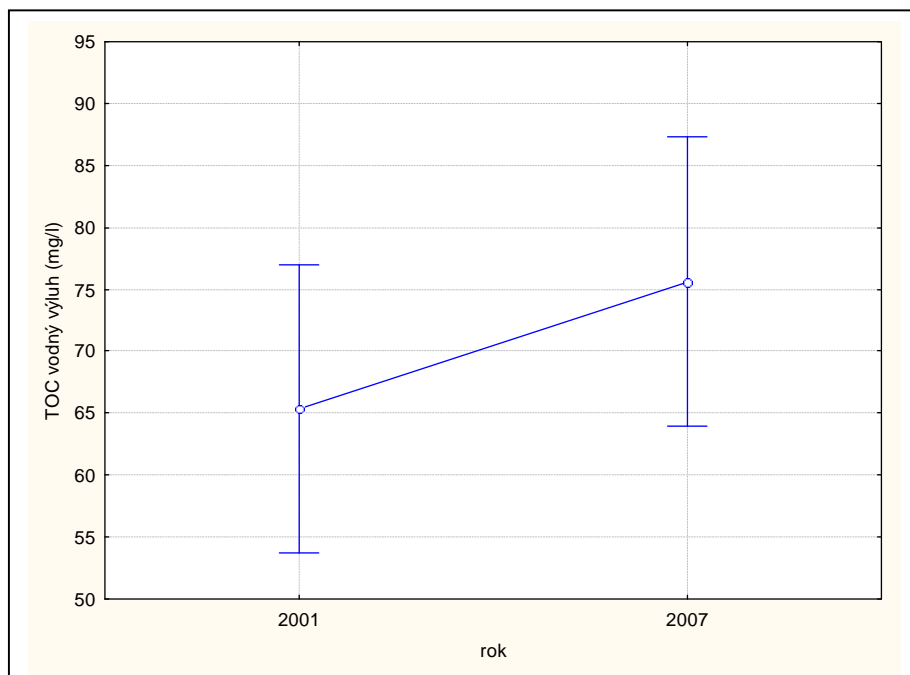
Množství organického uhlíku je v půdě poměrně stabilní. Základní otázkou je zda se projevila určitá změna v jejím obsahu. Následující graf číslo 5 ukazuje, že na statisticky významné hladině pravděpodobnosti ($p < 0,0206$) došlo k poměrně výraznému poklesu množství organické hmoty mezi sledovanými roky.

Graf číslo 5: Hodnoty půdní organické hmoty 2001 a 2007.



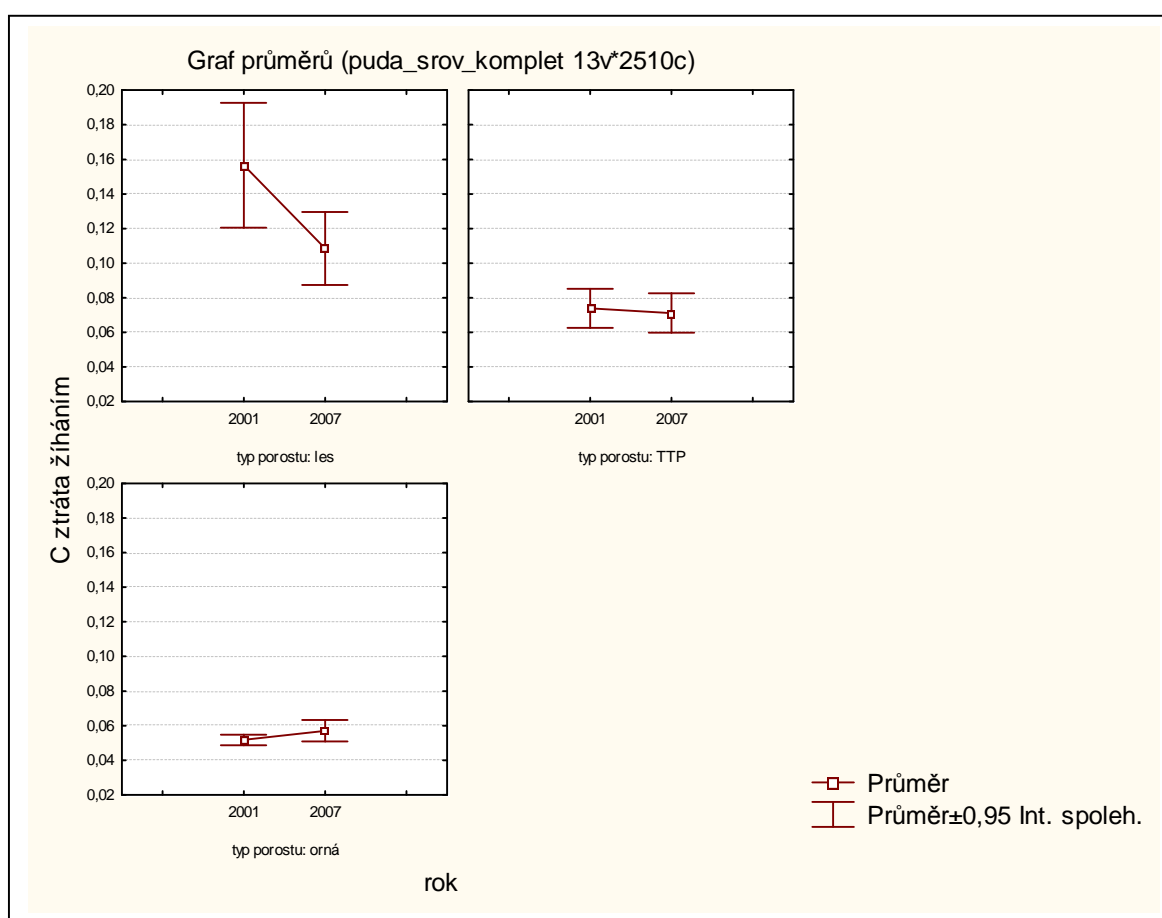
Ve srovnání s poklesem půdního organického uhlíku došlo k významnému vzestupu vodou vyluhovatelné frakce půdní organické hmoty (Graf číslo 6).

Graf číslo 6: Hodnoty vodou vyluhovatelné frakce půdní organické hmoty 2001 a 2007.



Můj zájem se následně zaměřil na zodpovězení otázky: kde je příčina tak významného poklesu půdní organické hmoty. Při vzájemném porovnání typů porostů za sledované období je vidět, že k největšímu poklesu půdního organického uhlíku došlo v lesním ekosystému. Na trvalých travních porostech a na orné půdě není zaznamenáný statisticky průkazný rozdíl. Lze tedy konstatovat, že pokles organické půdní hmoty (organického půdního uhlíku), která se projevila za sledované období, je způsoben ztrátou v lesních porostech (Graf číslo 7).

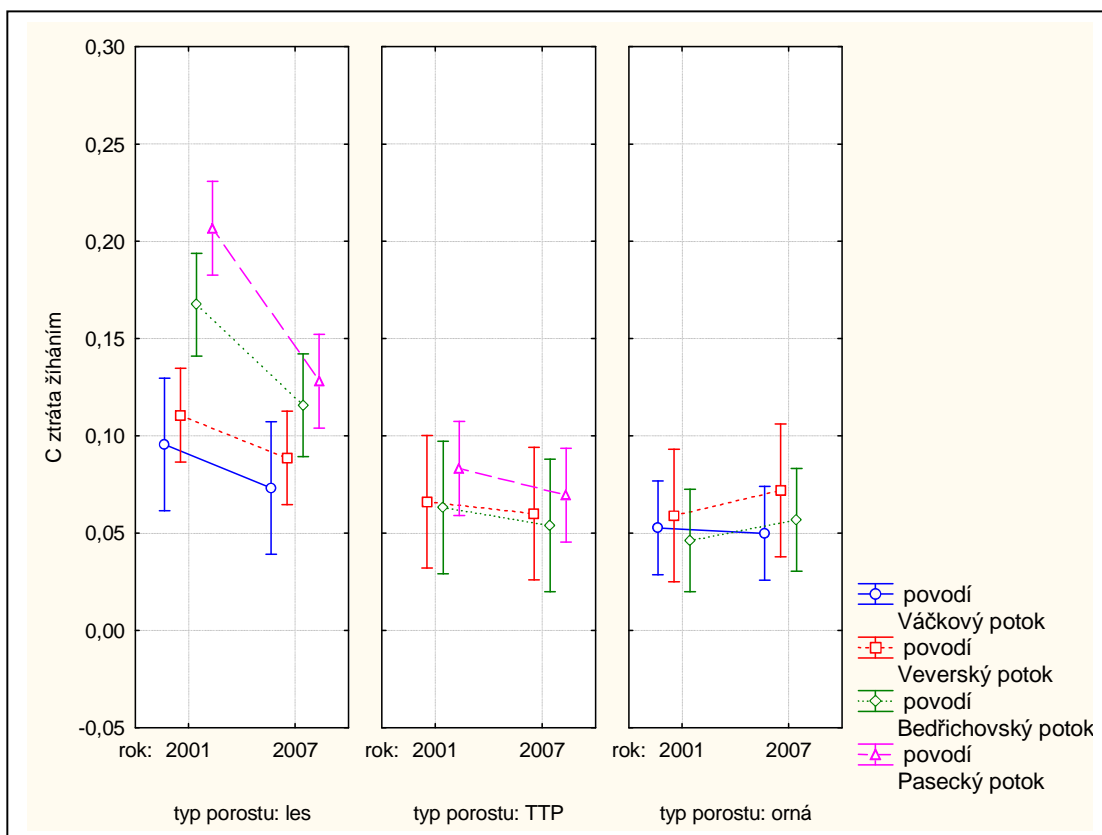
Graf číslo 7: Hodnoty půdní organické hmoty v jednotlivých typech porostu 2001 a 2007.



Následně jsem se snažila zjistit, ve kterých biotopech došlo k největším změnám půdní organické hmoty při vzájemném porovnání zájmových území, lišících se rozdílným land use a způsobem zemědělského hospodaření.

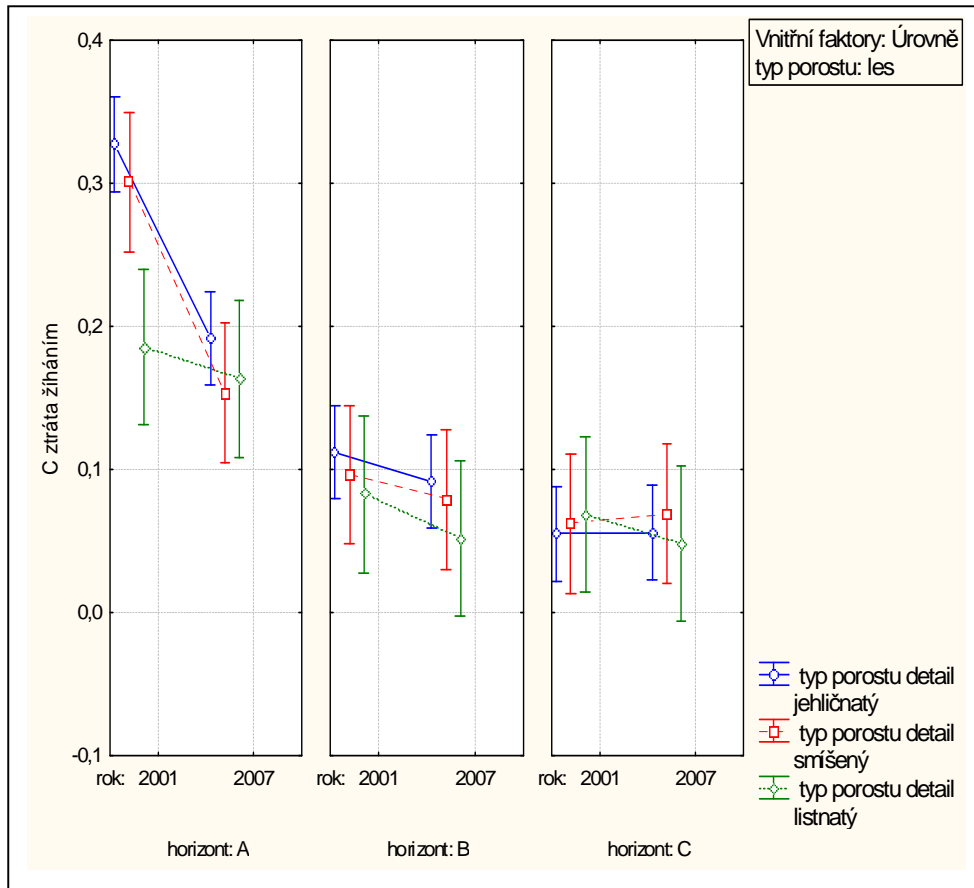
Graf číslo 8 ukazuje změnu obsahu půdního organického uhlíku v jednotlivých povodích a typech porostu. Prokazatelně největší pokles byl zaznamenán v lesních ekosystémech v povodí Paseckého a Bedřichovského potoka. K poklesu došlo také na trvalých travních porostech. Tento pokles, však není statisticky průkazný.. Ukazuje se zde, že v povodí Bedřichovského a Veverského potoka na orné půdě mírně stoupá obsah organické půdní hmoty. I tyto výsledky nejsou statisticky prokazatelné.

Graf číslo 8: Hodnoty půdní organické hmoty v jednotlivých typech porostu a povodí 2001 a 2007.



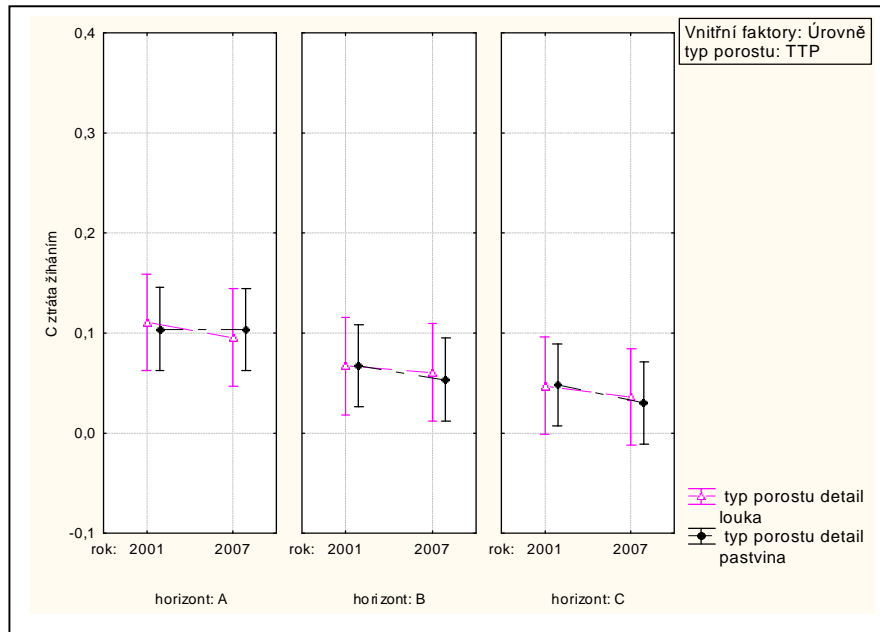
Při detailním rozboru lesních ekosystémů (detail rozlišuje jehličnaté, smíšené a listnaté kultury) dochází k největšímu poklesu půdní organické hmoty v jehličnatých monokulturách (smrk) a smíšených porostech ve svrchním horizontu. Horizont A je charakterizován nadložním surovým humusem v nízkém stupni rozkladu. V horizontu B byl zaznamenán již podstatně menší úbytek organického půdního uhlíku.(Graf číslo 9).

Graf číslo 9: Hodnoty půdní organické hmoty v lesním ekosystému a v odebíraných horizontech 2001 a 2007.



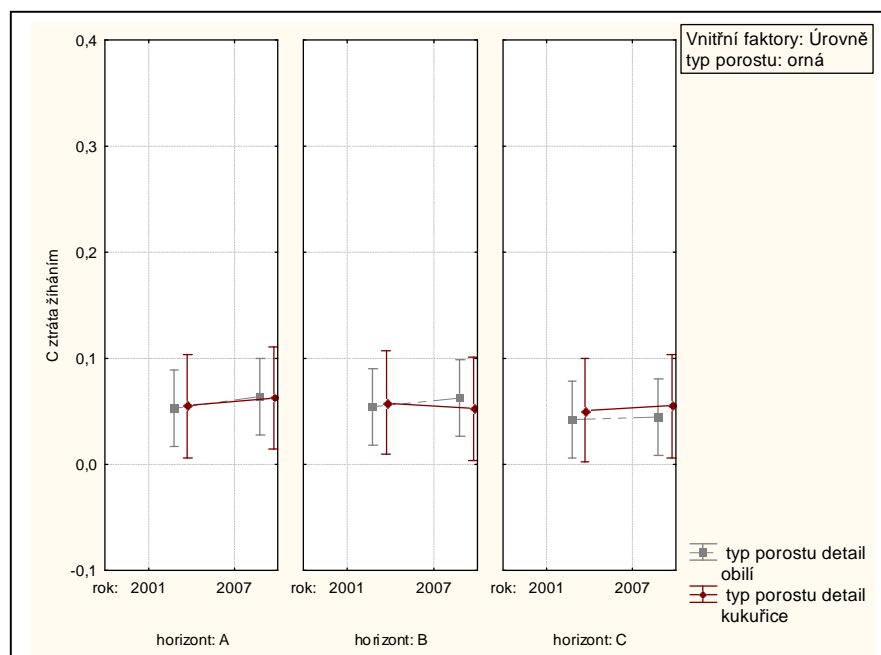
Graf číslo 10 znázorňuje, jak se měnil obsah organického půdního uhlíku v trvalých travních porostech. Trvalé travní porosty jsou zde rozděleny na louky a pastviny. Ve všech odebraných horizontech mírně klesá obsah organické půdní hmoty. Bohužel tento úbytek je poměrně malý a není statisticky průkazný.

Graf číslo 10: Hodnoty půdní organické hmoty na trvalých travních porostech a v odebíraných horizontech 2001 a 2007.



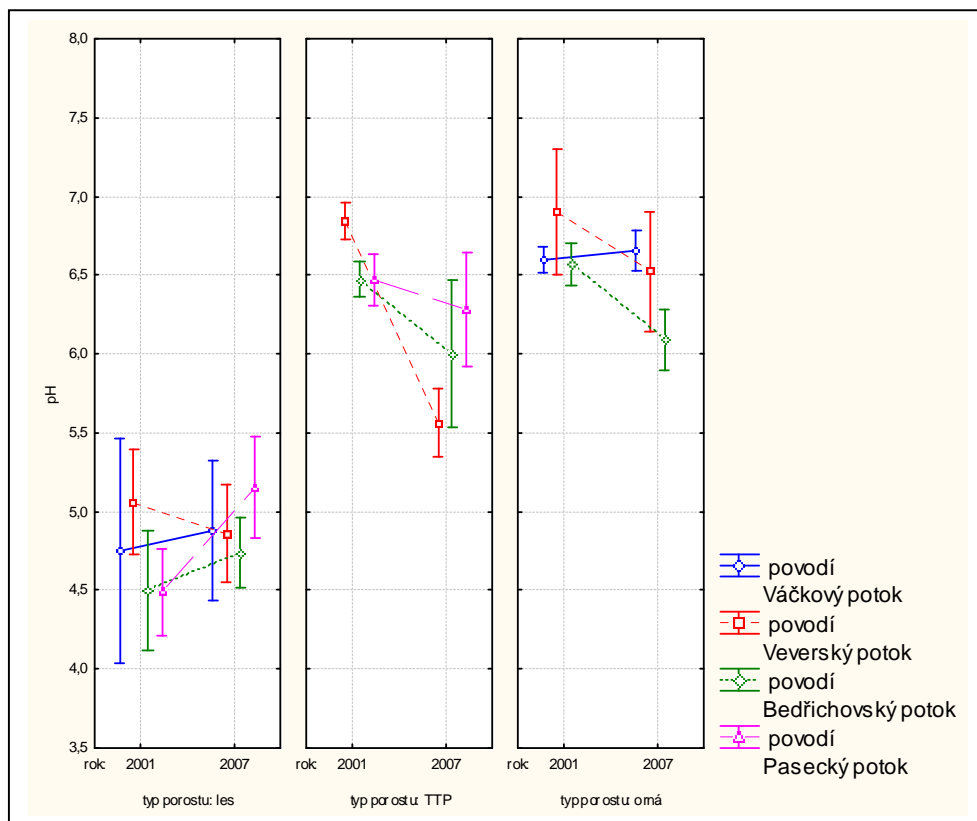
U vzorků odebraných z orné půdy také nedochází k žádným výrazným změnám v obsahu organického půdního uhlíku. Je zde však náznak mírného zvyšování, absolutní hodnoty se však pohybují v rozmezí charakteristickém pro tento typ půd <4,7% (Růžek, 2004), (Graf číslo 11).

Graf číslo 11: Hodnoty půdní organické hmoty v půdě odebrané z orné půdy a v odebíraných horizontech 2001 a 2007.



Významným faktorem ovlivňujícím půdní charakteristiky je pH půdy. Jak se změnilo mezi lety 2001 a 2007 pH půdního výluhu v jednotlivých povodích a ekosystémech ukazuje graf číslo 12. Ukazuje se zde, že v povodí Paseckého, Bedřichovského a Váčkového potoka došlo ke zvýšení v lesním ekosystému. Největší změna se prokázala na území Paseckého potoka. Na trvalých travních porostech se ukazuje opačný trend než v lesním společenstvu. Zde pH klesá nejvíce v povodí Veverského potoka. U vzorků odebraných na orné půdě je také náznak klesající tendence, a to na území Veverského a Bedřichovského potoka. V povodí Váčkového potoka se půdní reakce na orné půdě nijak významně nezměnila.

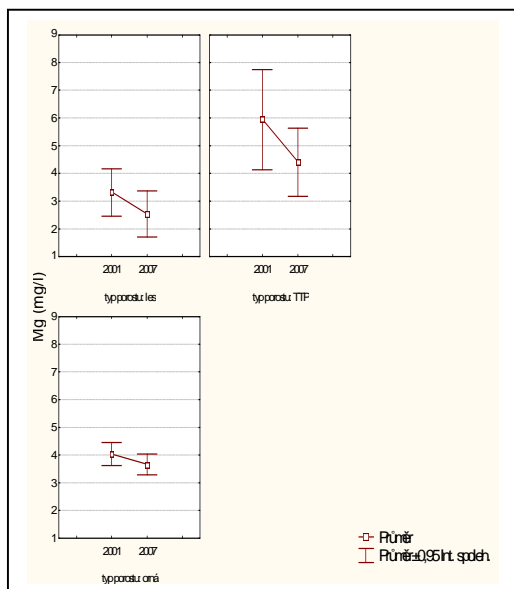
Graf číslo 12: Hodnoty pH v jednotlivých typech porostu a povodí 2001 a 2007.



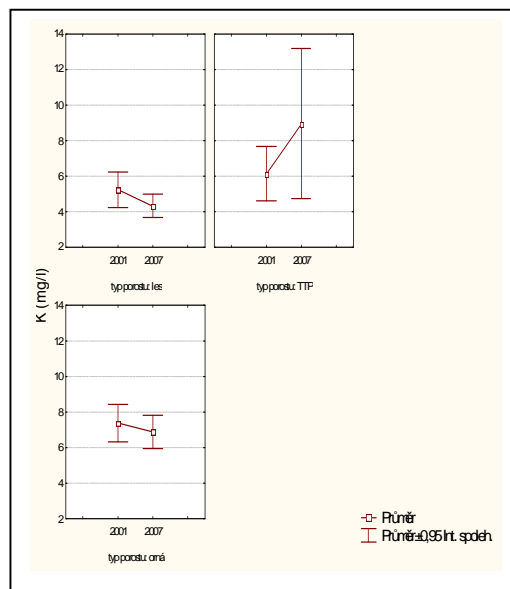
Následující grafy zobrazují změny v obsahu bazických kationtů mezi sledovanými roky 2001 a 2007. Statisticky prokázané změny nastaly u kationtů Mg a Na. U těchto prvků došlo k výraznému poklesu za sledované období. U sodíku byl největší pokles zaznamenán v lesním ekosystému a na trvalých travních porostech. Na orné půdě už došlo k podstatně

menšímu úbytku. Naopak u hořčičku došlo k největšímu poklesu na trvalých travních porostech a pak v lesním společenstvu. Zde již byl zaznamenaný úbytek podstatně menší.

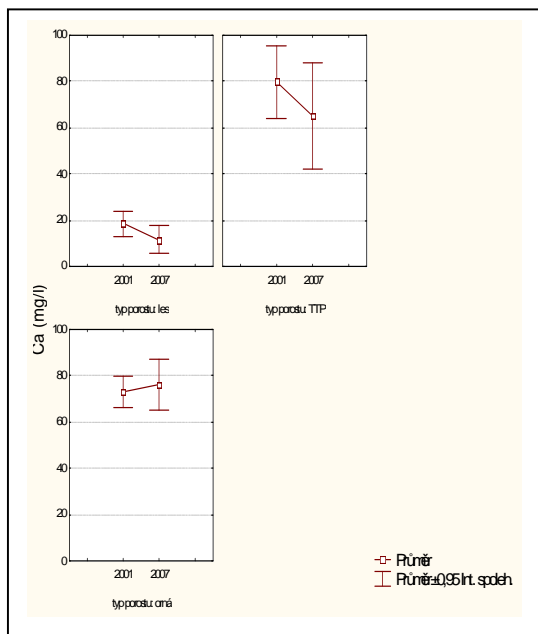
Hodnoty Mg 2001 a 2007.



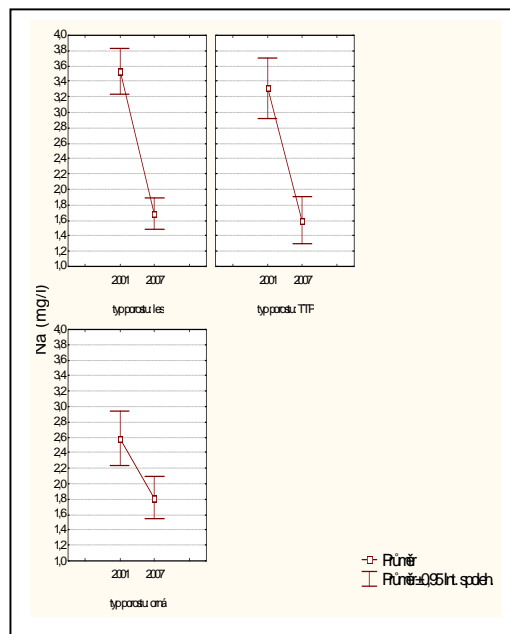
Hodnoty K 2001 a 2007.



Hodnoty Ca 2001 a 2007.



Hodnoty Na 2001 a 2007.



5. DISKUSE

Mým úkolem bylo zjistit, zda se za sledované roky 2001 a 2007 změnil obsah organické půdní hmoty a základních kationtů. Množství organické hmoty v půdě je poměrně stabilní (Kolář, 1987) a její obsah se z dlouhodobého hlediska zásadně nemění. Předpokládala jsem, že dlouhodobě nedojde k žádným výrazným změnám sledovaných parametrů v sledovaném období. Domnívala jsem se, že větší odlišnosti se projeví při vzájemném porovnání povodí s rozdílným způsobem využití území. To je dáno různým způsobem zemědělského hospodaření v každém ze sledovaných povodí.

Detailní analýzou jsem zjistila významný úbytek organické půdní hmoty v lesních ekosystémech. Následným rozborem jsem došla k názoru, že úbytek v lesních půdách je způsoben poklesem na plochách jehličnatých (smrkových) monokulturách. Jedním z možných vysvětlení je snížení emisí oxidů síry po masivním odsíření severočeských tepelných elektráren v devadesátých letech minulého století. I přes přetrvávající kyselou depozici způsobenou oxidy dusíku došlo k úpravě pH, jak opět ukazují mé výsledky, která až dosud v lesních smrkových monokulturách působila inhibičně na půdní mikrobiální mikrofóru. Následovala zvýšená dekompozice hrubé organické hmoty a její ztráty vyluhováním (Kopáček 2002, Hruška 2003, Oulehle 2007, Šantrůčková 2006, 2007).

Na trvalých travních porostech dochází k mírnému poklesu obsahu půdní organické hmoty. Bohužel tento pokles je velmi malý a není statisticky průkazný. Dle mého názoru je tento pokles způsoben nevyrovnanou uhlíkovou bilancí – převažuje mineralizace. Mrtvá nadzemní a podzemní biomasa se velmi rychle mineralizuje a ve formě CO₂ se prostřednictvím půdní respirace uvolňuje zpět do atmosféry (Brady, 2002). Na orné půdě jsem zjistila nepatrný nárůst obsahu organického půdního uhlíku, bohužel ani tato data nejsou prokazatelná. Na orné půdě se pěstují kulturní plodiny a jejich posklizňové zbytky jsou možným zdrojem obohacení půdy o organické látky. Protože obsahují málo dusíku, podléhají jen velmi pozvolna rozkladu. Proto bývají tyto porosty pravidelně hnojeny statkovými hnojivy. Také v zájmovém území jsem zaznamenala zvýšený přísun organických hnojiv. Tím se do půdy dostává dusík a dochází k rychlejší mineralizaci a transformaci organických látek. Tomu odpovídá i mnou zjištěný nárůst organického uhlíku ve vodním výluhu.

V půdní minerální zásobě, zejména bazických půdních kationtů, nedošlo mezi roky 2001 a 2007 k statisticky výrazným posunům. Výjimkou je významný pokles v obsahu sodíku jež koresponduje s poznatkem, že sodík je nejméně poután půdním sorpčním komplexem a v humidních oblastech dochází k jeho vyplavení z půdního roztoku. (Brady, 2002).

Výstupem mojí práce by mělo být navržnutí managementu směřujícího k setrvalému způsobu hospodaření v podhorských zemědělských oblastech na základě výsledků naměřených dat.

Z naměřených hodnot vyplývá, že orné půdy jsou vyčerpané a mají nenasycený sorpční komplex. Organické látky jsou zde na minimálních hodnotách. Vázání minerálních iontů je dáno prakticky pouze půdní strukturou, ionty se váží převážně na minerálních částech sorpčního komplexu. Těžko se dá předpokládat, že se změní struktura osevních postupů ve prospěch zvýšeného podílu převážně leguminóz. Zemědělské podniky hospodařící v zájmovém území budou chtít i nadále pěstovat plodiny, které jim nejvíce přináší zisk (Kotousová, 2006). I přesto, že se zde hnojí statkovými hnojivy, já doporučuji ještě navýšení organické hmoty zapravované do půdy, tak aby se dosáhlo trvale hodnot standardně uváděných ($5 - 6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, Kolář, 1987).

Množství půdní organické hmoty v půdách, na kterých se nachází trvalé travní porosty, je podle mého mínění spojeno s vláhovým režimem půd. Pokud je půda dostatečně zásobená vodou, tj. vláhový režim je vyrovnaný, dochází ke zpomalení procesu mineralizace a transformace odumřelé organické hmoty a menším ztrátám. U trvalých travních porostů v zájmovém území dochází k nadměrnému zatížení pasením, což se negativně projevuje utužením podorničí (Váchalová, Váchal, 2006) Proto navrhuji, aby na trvalých travních porostech došlo k optimalizaci dobytčí jednotky na výměru pastviny. Vyšší zatížení plochy dobytčími jednotky vede k utužení spodních horizontů a k narušení hydrologického režimu.

V lesním ekosystému jde především o dlouhodobé změny v lesním managementu. Lesní společenstva by se měla v rámci možností daných lesním hospodářským plánem postupně převádět na listnaté respektive na smíšené porosty (Hruška, 2003) podle odpovídajícího vegetačního stupně, odpovídajícího v dané nadmořské výšce svěžím bučinám a jedlovým bučinám .

6. ZÁVĚR

Za sledované období 2001 a 2007 v mnou sledovaném území došlo oproti očekávání k výraznému poklesu množství půdní organické hmoty. Tento pokles mají na svědomí ztráty v lesním ekosystému ve všech typech povodí. Detailní analýzou jsem zjistila, že k největšímu poklesu došlo v jehličnatých (smrkových) monokulturách. Na trvalých travních porostech také došlo k poklesu půdního organického uhlíku, ale tento pokles není statisticky významný. Naopak je tomu u vzorků odebraných z orné půdy. Zde dochází k mírnému zvýšení obsahu půdní organické hmoty. Bohužel ani tato data nejsou statisticky prokazatelná.

Ve srovnání s poklesem půdního organického uhlíku došlo k významnému vzestupu vodou vyluhovatelné frakce půdní organické hmoty.

Dále jsem zjišťovala změnu pH za uvedené časové období. K největší změně došlo v lesním ekosystému, zde se prokázalo výrazné zvýšení hodnot pH. Naopak na trvalých travních porostech se pH snížilo a na orné půdě se nijak významně statisticky nezměnilo.

V obsahu minerální půdní zásoby za sledované období 2001 a 2007 nedošlo k žádným výrazným statistickým posunům. Nejvýznamnější změna se projevila ve snížení obsahu sodíku a hořčíku, u kterého to již bylo podstatně méně než u sodíku.

Navrhla jsem kroky vedoucí k setrvalému způsobu hospodaření v zemědělských podhorských oblastech. Doporučila jsem navýšení dodávaných statkových hnojiv do orné půdy, optimalizaci dobytčích jednotek na výměru pastviny a postupný převod lesních společenstev na listnaté případně smíšené porosty podle vegetačních stupňů.

7. POUŽITÁ LITERATURA

BRADY, N. C. RAY R. W.. The Nature and Properties of Soils. New Jersey: Upper Saddle River, 2002, s. 960.

HELLEBRANDOVÁ, K. Studium vztahů mezi strukturálními a funkčními ekologickými charakteristikami na modelovém území povodí řeky Stropnice. s. A12 – A17. In Pecharová, E, Sýkorová, Z (ed): Ekotrend – Trvale udržitelný rozvoj. Sborník z konference s mezinárodní účastí. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 3.4. – 5.4.2002, 251 s.

HORÁČEK, J., LEDVINA, R., KOUBALÍKOVÁ, J. Geologie a půdoznalství, Cvičení pro I. ročník studia, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1994, 114 s.

HRUŠKA J., KRÁM P.: Modelling long-term changes in stream water and soil chemistry in catchments with contrasting vulnerability to acidification (Lysina and Pluhuv dvur, Czech Republic). Hydrology and Earth system sciences. 7, 525-539, 2003.

JURČA, V. Výživa rostlin a půdoznalství, I. Půdoznalství, Praha: Vysoká škola zemědělská, 1984, 128 s.

KOLÁŘ L: Organické hnojení a humus, Praha: Vysoká škola zemědělská, 1987, 105 s.

KOPÁČEK J., KAŇA J., ŠANTRŮČKOVÁ H., PORCAL P., HEJZLAR J., PICEK T., ŠIMEK M., VESELÝ J: Physical, chemical, and biochemica characteristics of soil in wathersheds of the Bohemian Forest lakes: II. Čertovo a Černé Lakes. Silva Gabreta 8, 63-93, 2002.

KOTOUSOVÁ Z: Hodnocení vlivu na životní prostředí – Případová studie, Sběr dat o způsobu využívání a hospodaření v zájmovém území Stropnice, Bakalářská práce, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, 37 s.

LEDVINA, R, HORÁČEK J. Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje, Část půdoznalství, Interní studijní text pro I. ročník bakalářského studia, Zemědělská technika, obchod, servis, služby“ ,České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1997, 135 s.

LEDVINA, R, HORÁČEK, J. Geologie a půdoznalství pro I ročník studia, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1992, 82 s.

LEDVINA, R, HORÁČEK, J. Geologie a půdoznalství, Interní studijní text pro II. ročník provozně podnikatelského oboru, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1997, 104 s.

MATĚNOVÁ, V. Členění území podle dílčích povodí, Povodí Stropnice. s 22 – 24. In: Papáček, M. (ed): Biota Novohradských hor: modelové taxony, společenstva a biotopy. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Pedagogická fakulta, 2004, 304 s.

PAVEL, L. Geologie a půdoznalství, Praha: Vysoká škola zemědělská, 1984, 280 s.

OULEHLE F., HOFMAJSTR J., HRUŠKA J.: Modeling of the long-term effect of tree species (Norway spruce and European beech) on soil acidification in the Ore Mountains. Ecological modelling. 204, 359-371, 2007.

POKORNÝ, E, ŠARAPATKA, B. Půdoznalství pro ekozemědělce, Příručka ekologického zemědělce, Praha: Ministerstvo zemědělství v Ústavu zemědělských a potravinářských informací, 2003, 40 s.

RICHTER D. D., JOHNSON D. W., AND DAI K. H.: Cation exchange and Al mobilization in soils. In Johnson D. W. & Lindberg S. E [eds] Atmospheric Deposition and Forest Nutrient Cycling. Ecological Studies 91: 152-166, 1992.

RICHTER, R. Multimediální učební texty z výživy rostlin [online].Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin, 16.1.2007 [cit. dle 15.3.2007]. Agrochemie půdy. Složení půdy. Organický podíl. Dostupné na internetu:

http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty/html/agrochemie_pudy/puda_p.htm.

RŮŽEK, L, VOŘÍŠEK, K: Vybrané kapitoly z pedobiologie a mikrobiologie, Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 2004, 151 s.

SMRŽ, T a kol. Vliv struktury vegetačního krytu na rozdělení sluneční energie a chemismus povrchových vod. s. A5 – A11. In Pecharová, E, Sýkorová, Z (ed): Ekotrend – Trvale udržitelný rozvoj. Sborník z konference s mezinárodní účastí. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 3.4. – 5.4.2002, 251 s.

ŠANTRŮČKOVÁ H., KRIŠTŮFKOVÁ M., VANĚK D. Decomposition rate and nutrient release from plant litter of Norway spruce forest in the Bohemian Forest. *Biologia*. 61, 499-508, 2006.

ŠANTRŮČKOVÁ H., ŠANTRŮČEK J., ŠETLÍK J., SVOBODA M., KOPÁČEK J.: Carbon Isotopes in Tree Rings of Norway Spruce Exposed to Atmospheric Pollution. *Environmental science and technology*, 41, 6778-6782, 2007.

ŠARAPATKA, B, DLAPA, P, BEDRNA, Z. Kvalita a degradace půdy, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002, 246 s.

ŠIMEK, M. Základy nauky o půdě – 3. Biologické procesy a cykly prvků, České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2003, s. 151.

ŠOCH, J, KUDLÍK, M. Elektroiontové stimulace kořenových systémů dřevin [online]. [cit. dle 5.3.2008].Dostupné na internetu:

http://www.muweb.cz/veda/beskydy/Text/18/18_PE.HTM#_ftn1

VÁCHALOVÁ, R, VÁCHAL, J: Vliv kontinuální a rotační pastvy na vybrané fyzikální vlastnosti půd , Agroregion 2006 : Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství. Sekce II, Půda-základ konkurenceschopnosti zemědělství, České Budějovice 24.8.-25.8. 2006

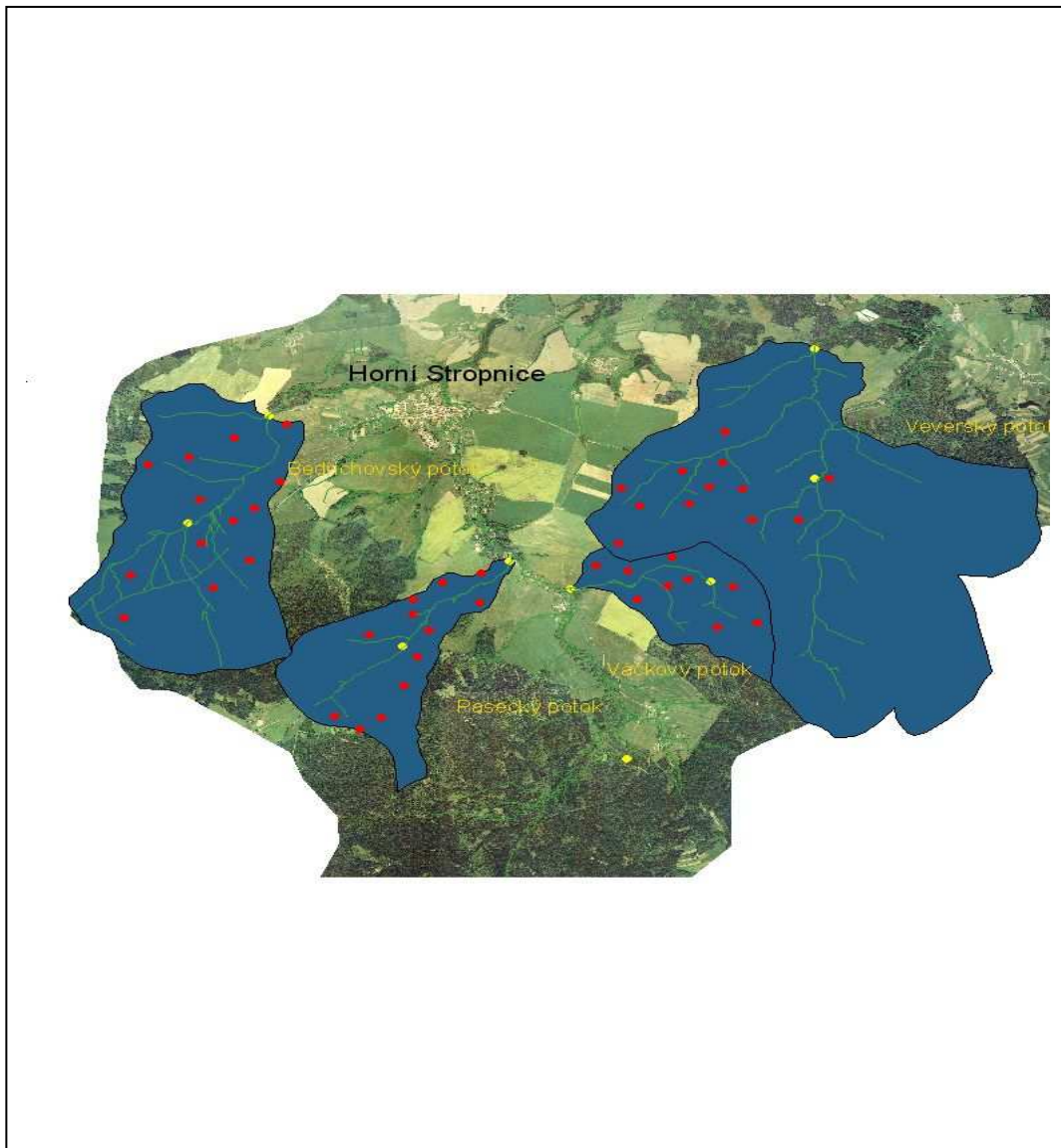
VALLA ,M. Pedologické praktikum, Praha: Česká zemědělská univerzita, 2000, 148 s.

Internetové zdroje:

(1) <http://www.ewa.cz/index.php?sekce=119&d=1>.

8. PŘÍLOHY

Obrázek číslo 8: Zájmové území Stropnice.



Výsledky stanovení obsahu organického uhlíku – ztrátou žháním.

Lokalita :Váčekový potok

Datum měření: 17. a 24.1.2007

Kotousová Zdeňka

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek+ navážka (g)	navážka (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
VO1/A	les	32,06	34,745	2,68	34,695	34,45	2,6327	2,389	0,2435	0,092	9,25	4,74
VO1/B	les	31,68	34,527	2,85	34,488	34,36	2,8109	2,687	0,1235	0,044	4,39	5,22
VO1/C	les	30,98	33,223	2,24	33,203	33,12	2,2227	2,141	0,0815	0,037	3,67	4,92
VO2/A	les	35,15	37,547	2,39	37,494	37,15	2,3415	2	0,3416	0,146	14,59	4,5
VO2/B	les	32,13	33,994	1,87	33,965	33,86	1,8384	1,732	0,1064	0,058	5,79	4,73
VO2/C	les											
VO3/A	les	34,64	36,029	1,39	35,995	35,71	1,3582	1,077	0,2816	0,207	20,73	4,3
VO3/B	les	34	36,41	2,41	36,396	36,29	2,4001	2,297	0,1027	0,043	4,28	5,7
VO3/C	les	33,1	36,048	2,95	36,03	35,94	2,9322	2,838	0,0946	0,032	3,23	5,73
VO4/A	orná	31,07	33,544	2,48	33,519	33,38	2,4504	2,313	0,1377	0,056	5,62	6,6
VO4/B	orná	33,11	36,19	3,08	36,16	36,03	3,0549	2,922	0,1325	0,043	4,34	6,75
VO4/C	orná	33,78	37,204	3,42	37,152	37,01	3,3683	3,231	0,1378	0,041	4,09	6,73
VO5/A	orná	34	36,057	2,06	36,035	35,9	2,0346	1,905	0,13	0,064	6,39	6,57
VO5/B	orná	40,36	42,978	2,62	42,953	42,84	2,5937	2,484	0,1095	0,042	4,22	6,96
VO5/C	orná	33,79	37,379	3,59	37,358	37,25	3,5658	3,458	0,108	0,03	3,03	5,85
VO6/A	orná	31,08	34,021	2,94	33,956	33,76	2,8793	2,687	0,1923	0,067	6,68	6,65
VO6/B	orná	30,2	32,9	2,7	32,869	32,74	2,6696	2,541	0,1283	0,048	4,81	6,35
VO6/C	orná	36,92	38,817	1,9	38,805	38,74	1,8852	1,819	0,0667	0,035	3,54	6,87
VO7/A	orná	34,58	37,073	2,49	37,047	36,92	2,4653	2,34	0,1249	0,051	5,07	6,67
VO7/B	orná	38,02	41,76	3,74	41,723	41,54	3,6997	3,52	0,1797	0,049	4,86	6,68
VO7/C	orná	34,93	38,031	3,1	38,002	37,86	3,0683	2,927	0,1418	0,046	4,62	6,72
VO8/A	orná	36,45	39,034	2,58	39,007	38,84	2,5551	2,39	0,1654	0,065	6,47	6,68
VO8/B	orná	36,48	38,058	1,58	38,046	37,94	1,5709	1,469	0,1018	0,065	6,48	6,85
VO8/C	orná	38,6	42,009	3,41	41,969	41,81	3,3681	3,207	0,1608	0,048	4,77	6,92
VO9/A	orná	38,02	40,305	2,29	40,283	40,15	2,2651	2,134	0,1311	0,058	5,79	6,46
VO9/B	orná	38,59	42,099	3,51	42,06	41,9	3,4666	3,305	0,1612	0,047	4,65	6,77
VO9/C	orná	31,5	34,145	2,65	34,122	34,01	2,627	2,511	0,1163	0,044	4,43	6,76

Lokalita :Veverský potok

Datum měření: 31.1. a 1.2..2007

Kotousová Zdeňka

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek+ navážka (g)	navážka (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
H1/A	orná	31,43	34,312	2,88	34,252	34,01	2,822	2,58	0,2418	0,086	8,57	7,01
H1/B	orná	31,687	33,696	2,01	33,648	33,476	1,96	1,788	0,1719	0,088	8,77	7,2
H1/C	orná	36,46	38,581	2,12	38,526	38,336	2,066	1,877	0,1899	0,092	9,19	7
H2/A	TTP	33,791	35,47	1,68	35,408	35,132	1,618	1,341	0,2762	0,171	17,08	4,4
H2/B	TTP	31,501	33,706	2,21	33,662	33,521	2,161	2,02	0,1412	0,065	6,53	5,4
H2/C	TTP	32,131	34,68	2,55	34,646	34,571	2,515	2,44	0,0748	0,03	2,97	5,66
H3/A	TTP	30,206	32,009	1,8	31,942	31,656	1,736	1,451	0,2854	0,164	16,44	4,46
H3/B	TTP	30,986	33,138	2,15	33,092	33,002	2,105	2,016	0,0892	0,042	4,24	5,33
H3/C	TTP	30,102	32,032	1,93	31,988	31,874	1,886	1,771	0,1143	0,061	6,06	4,79
H4/A	TTP	32,071	34,394	2,32	34,347	34,166	2,276	2,095	0,1807	0,079	7,94	4,34
H4/B	TTP	33,104	34,837	1,73	34,806	34,685	1,702	1,581	0,1207	0,071	7,09	5,15
H4/C	TTP											
H5/A	orná	32,131	34,481	2,35	34,802	34,634	2,671	2,503	0,1682	0,063	6,30	6,66
H5/B	orná	32,132	34,377	2,25	33,343	33,198	1,211	1,066	0,1449	0,12	11,97	6,41
H5/C	orná	36,483	39,244	2,76	39,207	39,087	2,724	2,604	0,1195	0,044	4,39	5,63
H6/A	les	38,025	39,182	1,16	39,14	38,906	1,115	0,881	0,2336	0,21	20,95	5,13
H6/B	les	31,078	33,526	2,45	33,486	33,353	2,408	2,275	0,1331	0,055	5,53	4,81
H6/C	les	32,993	36,053	3,06	36,013	35,908	3,021	2,915	0,1055	0,035	3,49	6,37
H7/A	les	35,158	37,694	2,54	37,632	37,415	2,474	2,257	0,217	0,088	8,77	5,87
H7/B	les	40,366	43,342	2,98	43,284	43,11	2,918	2,744	0,1743	0,06	5,97	6,1
H7/C	les	36,929	39,534	2,61	39,495	39,373	2,567	2,444	0,1225	0,048	4,77	5,49
H8/A	les	40,367	42,441	2,07	42,392	42,223	2,025	1,856	0,1686	0,083	8,33	5,52
H8/B	les	33,104	35,736	2,63	35,698	35,601	2,593	2,497	0,0967	0,037	3,73	5,47
H8/C	les	38,602	42,832	4,23	42,798	42,707	4,195	4,104	0,0907	0,022	2,16	5,29
H9/A	TTP	35,158	37,651	2,49	37,593	37,351	2,435	2,193	0,2423	0,099	9,95	5,33
H9/B	TTP	38,023	40,363	2,34	40,325	40,203	2,302	2,18	0,1218	0,053	5,29	5,7
H9/C	TTP	31,502	33,732	2,23	33,702	33,591	2,2	2,089	0,1109	0,05	5,04	5,3
H11/A	orná	36,483	39,377	2,89	39,334	39,162	2,852	2,68	0,172	0,06	6,03	6,29
H11/B	orná	33,791	35,943	2,15	35,909	35,799	2,118	2,008	0,1099	0,052	5,19	6,18
H11/C	orná	34	36,885	2,88	36,848	36,724	2,848	2,723	0,1248	0,044	4,38	6,36
H13/A	les	31,686	33,601	1,92	33,547	33,298	1,861	1,612	0,2489	0,134	13,38	4,04
H13/B	les	36,482	38,497	2,02	38,452	38,25	1,971	1,769	0,2018	0,102	10,24	4,45
H13/C	les	38,024	40,393	2,37	40,35	40,218	2,326	2,195	0,1317	0,057	5,66	4,7
H14/A	les	36,925	39,072	2,15	38,996	38,601	2,071	1,676	0,395	0,191	19,07	4,09
H14/B	les	32,071	34,272	2,2	34,222	34,05	2,151	1,979	0,1716	0,08	7,98	4,55
H14/C	les	38,602	40,842	2,24	40,804	40,695	2,202	2,093	0,1092	0,05	4,96	4,91

Lokalita : Bedřichovský potok

Datum měření: 29.1.;30.1. a 31.1.2007

Kotousová Zdeňka

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek+ navážka (g)	navážka (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abss v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
BO1/A	TTP	40,3696	42,73	2,362	42,694	42,55	2,324	2,1784	0,146	0,063	6,27	5,77
BO1/B	TTP	38,6018	40,57	1,964	40,542	40,45	1,94	1,8461	0,094	0,048	4,84	6
BO1/C	TTP	34,0006	36,54	2,537	36,51	36,4	2,509	2,3993	0,11	0,044	4,38	6
BO2/A	TTP	30,0981	31,97	1,87	31,94	31,82	1,842	1,7225	0,12	0,065	6,50	5,73
BO2/B	TTP	38,6013	40,58	1,977	40,549	40,45	1,948	1,8487	0,099	0,051	5,08	5,71
BO2/C	TTP	40,3652	42,86	2,493	42,827	42,73	2,462	2,3684	0,094	0,038	3,80	5,33
BO3/A	TTP	33,7909	35,6	1,806	35,555	35,36	1,764	1,5739	0,19	0,108	10,79	7,19
BO3/B	TTP	35,1562	37,41	2,254	37,362	37,21	2,206	2,0527	0,153	0,069	6,94	6,28
BO3/C	TTP											
BO4/A	les	32,1311	34,07	1,941	33,996	33,62	1,865	1,4933	0,372	0,199	19,94	4,25
BO4/B	les	36,9247	39,1	2,171	39,051	38,89	2,126	1,97	0,156	0,074	7,35	5,08
BO4/C	les	30,1012	32,02	1,915	31,983	31,89	1,882	1,7865	0,095	0,051	5,07	4,81
BO6/A	les	34,6435	36,45	1,811	36,395	36,29	1,752	1,6513	0,1	0,057	5,73	4,35
BO6/B	les	30,9863	33,16	2,17	33,116	32,99	2,13	2,003	0,127	0,06	5,95	4,77
BO6/C	les	32,9901	35,49	2,5	35,449	35,33	2,458	2,337	0,121	0,049	4,94	4,69
BO7/A	orná	36,9253	39,56	2,631	39,515	39,38	2,59	2,4501	0,14	0,054	5,39	6,1
BO7/B	orná	33,105	35,64	2,536	35,605	35,56	2,5	2,4581	0,041	0,017	1,66	6,2
BO7/C	orná	32,1321	34,11	1,983	34,091	34	1,958	1,8699	0,088	0,045	4,52	6,16
BO8/A	orná	36,4816	38,66	2,174	38,617	38,44	2,135	1,9544	0,181	0,085	8,47	6,6
BO8/B	orná	30,9858	33,28	2,295	33,232	33,05	2,247	2,0632	0,183	0,082	8,16	5,84
BO8/C	orná	34,5866	37,28	2,69	37,257	37,04	2,67	2,4507	0,219	0,082	8,22	6,1
BO9/A	orná	38,024	40,54	2,517	40,489	40,29	2,465	2,2692	0,196	0,079	7,94	6,44
BO9/B	orná	33,9907	37,3	3,309	37,22	36,97	3,23	2,9762	0,253	0,078	7,85	5,8
BO9/C	orná	33,7911	36,56	2,77	36,529	36,43	2,738	2,6403	0,098	0,036	3,57	6,25
B10/A	orná	31,4291	33,93	2,5	33,892	33,77	2,463	2,3427	0,12	0,049	4,88	5,48
B10/B	orná	36,4566	38,51	2,058	38,489	38,39	2,032	1,9335	0,099	0,049	4,87	6,63
B10/C	orná	32,0714	34,05	1,978	34,026	33,94	1,955	1,8716	0,083	0,043	4,26	5,8
B11/A	orná	31,5015	33,96	2,463	33,932	33,79	2,43	2,2921	0,138	0,057	5,69	6,02
B11/B	orná	31,0783	33,98	2,898	33,929	33,78	2,851	2,6969	0,154	0,054	5,39	5,75
B11/C	orná	30,2068	33,22	3,013	33,18	33,05	2,973	2,8407	0,132	0,045	4,45	6,17
B12/A	les	31,0784	32,43	1,355	32,403	32,25	1,325	1,1722	0,152	0,115	11,50	4,95
B12/B	les	31,501	33,95	2,453	33,906	33,78	2,405	2,2767	0,128	0,053	5,33	5,1
B12/C	les	32,0705	34,57	2,504	34,539	34,44	2,468	2,3653	0,103	0,042	4,17	4,87
B13/A	les	31,6865	33,01	1,319	32,908	32,32	1,221	0,6345	0,587	0,481	48,05	3,83
B13/B	les	36,4574	38,19	1,728	38,117	37,78	1,659	1,3268	0,332	0,2	20,03	4,58
B13/C	les	33,1041	34,99	1,89	34,941	34,78	1,837	1,6747	0,162	0,088	8,81	5,07
B14/A	les	30,2065	31,73	1,52	31,67	31,43	1,463	1,2193	0,244	0,167	16,67	4,49
B14/B	les	31,4283	33,31	1,886	33,285	33,18	1,857	1,7566	0,1	0,054	5,38	5,45
B14/C	les	35,1563	37,11	1,958	37,087	37	1,931	1,8422	0,089	0,046	4,59	4,82

Lokalita :Váčekový potok

Datum měření: 2001

Hellebrandová Kateřina

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
VL1/1	les	12,95	14,912	14,528	1,9573	1,5733	0,384	0,1962	19,62	4,04
VL1/2	les	13,61	16,022	15,875	2,4135	2,2665	0,147	0,0609	6,09	5,15
VL1/3	les	14,4	16,338	16,262	1,9403	1,8644	0,0759	0,0391	3,91	5,58
VL2/1	les	13,58	15,758	15,322	2,1769	1,7411	0,4358	0,2002	20,02	3,86
VL2/2	les	34,1	36,645	36,44	2,5415	2,3368	0,2047	0,0805	8,05	
VL2/3	les	13,65	16,128							5,56
VL3/1	les	15,24	17,166	16,816	1,9247	1,5751	0,3496	0,1816	18,16	3,96
VL3/2	les	34,11	37,324	37,115	3,2185	3,0097	0,2088	0,0649	6,49	4,53
VL3/3	les	13,58	15,619	15,544	2,0372	1,9618	0,0754	0,037	3,70	5,13
VO4/1	orná	15,78	17,917	17,804	2,1338	2,0202	0,1136	0,0532	5,32	6,93
VO4/2	orná	14,39	16,595	16,483	2,2023	2,0906	0,1117	0,0507	5,07	6,58
VO4/3	orná	12,66	14,745	14,647	2,0886	1,991	0,0976	0,0467	4,67	6,55
VO5/1	orná	14,46	16,619	16,494	2,157	2,0326	0,1244	0,0577	5,77	6,5
VO5/2	orná	13,73	16,049	15,915	2,3183	2,1852	0,1331	0,0574	5,74	6,67
VO5/3	orná	14,71	16,902	16,832	2,1891	2,1183	0,0708	0,0323	3,23	6,71
VO6/1	orná	15,23	17,848	17,688	2,6178	2,4572	0,1606	0,0613	6,13	6,66
VO6/2	orná	14,93	16,884	16,756	1,9586	1,8307	0,1279	0,0653	6,53	6,65
VO6/3	orná	14,4	16,3	16,183	1,9004	1,7837	0,1167	0,0614	6,14	6,76
VO7/1	orná	13,34	15,385	15,276	2,0406	1,9315	0,1091	0,0535	5,35	6,55
VO7/2	orná	13,52	16,034	15,891	2,5119	2,3688	0,1431	0,057	5,70	6,33
VO7/3	orná	12,96	14,922	14,83	1,9667	1,8745	0,0922	0,0469	4,69	6,69
VO8/1	orná	13,7	15,707	15,604	2,0058	1,9025	0,1033	0,0515	5,15	6,32
VO8/2	orná	13,58	15,28	15,183	1,6979	1,6015	0,0964	0,0568	5,68	6,39
VO8/3	orná	13,48	15,629	15,524	2,1515	2,0461	0,1054	0,049	4,90	6,61
VO9/1	orná	13,91	15,788	15,695	1,8758	1,7836	0,0922	0,0492	4,92	6,67
VO9/2	orná	13,47	16,435	16,278	2,9638	2,807	0,1568	0,0529	5,29	6,58
VO9/3	orná	14,05	16,303	16,199	2,2527	2,1483	0,1044	0,0463	4,63	6,44

Lokalita : Veverský potok

Datum měření: 2001

Hellebrandová Kateřina

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
HO1/1	orná	13,972	15,62	15,5	1,644	1,526	0,1186	0,0721	7,21	6,56
HO1/2	orná	14,397	16,12	16	1,728	1,603	0,1247	0,0722	7,22	6,38
HO1/3	orná	15,231	17,02	16,9	1,79	1,669	0,121	0,0676	6,76	6,51
HT2/1	TTP	14,459	16,36	15,92	1,903	1,458	0,445	0,2339	23,39	4,37
HT2/2	TTP	12,869	15,18	15,02	2,313	2,152	0,161	0,0696	6,96	5,26
HT2/3	TTP	13,523	15,48	15,4	1,954	1,873	0,081	0,0415	4,15	6,4
HT3/1	TTP	13,586	15,66	15,19	2,075	1,602	0,4734	0,2281	22,81	4,6
HT3/2	TTP	14,878	17,26	17,11	2,381	2,231	0,1504	0,0632	6,32	5,14
HT3/3	TTP	14,393	16,93	16,82	2,534	2,425	0,1085	0,0428	4,28	5,9
HT4/1	TTP	14,714	16,32	15,92	1,607	1,204	0,4033	0,2509	25,09	4,13
HT4/2	TTP	14,052	15,92	15,79	1,871	1,737	0,1338	0,0715	7,15	4,99
HT4/3	TTP	14,399	16,07	15,99	1,667	1,591	0,0767	0,046	4,60	5,53
HO5/1	orná	13,523	15,06	15	1,539	1,475	0,0646	0,042	4,20	6,77
HO5/2	orná	13,911	16,05	15,93	2,143	2,015	0,1281	0,0598	5,98	7,01
HO5/3	orná	13,649	15,6	15,5	1,953	1,847	0,1063	0,0544	5,44	6,88
HL6/1	les	14,926	16,96	16,67	2,038	1,749	0,2892	0,1419	14,19	4,15
HL6/2	les	13,973	15,76	15,67	1,791	1,695	0,0961	0,0537	5,37	4,65
HL6/3	les	13,609	16,17	16,06	2,562	2,455	0,1076	0,042	4,20	5,28
HL7/1	les	14,313	16,22	16,03	1,908	1,72	0,1881	0,0986	9,86	6,8
HL7/2	les	13,581	15,33	15,24	1,747	1,655	0,0917	0,0525	5,25	6,65
HL7/3	les	13,344	15,48	15,39	2,14	2,048	0,0914	0,0427	4,27	6,94
HL8/1	les	14,705	16,68	16,49	1,978	1,788	0,1898	0,096	9,60	6,84
HL8/2	les	13,913	15,78	15,68	1,867	1,766	0,1003	0,0537	5,37	6,93
HL8/3	les	14,704	16,47	16,41	1,77	1,701	0,0696	0,0393	3,93	6,92
HT9/1	TTP	18,061	20,26	20,01	2,203	1,954	0,2493	0,1132	11,32	6,46
HT9/2	TTP	13,702	15,7	15,58	1,994	1,882	0,1114	0,0559	5,59	6,04
HT9/3	TTP	15,241	17,58	17,48	2,337	2,236	0,1007	0,0431	4,31	6,19
HO11/1	orná	14,714	16,54	16,42	1,827	1,705	0,1217	0,0666	6,66	7,86
HO11/2	orná	14,242	16,34	16,21	2,1	1,968	0,132	0,0628	6,28	7,24
HO11/3	orná	14,459	16,6	16,53	2,143	2,071	0,0724	0,0338	3,38	6,68
HL13/1	les	12,656	14,65	14,04	1,995	1,384	0,6105	0,3061	30,61	4,2
HL13/2	les	15,232	17,38	17,22	2,147	1,987	0,1604	0,0747	7,47	5,23
HL13/3	les	15,783	17,96	17,87	2,182	2,087	0,0951	0,0436	4,36	4,77
HL14/1	les	15,728	17,88	17,54	2,153	1,808	0,3443	0,1599	15,99	4,3
HL14/2	les	13,648	15,8	15,64	2,152	1,996	0,1563	0,0726	7,26	5,52
HL14/3	les	14,24	16,25	16,15	2,006	1,908	0,0981	0,0489	4,89	5,81

Lokalita :Bedřichovský potok

Datum měření: 2001

Hellebrandová Kateřina

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek+ popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	pH
BT1/1	TTP	14,93	17,015	16,79	2,0898	1,868	0,222	0,106	10,64	
BT1/2	TTP	13,7	15,795	15,67	2,0929	1,968	0,124	0,059	5,95	6,39
BT1/3	TTP	14,71	17,115	17	2,4008	2,288	0,113	0,047	4,69	6,34
BT2/1	TTP	14,71	16,762	16,63	2,057	1,928	0,129	0,063	6,28	6,32
BT2/2	TTP	15,23	17,292	17,18	2,0601	1,953	0,107	0,052	5,21	6,49
BT2/3	TTP	13,97	16,268	16,16	2,2943	2,189	0,105	0,046	4,59	6,57
BT3/1	TTP	32,68	35,094	34,87	2,4182	2,192	0,226	0,094	9,35	6,6
BT3/2	TTP	34,92	39,511	39,24	4,5951	4,322	0,273	0,059	5,93	6,68
BT3/3	TTP	34,98	39,926	39,72	4,9446	4,736	0,209	0,042	4,22	6,6
BL4/1	les	14,31	16,51	15,94	2,199	1,633	0,566	0,257	25,73	3,85
BL4/2	les									
BL4/3	les	32,68	35,235	35,08	2,5576	2,398	0,16	0,062	6,24	5,17
BL6/1	les	34,63	37,994	36,49	3,3678	1,863	1,505	0,447	44,67	3,93
BL6/2	les	13,97	15,81	15,63	1,8365	1,659	0,177	0,096	9,65	4,67
BL6/3	les	14,71	17,155	17,02	2,4488	2,317	0,132	0,054	5,39	5,55
BO7/1	orná	15,73	17,729	17,63	2,0019	1,902	0,1	0,05	4,99	6,22
BO7/2	orná	15,24	17,479	17,36	2,2375	2,121	0,116	0,052	5,21	6,82
BO7/3	orná	13,52	15,783	15,68	2,2601	2,159	0,101	0,045	4,47	6,39
BO8/1	orná	12,87	15,929	15,78	3,0595	2,912	0,147	0,048	4,81	6,12
BO8/2	orná	13,34	15,486	15,38	2,1426	2,04	0,103	0,048	4,79	6,4
BO8/3	orná	14,7	16,821	16,74	2,1166	2,039	0,078	0,037	3,67	6,58
BO9/1	orná	13,65	15,911	15,8	2,2637	2,151	0,113	0,05	5,00	6,59
BO9/2	orná	15,73	17,822	17,73	2,0933	2	0,094	0,045	4,48	7
BO9/3	orná	13,58	15,634	15,56	2,0541	1,984	0,07	0,034	3,42	6,88
BO10/1	orná	12,66	15,591	15,46	2,9358	2,8	0,136	0,046	4,64	6,63
BO10/2	orná	12,13	15,285	15,15	3,1526	3,015	0,138	0,044	4,37	6,64
BO10/3	orná	13,91	16,167	16,08	2,2564	2,174	0,083	0,037	3,66	6,77
BO11/1	orná	14,88	17,165	17,04	2,2869	2,159	0,128	0,056	5,60	6,44
BO11/2	orná	33,67	36,669	36,5	3,0009	2,83	0,17	0,057	5,68	6,56
BO11/3	orná	14,7	16,418	16,34	1,7152	1,637	0,079	0,046	4,59	6,52
BL12/1	les	14,46	16,46	16,02	2,0006	1,561	0,44	0,22	21,99	4,01
BL12/2	les	13,73	15,78	15,64	2,0491	1,91	0,139	0,068	6,78	5,14
BL12/3	les	15,78	17,72	17,65	1,9376	1,864	0,073	0,038	3,79	
BL13/1	les	14,05	15,542	14,71	1,4917	0,661	0,831	0,557	55,68	3,72
BL13/2	les	14,31	16,461	16,17	2,1509	1,857	0,294	0,137	13,68	4,34
BL13/3	les	18,06	20,493	20,32	2,4327	2,263	0,169	0,07	6,96	5,23
BL14/1	les	14,88	16,331	15,88	1,4519	0,996	0,456	0,314	31,39	3,79
BL14/2	les	14,39	16,201	16,05	1,8069	1,651	0,156	0,086	8,62	4,57
BL14/3	les	14,24	16,556	16,31	2,3161	2,069	0,247	0,107	10,67	5,15

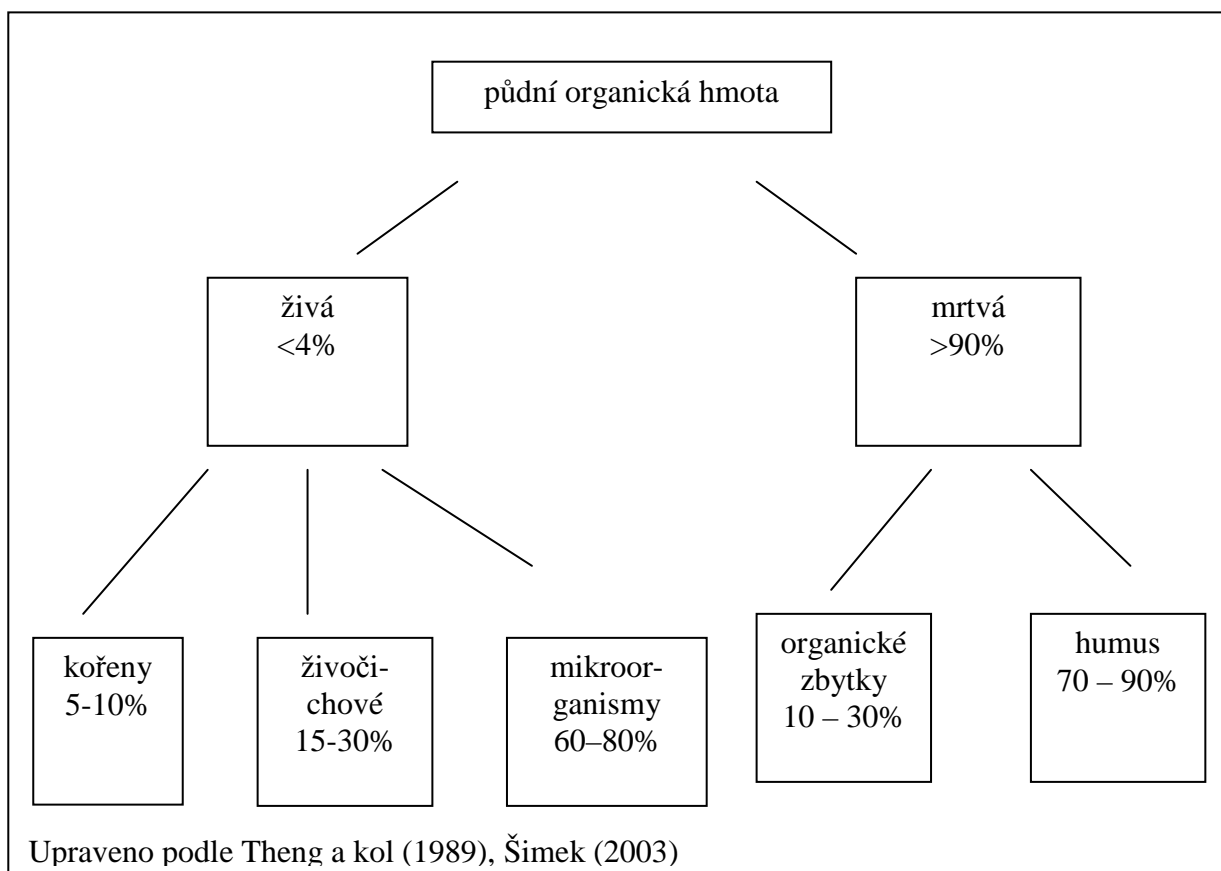
Lokalita :Pasecký potok

Datum měření: 2001

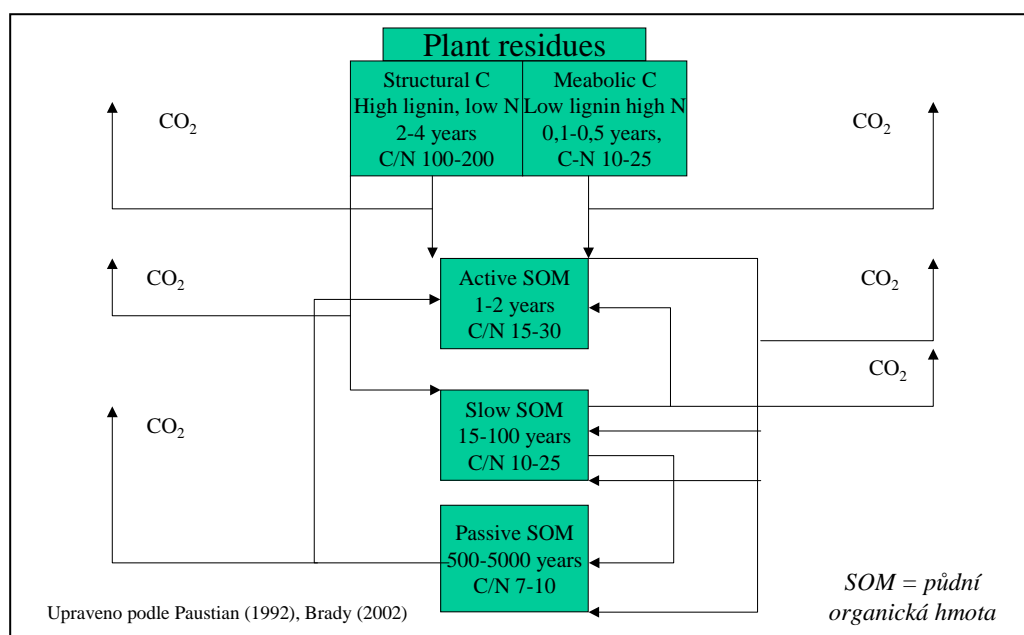
Hellebrandová Kateřina

číslo vzorku	porostový typ	kelímek (g)	kelímek + navážka (g)	navážka (g)	kelímek + sušina (g)	kelímek + popel (g)	sušina (g)	popel (g)	ztráta abs. v gramech	ztráta na 1g	ztráta v %	AD/OD	pH
PL1/1	les	13,58	15,62	2,03	15,47	14,5	1,888	0,9162	0,972	0,515	51,47	0,928	3,62
PL1/2	les	14,4	16,41	2,01	16,3	15,651	1,8996	1,2501	0,65	0,342	34,19	0,947	3,78
PL1/3	les	12,87	14,89	2,01	14,81	14,528	1,9426	1,6565	0,286	0,147	14,73	0,965	4,53
PL2/1	les	34,98			37,25	37,206	2,266	2,2248	0,041	0,018	1,82		3,99
PL2/2	les	18,06	20,61	2,54	20,53	20,241	2,4633	2,1766	0,287	0,116	11,64	0,969	4,6
PL2/3	les	12,66	13,89	1,23	13,87	13,761	1,2142	1,1048	0,109	0,09	9,01	0,984	5,23
PL3/1	les	14,05	16,06	2,01	15,95	15,238	1,8953	1,1846	0,711	0,375	37,50	0,944	3,8
PL3/2	les	14,05	15,27	1,22	15,23	15,006	1,1749	0,9561	0,219	0,186	18,62	0,967	4,36
PL3/3	les	18,06	19,9	1,84	19,87	19,718	1,8083	1,6581	0,15	0,083	8,31	0,982	4,77
PL4/1	les	13,89	15,15	1,26	15,07	14,46	1,1836	0,5699	0,614	0,519	51,85	0,938	4,07
PL4/2	les	12,95	14,01	1,05	13,99	13,845	1,0312	0,8898	0,141	0,137	13,71	0,981	4,34
PL4/3	les	34,92	36,95	2,04	36,93	36,792	2,0115	1,8737	0,138	0,069	6,85	0,988	5,32
PT6/1	TTP	34,63	36,7	2,07	36,65	36,321	2,0194	1,6935	0,326	0,161	16,14	0,977	5,94
PT6/2	TTP	15,73	17,81	2,08	17,76	17,594	2,0329	1,8646	0,168	0,083	8,28	0,975	6,12
PT6/3	TTP	32,66	34,81	2,15	34,78	34,679	2,123	2,023	0,1	0,047	4,71	0,987	
PL8/1	les	13,98	16	2,03	15,88	15,002	1,9054	1,0269	0,878	0,461	46,11	0,939	
PL8/2	les	13,61	15,62	2,01	15,56	15,293	1,9439	1,6813	0,263	0,135	13,51	0,968	4,5
PL8/3	les	15,25	17,56	2,31	17,5	17,342	2,2556	2,0972	0,158	0,07	7,02	0,975	5,16
PL9/1	les	14,46	16,6	2,14	16,51	15,962	2,0472	1,5018	0,545	0,266	26,64	0,956	4,25
PL9/2	les	14,4	16,41	2,01	16,4	16,142	2,001	1,7472	0,254	0,127	12,68	0,995	4,9
PL9/3	les	14,88	17,28	2,4	17,24	17,087	2,3568	2,207	0,15	0,064	6,36	0,983	5,08
PT10/1	TTP	13,61	14,72	1,12	14,71	14,656	1,1044	1,0469	0,057	0,052	5,21	0,99	6,38
PT10/2	TTP	14,31			16,52	16,387	2,2042	2,0749	0,129	0,059	5,87		7,08
PT10/3	TTP	14,39	15,6	1,21	15,59	15,55	1,193	1,1564	0,037	0,031	3,07	0,99	6,75
PT11/1	TTP	35,19	37,46	2,27	37,4	37,059	2,2138	1,8685	0,345	0,156	15,60	0,974	6,4
PT11/2	TTP	14,93	17	2,07	16,94	16,742	2,0139	1,8148	0,199	0,099	9,89	0,971	6,61
PT11/3	TTP	14,24	16,26	2,02	16,21	16,064	1,9688	1,8217	0,147	0,075	7,47	0,977	6,46
PT12/1	TTP	33,67	35,96	2,29	35,9	35,712	2,2312	2,0427	0,188	0,084	8,45	0,975	6,36
PT12/2	TTP	13,91	16,08	2,17	16,03	15,836	2,1127	1,9227	0,19	0,09	8,99	0,974	
PT12/3	TTP	14,71	16,57	1,86	16,55	16,426	1,838	1,7176	0,12	0,066	6,55	0,986	6,62
PT13/1	TTP	14,71	16,74	2,03	16,68	16,393	1,9624	1,678	0,284	0,145	14,49	0,967	6,38
PT13/2	TTP	13,58	15,73	2,15	15,69	15,542	2,1068	1,9598	0,147	0,07	6,98	0,98	6,58
PT13/3	TTP	14,71	16,74	2,04	16,7	16,592	1,9943	1,8856	0,109	0,055	5,45	0,979	6,21
PT14/1	TTP	34,1	36,48	2,37	36,43	36,17	2,3303	2,0663	0,264	0,113	11,33	0,982	6,58
PT14/2	TTP	32,68	35,44	2,76	35,4	35,207	2,7259	2,5289	0,197	0,072	7,23	0,987	6,5
PT14/3	TTP	34,98	37,31	2,33	37,29	37,191	2,3046	2,2086	0,096	0,042	4,17	0,99	6,65

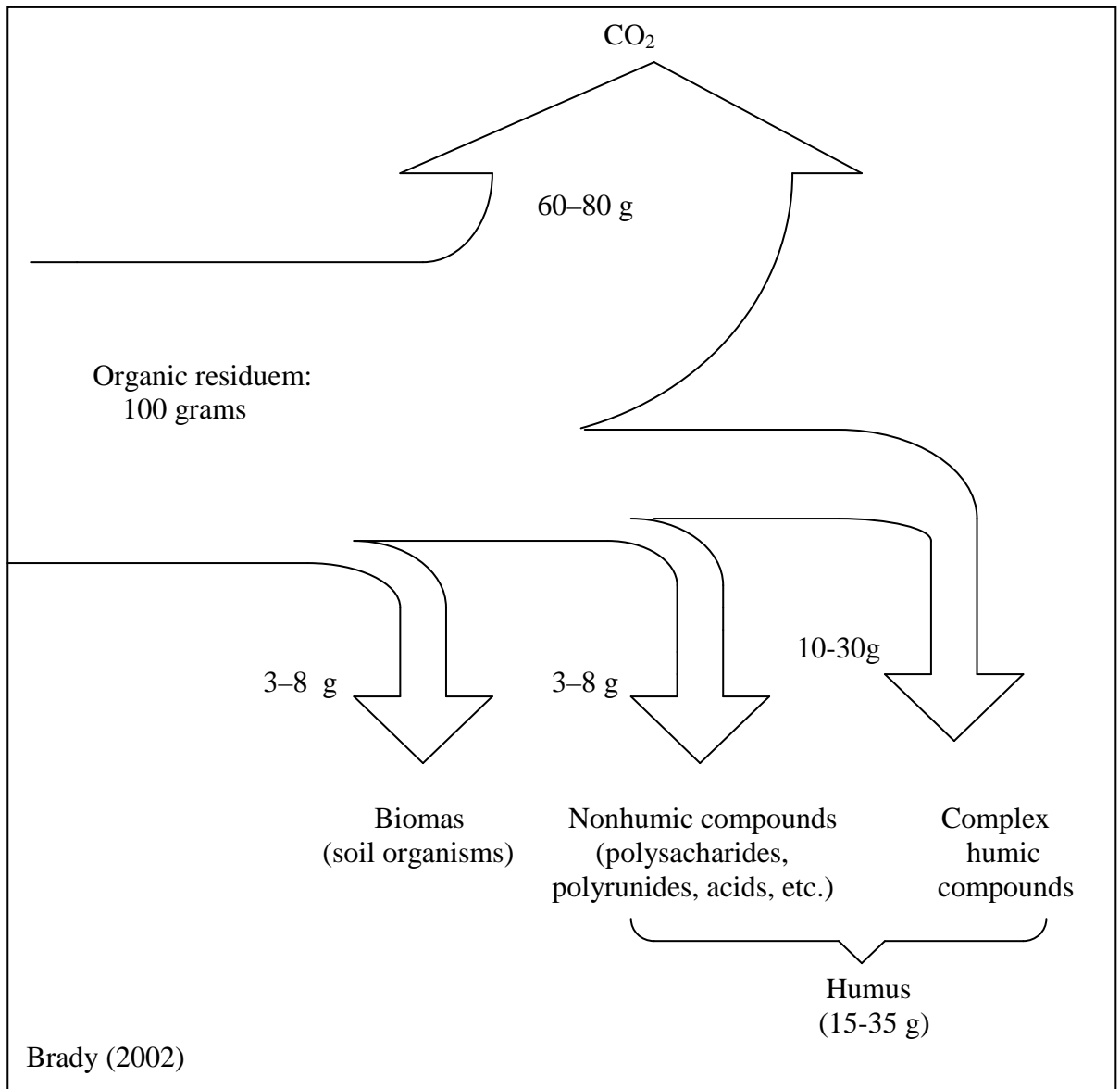
Obrázek číslo 9: Třídění půdní organické hmoty.



Obrázek číslo 10: Třídění půdní organické hmoty podle rozložitelnosti



Obrázek číslo 11: Osud organické hmoty po vnesení do půdy.



Obrázek číslo 12: Rozdělení organických látek v půdě a klasifikace humusových látek.

