

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Katedra fyzické geografie a geoekologie

**Tereza Zádorová**

**VLASTNOSTI A PODMÍNKY VZNIKU  
KOLUVIZEMÍ VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH**

Diplomová práce

Diplomová práce byla uznána dle Rigorózního řádu UK a PŘF jako práce rigorózní  
dne ..... *4.11.2008* .....


UNIVERZITA KARLOVA v Praze  
Přírodovědecká fakulta  
Studijní oddělení  
Albertov 6, 128 43 Praha 2  
IČO: 00216208, DIČ: CZ 00216208  
UK 89

Vedoucí diplomové práce RNDr. Luděk Šefrna, CSc.

Praha 2005

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně na základě  
terénního výzkumu a s použitím uvedené literatury.

V Praze dne 24.4.2005

  
Tereza Zádorová

Poděkování všem, kteří se, ať už jakýmkoli způsobem, podíleli na vzniku předkládané práce. Především děkuji RNDr. Lud'ku Šefrnovi, CSc. za vstřícný přístup a řadu cenných rad a zkušeností. Dále děkuji své rodině a přátelům za soustavnou podporu.

## VLASTNOSTI A PODMÍNKY VZNIKU KOLUVIZEMÍ VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH

### ABSTRAKT

Koluvizemě jsou půdním typem se specifickým geografickým rozšířením, vázaným na konkávní polohy svahů a terénní deprese. Hlavním diagnostickým znakem je výrazný horizont akumulace materiálu transportovaného z horních částí svahu nejčastěji vodní erozí. Další specifikum spočívá v úzkém propojení procesu koluviace s antropogenními vlivy, zejména s odlesněním a intenzivním zemědělským využíváním pozemků. Práce se zabývá vlastnostmi půdního typu koluvizemí a podmínkami jejich vzniku. Terénní výzkum byl prováděn v pěti vybraných územích lokalizovaných ve středních Čechách. V každé lokalitě bylo umístěno několik sond v různých částech svahu. Na základě pozorování v terénu bylo v konvexních částech svahů zjištěno výrazné ochuzování svrchní části půdního profilu o jemné částice, celkové snižování mocnosti profilu a nárůst štěrkovitosti. Na úpatí a v konkávních částech naopak dochází k akumulaci půdního materiálu transportovaného z horních částí svahu. Intenzita tohoto procesu a mocnost akumulovaného horizontu závisí na typu podloží, půdních vlastnostech a způsobu využívání pozemku. Laboratorní analýzou odebraných vzorků byl potvrzen u všech vzorků nárůst podílu jílovité a prachovité frakce v dolní části svahu. Chemické charakteristiky, které mohou být do značné míry ovlivněny lokálními antropogenními zásahy do půdního krytu (hnojení, vápnění...), vykazují značné rozdíly. Obsah humusu se ve většině případů zvyšuje směrem k úpatí a zůstává konstantní i v akumulovaném horizontu. Při intenzivní erozi, kdy je transportován i minerální materiál ze spodiny, může obsah humusu v ornici i akumulovaném horizontu na úpatí naopak klesat. Vývoj půdní reakce v rámci svahu odráží zejména charakter substrátu. Kyselé podloží implikuje snižování pH v horní části svahu, naopak neutrální či bazické horniny mohou způsobit zvýšení pH v erodovaném profilu. V případě sorpčních charakteristik nebyla zjištěna jasná závislost na pozici půdního profilu ve svahovém systému. Závěrem lze uvést, že koluviální horizonty výrazné mocnosti (až 0,7 m) byly nalezeny v lokalitách budovaných horninami nižší geomorfologické hodnoty, s půdami střední zrnitosti s vysokým obsahem prachových částic, které byly dlouhodobě obdělávány.

*Klíčová slova:* koluvizem, půdní typ, půdní eroze, půdní profil, svah

## Obsah

1. Úvod .....	3
2. Cíl práce .....	5
3. Kolvizemě v pedogeografickém, geologickém, ekologickém a historickém kontextu .....	6
<b>3.1 Kolvizemě jako půdní typ</b> .....	6
3.1.1 Úvod do problematiky kolvizemí.....	6
3.1.2 Pedogeneze .....	6
3.1.3 Referenční horizonty .....	7
3.1.4 Zařazení do vyšší taxonomické jednotky .....	7
3.1.5 Subtypy a variety.....	8
3.1.6 Charakteristické vlastnosti.....	9
3.1.7 Geomorfologické poměry.....	9
<b>3.2 Kolvivia (koluviální sedimenty)</b> .....	10
3.2.1 Koluviální sedimenty z pedologického pohledu.....	10
3.2.2 Koluviální sedimenty z geologického pohledu.....	11
3.2.3 Výskyt koluviálních sedimentů V ČR.....	13
3.2.4 Kolvivace ve vztahu ke geomorfologické hodnotě hornin...	14
3.2.5 Datování koluviálních sedimentů.....	15
<b>3.3 Eroze jako hlavní proces vedoucí ke vzniku kolvizemí</b> .....	16
3.3.1 Typy eroze a erozní činitelé.....	16
3.3.2 Následky půdní eroze.....	19
3.3.3 Měření půdní eroze.....	20
<b>3.4 Člověk a jeho historický vliv na intenzitu půdní eroze</b> .....	22
4. Výsledky terénního výzkumu.....	30
<b>4.1 Metodika práce</b> .....	30
<b>4.2 Sedlčansko</b> .....	34
4.2.1 Fyzickogeografická charakteristika.....	34
4.2.2 Lokalita Kosova Hora.....	38
4.2.3 Lokalita Vojkov.....	51
4.2.4 Lokalita Osečany.....	64
4.2.5 Lokalita Křečovice .....	77
<b>4.3 Mělnicko</b> .....	91
4.3.1 Fyzickogeografická charakteristika.....	91

4.3.2 Lokalita Bosyně.....	93
<i>4.4 Shrnutí výsledků terénního výzkumu.....</i>	<i>105</i>
<b>5. Diskuse.....</b>	<b>118</b>
<b>6. Závěr.....</b>	<b>124</b>
<b>7. Seznam použité literatury.....</b>	<b>125</b>
<b>8. Seznam obrázků, map a tabulek.....</b>	<b>129</b>

# 1. Úvod

Koluvizemě jsou na poli pedologie poměrně novým a ne příliš zažitým pojmem. Pozornost si však dozajista zaslouží, a to nejen jako svébytný půdní typ se specifickým fungováním, fyzikálními i chemickými vlastnostmi, ale zároveň jako nezastupitelný prvek při stanovení rozsahu vlivů člověka na intenzitu erozních procesů a na krajinu a reliéf vůbec. Půdní eroze a degradace je dnes s ohledem na své dalekosáhlé ekologické i socioekonomické důsledky chápána jako jeden z nejožehavějších globálních problémů. Je to právě proces ochuzování půdního profilu na straně jedné a akumulace materiálu na straně druhé, který vede ke vzniku koluvizemí. Správné pochopení zákonitostí a podmínek vzniku tohoto půdního typu by mohlo pomoci lépe určit skutečnou hodnotu půdní eroze. Problematika koluviace je dále také mimořádně nosným a komplexním geografickým tématem, protože rovnocennými součástmi jsou zde četné fyzickogeografické faktory, specifická pozice v reliéfu i sociální a historické vlivy.

Ve své diplomové práci se snažím o zasazení půdního typu koluvizemě do širšího teoretického rámce zahrnujícího i proces zvýšené eroze, který je hlavním impulsem pro jejich formování. Zpracování výsledků terénního výzkumu pak ukazuje půdní poměry v konkrétních lokalitách v závislosti na pozici ve svahu a specifických stanovištních podmínkách. Cílem závěrečných kapitol je souhrnná prezentace výsledků a vytvoření modelových schémat vývoje půdního profilu a jeho vlastností z hlediska erozně-akumulačních procesů ve svahovém systému.

První část práce je rešerší z domácí a zahraniční literatury věnující se problematice koluvizemí či na obecnější úrovni svahové erozi. Zohledněny jsou přístupy pedologické, geologické, geoekologické i historické. Úvodní kapitoly vymezují koluvizem jako půdní typ, popisují její vlastnosti, podmínky vzniku, proces pedogeneze i specifickou pozici v krajině. Samostatná kapitola je věnována koluviálním sedimentům a různým přístupům v jejich chápání. V části práce se obšírněji zabývám procesy půdní eroze a jejich zasazením do obecnějšího ekologického a historického rámce.

Praktická část práce je prezentací výsledků terénního výzkumu, který byl prováděn v pěti zájmových lokalitách ve středních Čechách. Oblast byla vybrána na základě vhodných podmínek pro tento typ výzkumu (značná členitost terénu, dlouhodobé zemědělské využívání, rozmanitost geologického podloží) a dobré znalosti regionu. Na vybraných pozemcích bylo vyvrtáno několik sond, ze kterých byly odebrány vzorky pro další laboratorní zpracování. Každé z lokalit je věnována samostatná kapitola obsahující podrobný popis půdních profilů a vlastností půd odebraných ve svahu. Důležitou část tvoří i mapové (současné a historické využití půdy) a další grafické přílohy (schémata půdních profilů, grafy a diagramy, fotografické přílohy) a jejich interpretace. Stručná fyzickogeografická charakteristika se

přednostně zaměřuje na faktory bezprostředně ovlivňující půdní kryt. V závěrečném souhrnu se snažím o generalizaci poznatků získaných z terénního průzkumu i výsledků laboratorní analýzy a o uvedení podmínek a faktorů, které přispívají ke zvýšené erozi a akumulaci půdní masy a tím ke vzniku koluvizemí.

V případě problematiky koluvizemí není prozatím k dispozici rozsáhlá literatura. Musíme si uvědomit, že ve většině států není termín koluvizem zahrnut do klasifikačního systému půd. Čerpala jsem proto spíše z publikací věnujících se obecnějším tématům, jako je půdní eroze a změny ve vlastnostech půd na svahu, dále z děl geomorfologických a kvartérně geologických. Cennými prameny byly i česká a francouzská půdní klasifikace. V konkrétních lokalitách jsem kromě vlastního výzkumu vycházela i ze zpráv Komplexního průzkumu půd a četných mapových děl. Digitální kartografická data byla poskytnuta Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním.



## 2. Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je nejprve teoreticky nastínit základní poznatky o koluvizemích a jevech, které jsou považovány za zásadní při jejich formování. Ve druhé části vlastního výzkumu se pak budu snažit tyto poznatky aplikovat na konkrétní území a dosažené výsledky interpretovat a porovnat je s dalšími výzkumy zpracovávajícími podobné téma.

Základní otázkou, kterou jsem si před zpracováním výsledků pokládala, bylo jak a v důsledku jakých vlivů se mění charakter a vlastnosti půdního profilu ve svahu jako v relativně uzavřeném erozně-akumulačním systému, jaké jsou podmínky geneze akumulovaných koluviálních horizontů a v jakých případech vzniká půda nesoucí označení koluvizem. Konkrétně mě zajímaly odpovědi v následujících základních bodech:

### ❖ Změny

- statigrafie půdního profilu (sled a mocnost jednotlivých horizontů, jejich přechody a charakteristické znaky)
- půdních znaků v jednotlivých horizontech (struktura, konzistence, barva, provlhčení, oživení, znaky hydromorfismu)
- zrnitosti (posuny v podílu jílové frakce)
- chemických vlastností (sorpční vlastnosti, půdní reakce, obsah a kvalita humusu, obsah karbonátů a dalších látek)

### v různých částech svahu

### ❖ V závislosti na

- Konfiguraci reliéfu (sklon, délka a expozice svahu, přítomnost překážek přirozených i umělých ve formě terénních stupňů, mezí, náspů)
  - Charakteru matečné horniny (stáří a druh substrátu, stupeň zpevnění, geomorfologická hodnota, odolnost vůči zvětrávání, chemismus, minerální síla)
  - Klimatu (v tomto případě zejména roční chod srážek a jejich intenzita)
  - Historickém vývoji území (odlesnění a počátek obdělávání, změny v držbě půdy a velikosti pozemků, typy využití pozemku, existence protierozních opatření v minulosti)
  - Současném charakteru pozemku (způsob využívání, pěstované kultury, ochrana proti erozi)
- ❖ Vliv výše uvedených faktorů a podmínek na formování koluviálních horizontů a následně koluvizemí jako samostatného půdního typu s charakteristickými vlastnostmi
- ❖ Popis těchto vlastností a snaha o definování funkce koluvizemí v krajině na základě zobecnění dílčích výsledků z jednotlivých lokalit

### 3. Koluvizemě v pedogeografickém, geologickém, ekologickém a historickém kontextu

#### 3.1. Koluvizemě jako půdní typ

##### 3.1.1. *Úvod do problematiky koluvizemí*

**Koluvizemě** (koluvisolů či koluviální půdy) nejsou v pedologii novým pojmem, větší pozornost je jim však věnována až v posledních letech. Jejich hlavní význam spočívá ve faktu, že vzhledem k úzkému propojení s antropogenní činností mohou pomoci stanovit rozsah eroze a vlivů zemědělství a dalších lidských činností (zejména odlesňování) na půdní pokryv i na celkový ráz krajiny. Poznání jejich charakteristických chemických a fyzikálních vlastností, podmínek vzniku a vztahu k ostatním půdním typům může vést k rozšíření znalosti o vlivu půdní eroze na fungování a vlastnosti půdního pokryvu a ve svých důsledcích i k přesnější a účinnější aplikaci protierozních opatření a vhodných metod obdělávání půdy.

Koluvizemě jsou jako samostatné půdní typy zařazeny pouze v některých půdních klasifikacích (francouzská, německá), naopak v mnoha zemích jsou koluvizemě zahrnovány pod jiné půdní typy nebo se vyčleňují pouze jako subtypy (americká či FAO). V České republice byla již koluvizem postavena na úroveň ostatních klasických půdních typů, proto se objevuje v nově vytvořeném Taxonomickém klasifikačním systému půd ČR jako půdní typ KOLUVIZEM (KO) v rámci referenční třídy fluvisolů (spolu s fluvizemí).

Koluvizemě vznikají specifickými půdotvornými procesy (humifikace) na akumulacích *erozních sedimentů* (koluvií) různých chemických a fyzikálních vlastností ve *spodních částech svahů*, v konkávních prvcích svahů a terénních průlezech. V krajině zaujímají díky omezenému výskytu zcela specifickou funkci a roli. Koluvizemě jsou *recentní* půdy vznikající v holocénu. Předpokládá se, že jsou úzce vázány na *antropogenní činnost*, zejména odlesňování (Němeček a kol. 2002, Référentiel pédologique 1995).

##### 3.1.2. *Pedogeneze*

Svahové zvětralin - koluvia - jsou pedogenezí transformovány stejně jako ostatní mobilní horniny podobné stavby. Jako hlavní půdotvorný proces se uplatňuje zejména *humifikace*, v pozdějších fázích může být spojena s procesy charakteristickými pro jiné půdní typy, a to se slabou braunifikací (vnitropůdním zvětráváním), s počáteční podzolizací či ilimerizací. Rychlost půdotvorného procesu závisí zejména na stavu horniny z hlediska jejího předchozího porušení a relativním obohacení zvětralin.

Důležitou charakteristikou koluviálních půd je naprostá nezávislost koluvia a následně koluvizemě na hornině ležící pod ním a tedy dříve uloženou (může se jednat o horninu či pohřbenou půdu). Nicméně vzhledem k vlivu slézání, bioturbace a dalších jevů nelze vždy přesně určit dolní hranici koluviálního procesu. V mnoha případech též dochází k *sukcesivní koluviaci*, to znamená, že jsou různé koluviální materiály ukládány postupně a v současnosti se nacházejí v superpozici nebo více či méně smíšené. K dalším charakteristikám je třeba připojit, že při postupu směrem k úpatí svahu pozorujeme tendenci zvyšování mocností koluviálních uloženin (Référentiel pédologique 1995).

### 3.1.3. Referenční horizonty koluvizemí

U koluviálních půd nerozeznáváme žádné specifické referenční horizonty. *Humusový horizont* je kulturní – **Ap-orniční** (vytvořen orbou a běžnou kultivací) až **Az-antropický** (vytvořen výraznou antropogenní činností), u koluvizemí se jedná konkrétně o **Azx** (vzniká *navrstvením* materiálu humózních horizontů). Mocnost navrstveného humusového horizontu musí přesahovat **0,25 m**, v opačném případě půda není klasifikována jako koluvizem (Němeček a kol. 2002).

Dle francouzské klasifikace označujeme půdu vzniklou na koluviích jako koluvizem, pouze pokud nejsou diagnostikovány znaky charakteristické pro jiné typy půd. Pokud jsou povrchové půdní horizonty zesíleny nebo překryty koluvii (pouze tyto povrchové části), nehovoříme o koluviální půdě. Většinou se pouze připojuje označení akumulovaný (např. luvisol akumulovaný). Jiný je požadavek na mocnost koluviálních nánosů - pouze v případě, že koluviální materiál přesahuje vrstvu 0,5 m od povrchu, lze diagnostikovanou půdu zařadit do koluvisolů. Pokud mocnost koluviálních nánosů dosahuje do 0,5 m, přidáváme půdě označení koluviální. Pokud je půda pohřbená pod půdou koluviální identifikovatelná, používáme spojení např. koluvisol kalcifikovaný, koluvisol na vápnitém fersialsolu a podobně (Référentiel pédologique 1995).

### 3.1.4. Zařazení koluvizemí do vyšší taxonomické jednotky

Nejvyšší hierarchické jednotky, které rozlišujeme v klasifikačním systému jsou referenční třídy. Rozumíme jimi velké skupiny půd, které jsou v taxonomiích různých států víceméně stejné, proto je možné je vzájemně mezi sebou korelovat. Jednotlivé půdní typy jsou do nich řazeny zejména na základě stejných hlavních rysů jejich geneze (Němeček a kol. 2002).

Koluvizem spolu s fluvizemí se nacházejí v referenční třídě FLUVISOLŮ. Jedná se o půdy bez výrazných diagnostických horizontů (s výjimkou horizontů akumulace organických

látek), s fluvickými diagnostickými znaky, vzniklými periodickým usazováním sedimentů, jehož důsledkem je nepravidelné nebo zvýšené množství humusu do hloubky 1 m, někdy i zvrstvení půdního profilu (Němeček a kol. 2002).

Ve World Reference Base (klasifikační systém FAO) je koluvizem začleněna do třídy fluvisolů, ale jako samostatný typ se nevyčleňuje (ani na subtypové úrovni není definován termín koluviální či kumulovaný).

Podobně jako ve WRB není ani v americkém klasifikačním systému půd (Soil Taxonomy) koluvizem chápána jako samostatná půdní jednotka, ale řadí se spolu s fluvizemí do řádu Entisols, podřádu Fluvents.

V kanadském klasifikačním systému je obdobou koluvizemě kumulovaný humózní regosol (Cumulic Humic Regosol; regosolem v tomto případě rozumíme jakoukoliv půdu bez vyvinutého B horizontu), definovaný jako půda mající pod Ah či Ap horizontem humózní vrstvu či nepravidelné rozložení organických látek v celém profilu ([www.pedology.com](http://www.pedology.com)).

Německá klasifikace vyčleňuje koluvizem jako samostatný půdní typ (kolluvisole), podobně jako francouzská taxonomie (colluvisols) (Němeček a kol. 2002).

### 3.1.5. Subtypy a variety koluvizemí

Koluvisoly můžeme rozdělit na několik specifických *půdních subtypů a variety* (Němeček a kol. 2002).

**Půdním subtypem** rozumíme výrazné modifikace půdního typu, definované tak, aby zahrnovaly těmito výraznými modifikacemi jak zemědělské, tak lesnické půdy. Na subtypové úrovni se nerespektují znaky dané různými využitím půd, které se uplatňují v hloubce 0-0,2 m.

U koluvizemí rozlišujeme tyto **subtypy**:

- Koluvizem **modální m** středně těžká
- Koluvizem **oglejená g** středně výrazné redoximorfnní znaky
- Koluvizem **karbonátová c** s karbonáty v humózním profilu
- Koluvizem **arenická r** zrnitostní složení 1 (lehká zemina-písčítá, hlinitopísčítá)
- Koluvizem **pelická p** zrnitostní složení 4 (těžká zemina-hlinitojílovitá)

**Půdní variety** charakterizují výskyt horizontů a znaků do hloubky 0,2-0,25 m od minerálního povrchu u lesních půd (mikropodzolizace, mělké melanické či umbrické horizonty...) či vyjadřují méně výrazné znaky hydromorfismu (slabě oglejená), okyselení (eubazická, mesobazická), zasolení a výraznější mineralogické znaky substrátu ovlivňující pedogenezi (Němeček a kol. 2002).

U koluvizemí rozlišujeme tyto **variety**:

- Koluvizem **eubazická e'** nasycenost sorpčního komplexu  $V_M > 60\%$  u zeměd. půd
- Koluvizem **mesobazická a'** nasycenost sorpčního komplexu  $V_M < 60\%$  u zeměd. půd

### 3.1.6. Charakteristické vlastnosti koluvizemí

Uvádím charakteristické jevy a procesy, které fungují v koluvizemích.

Tyto charakteristiky se liší podle přirozené funkce koluviálních materiálů, sklonitosti svahů, pozice vzhledem ke svahu... (Référentiel pédologique 1995)

- Velice často dochází k zanesení nejspodnějších částí svahu kvůli porušení svahu a následkem ztížených podmínek při odvodnění (proluvia).
- Recentní ukládání je stále možné v dolních částech svahu, eroze probíhá v horních partiích.
- Úrodnost koluvizemí je výrazně zhoršena akumulací na již dříve vytvořených horizontech, často o značné mocnosti. Pokud jsou dřívější povrchové horizonty chudé, jsou i koluviální půdy na nich vytvořené velice neúrodné a naopak.
- Nejchudší půdy se většinou nacházejí na jílových sedimentech.
- Z hlediska nasycení sorpčního komplexu řadíme koluvizemě mezi půdy eubazické až mezobazické. Oligobazická forma (nízké nasycení sorpčního komplexu) se nevyskytuje (Référentiel pédologique 1995).

### 3.1.7. Geomorfologické poměry

Obecně lze konstatovat, že pro tvoření koluvizemí je nejpříhodnější značně členitý a svažité terén. Výskyt koluvizemí je nejčastěji pozorován (Référentiel pédologique 1995):

- V konkávních částech a na úpatích svahů
- Ve spodních částech údolí, v suchých údolích a dolinách
- Přimo na svazích díky antropogenním zásahům (ať už zmizelým nebo stále přítomným)
- V úpatích svahů tvořených aluviálními terasami
- Na bahnitých rovinách a náhorních plošinách
- Koluvizemě též často navazují na souvrství fluviálních sedimentů-aluviony, a to:
  - postupně (materiál různorodého původu)
  - diskordantní superpozicí (jedná se většinou o zjevnou diskordanci-tzn. uložení vrstev pod jiným úhlem)
  - interstratifikací (vniknutí mezi polohy aluvií)

## 3.2. Koluvia (koluviální sedimenty)

### 3.2.1. *Koluviální sedimenty z pedologického pohledu*

**Koluvia** (kol. sedimenty) jsou *matečními horninami* koluviálních půd. Proces transportu a sedimentace koluvií je v poslední době předmětem geomorfologických výzkumů. Podstata a rychlost přemístování stejně jako následná sedimentace jsou pak primárním zájmem inženýrských geologů. V České republice jsou obvykle koluviální sedimenty ztotožňovány s *deluvii*, což není zcela přesné. Termín deluvium byl poprvé použit ruským badatelem Pavlovem v roce 1890 (in Růžičková, Růžička 2001). Použil ho pro popis sedimentů, které vznikají z materiálů splavených ze svahu při bouřích či tání sněhu .

Koluviální sedimenty můžeme chápat jako *povrchové formace*, vznikající na úpatích svahů. Jsou výsledkem postupné akumulace *půdních materiálů*, *zvětralin* nebo *nezpevněných hornin* uvolněných v horních částech svahu. Materiály jsou nejčastěji transportovány na krátké vzdálenosti ve směru největšího sklonu svahu (Référentiel pédologique 1995, Duchaufour 1997). Tento pohyb může být spojen s činností ledových krystalů, které rozvolňují částičky či agregáty horniny a s bahnotoky (v případě tání sněhu nebo přívalových srážek). V častějším případě jsou substráty koluvizemí podstatně méně stabilní části profilů půd nacházejících se v konvexních částech svahu, kde jsou vystaveny intenzivní vodní (méně větrné) erozi.

Ke koluviální činnosti (tzn. procesu vedoucímu od akumulace sedimentů k postupnému vzniku půdního typu koluvizem) neřadíme hromadné slézání půdy a periglaciální soliflukci.

Podle klimatických podmínek panujících při ukládání koluvií si zvětraliny uchovávají vlastnosti výchozích hornin, a to:

- stavbu (minerální složení)
- fyzikální a chemické vlastnosti
- strukturní vlastnosti (např. lineace, foliace, puklinatost)
- vlastnosti ze staršího vývoje horniny

Uchovávání těchto vlastností závisí na stupni ovlhčení při iniciálním vývoji půdy, stabilitě uspořádání, drsnosti povrchu a na druhu a velikosti uplatněné kinetické energie (např. intenzita srážek). Rychlost procesu koluviace stoupá po suchém období a zejména po promrznutí (mikroagregace) (Référentiel pédologique 1995).

Objem uloženin během určitého období rozvolňování svahu je složité evidovat vzhledem k tomu, že jednotlivé vrstvy nejsou příliš mocné a jejich integrace do již existující půdy je poměrně rychlá. Sledování koluviačních jevů i pedologického vývoje je proto problematické (pouze podle alochtonních prvků), a to z důvodu relativně nedávného uložení (ke konci kvartéru či v historických obdobích) a iniciální pedogeneze.

Je nutno poznamenat, že koluviální sedimenty i proces, který vede k jejich akumulaci je poněkud odlišný v pojetí pedologickém a geologickém (geomorfologickém). Pro lepší pochopení problému uvádím představu o koluviích dle geologů (Růžičková, Růžička 2001).

### 3.2.2. *Koluviální sedimenty z geologického pohledu*

Obecně jsou koluviální sedimenty definovány jako sedimenty transportované a ukládané ve svahovém systému. Největší vliv na tento proces má působení gravitační síly, může být však ovlivněn i dalšími činiteli a parametry. Jsou jimi:

- *Voda*, která způsobuje snižování soudržnosti volného materiálu na svahu
- *Sníh*, umožňující snadnější klouzání částic po povrchu
- *Led*, který působí zejména v periglaciálních podmínkách, snižuje tření a kohezi
- *Vítr*
- *Povrchový tok* eroduje povrch nezpevněných sedimentů a transportuje materiál buď v suspenzi nebo blokově

### **Typy koluviálních sedimentů**

Významnost vlivu výše uvedených podružných faktorů během transportu a sedimentace koluviálních sedimentů a jejich charakter umožňuje vymezit následující kategorie koluvií:

Gravitační, gravitační vzniklé sesuvem, gravitační vzniklé ploužením, gravitační vzniklé stékáním, vzniklé smyvem (Růžičková, Růžička 2001).

### **Podmínky a mechanismy vzniku koluvií**

Každá z uvedených kategorií koluviálních sedimentů byla formována v různých podmínkách za působení různých transportních mechanismů.

#### Gravitační sedimenty:

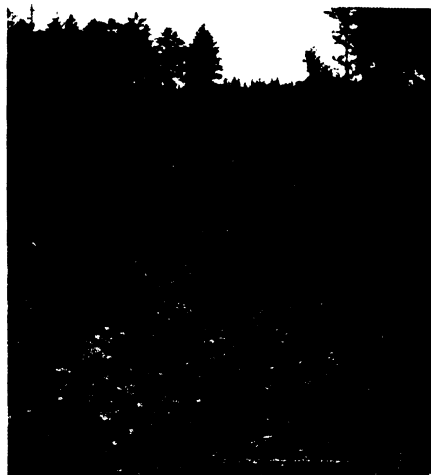
pocházejí z akumulace klastického materiálu transportovaného pouze *gravitací* (řícení, saltace, válení, sesouvání). Materiál z velké části pochází z výchozů rozvolněných, mechanicky navětralých hornin. Vhodné podmínky pro vznik takovýchto sedimentů byly vytvořeny zejména v pleistocenních glaciálech s velkými rozdíly v teplotách a svahy bez vegetace. Dalším předpokladem vzniku gravitačních koluvií je přirozeně dostatečně velký sklon svahu, aby gravitační procesy mohly překonat tření a kohezi klastického materiálu lokalizovaného na jejich povrchu. Výsledný sesuvný či klouzavý pohyb může být též následkem promrzání povrchu, kdy tření a koheze slábnou.



*Obr. 1 Kamenná lavina vzniklá rozsáhlým sesuvem, Dolní Zálezly (Růžičková, Růžička 2001)*

#### Gravitační sedimenty vzniklé sesuvem:

vznikají následkem klouzavého procesu, gravitační pohyb probíhá podél smykových ploch, kde byla již dříve porušena rovnováha.



*Obr. 2 Bloky smíšené s písčitou hmotou přemístěné sesuvem, recentní, Hutisko-Solanec (Růžičková, Růžička 2001)*

#### Gravitační sedimenty vzniklé ploužením:

Procesem vedoucím ke vzniku je v tomto případě pomalý tok hmoty způsobený změnou objemu hmoty. Podnítit vznik tohoto procesu mohou také plastický transport vodou nasyceného materiálu, pomalá soliflukce a kryogenní procesy. Tyto procesy byly hojné v pleistocénních glaciálech díky vhodným podmínkám, ale mohou se vyskytovat i během teplejších period v horských a velehorských oblastech.

#### Gravitační sedimenty vzniklé stékáním:

zvláštní vlastností tohoto subtypu je výskyt omezený na lineární deprese. Hlavní podmínkou pro jeho vznik je nasycení transportovaného materiálu vodou.

#### Sedimenty vzniklé smyvem:

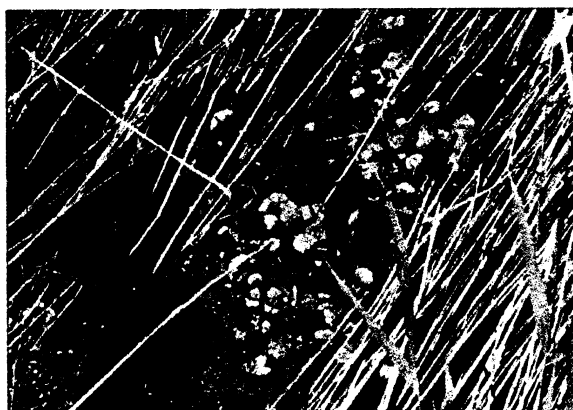
jsou transportovány a ukládány především dešťovou a tavnou vodou. Jejich vznik je spojen s humidními a teplými periodami pleistocénu a holocénu. Nejdříve je materiál transportován



plošně, při intenzivnějších či častějších srážkách se vytvoří systém rýžek a větších rýh, které se prohlubují směrem k úpatí, kde je materiál ukládán. Plošný rozsah těchto sedimentů je indikátorem intenzity vodní eroze.



*Obr. 3 Smytý materiál uložený po jedné srážkové epizodě, Vážany nad Litavou*



*Obr.4 Sedimenty přemístěné do ronové deprese, Vážany nad Litavou (Růžičková, Růžička 2001)*

Z výše uvedených definic a tvrzení lze usuzovat několik hlavních závěrů.

Pojetí koluvií u geologů je všeobecně širší. Koluvia jsou datována i pro pleistocén, dokonce přednostně pro pleistocén. Tento přístup však snižuje zcela specifický význam koluviálních sedimentů, který je spojen až s příchodem člověka-zemědělce. Oproti tomu v pedologii jsou umísťována spíše do holocénu, nejčastěji pak do recentu v souvislosti s odlesňováním a další antropogenní činností (kromě odlesňování jsou to zejména změny ve formě obdělávání a velikosti pozemku a využívání různých systémů protierozní ochrany, např. systému mezí či terasování). Zatímco pedologové zavrhuji jako proces vedoucí ke vzniku koluvií periglaciální soliflukci, geologové tento proces uvažují (viz gravitační sedimenty vzniklé ploužením). Domnívám se, že pro potřeby pedologie jsou z výše uvedeného členění nejpoužitelnější dva posledně zmiňované typy koluvií (vzniklé stékáním a zejména vzniklé smyvem). Následující odstavec týkající se výskytu koluvií v ČR je pojat z geologického hlediska, protože v pedologii nejsou tyto údaje k dispozici.

### *3.2.3. Výskyt koluviálních sedimentů v České republice*

Koluvia jsou jedny z nejrozšířenějších kvartérních sedimentů na našem území. Tato skutečnost ovšem není plně zachycena v geologických mapách. Většina z nich zahrnuje pouze koluviální sedimenty s mocností větší než 2 m. Vzhledem k tomuto faktu je celkový plošný rozsah koluvií značně podhodnocen. V rámci samotných koluviálních sedimentů jsou nejčtenější gravitační koluvia vzniklá ploužením. Tento typ nacházíme v rozličných krajinných podmínkách, jeho výskyt je pozorován od horských oblastí po nížiny. Velmi

důležitá, a to zejména v regionech s vyšší nadmořskou výškou jsou gravitační koluvia. Hojná jsou v našich nejvyšších horách - v Krkonoších, Jeseníkách, na úpatí Krušných hor a ve třetihorních vulkanických masivech. Gravitační sedimenty vzniklé tokem se vyskytují kromě horských oblastí i ve vrchovinách a pahorkatinách s nižší erozní energií. Většina těchto sedimentů je pleistocénního stáří (pochopitelně se vyskytují i holocenní a recentní, ty zejména na horách). Gravitační koluvia vzniklá sesuvem jsou prostorově limitována vhodnými geologickými podmínkami jejich vzniku. Nejrozšířenější jsou v horských a vrchovinných oblastech moravského flyše (Růžičková, Růžička 2001).

### 3.2.4. *Koluvie ve vztahu ke geomorfologické hodnotě hornin*

Proces vzniku koluvizemí je především závislý na erozi hornin v horních částech svahu. Proto je třeba zmínit se o odolnosti jednotlivých typů hornin vůči působení exogenních geomorfologických činitelů. Míra jejich odolnosti totiž spoluurčuje i jejich uplatnitelnost při procesu koluvie. Jednotlivé genetické typy hornin se vyznačují rozdílnou geomorfologickou hodnotou. Ta je závislá na vlastnostech geografického prostředí, na antropogenních podmínkách a především na vlastnostech horniny. Ty, které určují geomorfologickou hodnotu jsou :

- **Minerální složení** (tvrdost minerálů, obsah křemene, monominerální a polyminerální složení) - obecně odolnější jsou horniny s vyšším obsahem křemene a horniny monominerální
- **Velikost zrna** (drobnozrné až hrubě zrnité horniny) - odolnější jsou horniny drobnozrné
- **Strukturní vlastnosti** (masivnost, pórovitost, vrstevnatost, břidličnatost, rozpukání) - plochy přednostní odlučnosti snižují odolnost
- **Barva hornin** (světlé, tmavé, tmavé i světlé minerály) - nejodolnější jsou světlé minerály
- **Tepelná vodivost a jímavost**
- **Propustnost a nepropustnost pro vodu**
- **Rozpustnost**

Horniny můžeme dle geomorfologické hodnoty dělit buď do tří nebo pěti kategorií. Uvádím podrobnější členění (Příbyl 2002).

#### Extrémně odolné horniny

Do této skupiny řadíme horniny tvořené až na stopové příměsi *křemenem*. V našich podmínkách velmi nesnadno větrají. Plošné rozšíření je relativně malé. V terénu tvoří vždy elevace.

*Příklady hornin:* žilný křemen, buližníky, křemence, obsidiány, rohovce, pazourky

### Velmi odolné horniny

Tvoří je ostatní velmi odolné horniny ze všech tří hlavních genetických typů. Budují rozsáhlá území (převážně elevace), v jejichž reliéfu se selektivně uplatňují nevelké relativní rozdíly v odolnosti. Horniny této skupiny tvoří různé minerály, často však se silnou převahou křemene.

*Příklady hornin:* křemité a železité slepence, krystalické vápence, erlany, skarny, čediče, znělce, porfyry, granity a granodiority, diority, ortoruly, migmatity, některé pararuly a svory

### Středně odolné horniny

Tyto horniny snadněji a do větších hloubek větrají, vytvářejí vlnitý reliéf.

*Příklady hornin:* méně odolné typy pararul a svorů, fylity, pískovce, arkózy, opuky

### Málo odolné horniny

Mají velké rozšíření, území jimi budovaná mají poměrně monotónní petrologické složení.

*Příklady hornin:* jílovité břidlice, droby, slíny, jílovce, prachovce, tufity

### Nejméně odolné horniny

Patří sem převážně jílovitopísčité a štěrkopísčité sedimenty, slabě zpevněné nebo nezpevněné. Pokud nejsou v chráněné poloze, velmi snadno podléhají erozi a dalším druhům destruktivních procesů, zvláště na svazích. Dále do této skupiny řadíme nezpevněné vulkanické materiály a všechny nezpevněné kvartérní sedimenty různé geneze.

*Příklady hornin:* štěrkopísky, písky a jílovité písky limnického a fluvialního původu, spraše

Vzhledem k tomu, že proces akumulace koluviálních sedimentů je podmíněn erozními procesy ve svahu, je zřejmé, že nejlepším materiálem budou nejméně odolné horniny, které snadno podléhají erozi i při relativně malé dodané kinetické energii a na svahu s menším sklonem. Z tohoto hlediska jsou tedy nejvhodnějšími lokalitami pro vznik koluvizemí nejen výrazně svazité oblasti, ale i regiony na málo odolných horninách. Příkladem může být půdní kryt jižní Moravy budovaný na spraši, která splňuje požadavky poměrně členitým reliéfem, erozně neodolným horninovým podložím i brzkým osídlením zemědělskou populací.

#### 3.2.5. *Datování koluviálních sedimentů*

Určování stáří koluvií se využívá pro datování různých fází půdní eroze v průběhu holocénu, kdy odlesnění, následné obdělávání a další zásahy do přirozeného vývoje krajiny vedly k jejich ukládání na úpatích svahů. V současnosti se k určování stáří koluviálních sedimentů nejčastěji využívají radiokarbonová, optická a archeologická metoda. Největší perspektivu pro určování rychlosti eroze a objemu přemístovaného materiálu má datování pomocí radionuklidu cesia.

Nejrozšířenější metodou datování koluviálních sedimentů je tzv. OSL (optická luminiscenční metoda). Je použita pro určení času, který uplynul od okamžiku posledního vystavení sedimentárního zrna slunečnímu záření (Lang, Wagner 1997).

Metoda využívá faktu, že sluneční záření uvolňuje elektrony z obalu minerálního zrna, nejvhodnější jsou v tomto případě křemen a živec. Odebráním elektronu se tzv. OSL signál nastaví na nulový bod. Poté, co se zrna postupně dostávají pod povrch (jako v případě koluvie) a nejsou tak již vystavena slunečnímu svitu, začínají znovu akumulovat obalové elektrony díky efektu ionizující radiace vysílané rozkládajícími se radionuklidy přítomnými v depozitu. Část této přírodní radioaktivity může vznikat přímo v samotných sedimentárních zrnech, většinou je však jejím zdrojem okolní prostředí. Pokud je takovýto přísun ionizační energie stálý, je možné určit čas pohřbení zrna měřením dávky uložené v zrnech (v podstatě síla radiace, které je zrno vystaveno). V oblastech, kde sedimenty nejsou vystaveny dostatečnému slunečnímu záření, dochází k nadhodnocení stáří zrna (Eriksson a kol. 2000).

Metoda, která vznikla na konci devadesátých let, byla přednostně aplikována na fluviální a eolické sedimenty, pro datování koluvií se začala používat až před nedávnem (Eriksson a kol. 2000).

V případě nejrozšířenější metody datování sedimentů pomocí  $^{14}\text{C}$  i v případě archeologického datování je u koluvií třeba počítat s faktem, že stáří objektů uložených v koluvii určuje pouze maximální možný věk sedimentace (Gouveia, Pessenda 2000). Archeologické metody nezohledňují případné pozdější zapojení již jednou erodovaných a uložených sedimentů (a tedy i v nich uložených artefaktů) do dalšího erozního cyklu. Podobně  $^{14}\text{C}$  datuje dobu úmrtí organismu, určuje tedy dobu, kdy sedimentární částice vstoupily do erozně sedimentačního cyklu. Pokud depozitum vzniká v přímé návaznosti, je možné určit poměrně přesně čas sedimentace. Vzhledem k další přeorganizaci to však není u řady vzorků možné. Proces koluvie není zastoupen pouze jednou fází přenosu a ukládání materiálu. Sediment již jednou či vícekrát zapojený do erozního cyklu do něj může v příhodných podmínkách znovu vstupovat. Dobu přepracování je však možné určit metodou OSL. Optické datování tedy určuje dobu posledního uložení sedimentů (tzn. poslední kontakt sedimentárních zrn se slunečním zářením) a radiokarbonová metoda určuje stáří materiálu uloženého v koluviích (Lang, Honscheidt 1999).

### 3.3. Eroze jako hlavní proces vedoucí ke vzniku koluvizemí

#### 3.3.1. *Typy eroze a erozní činitelé*

Jev, který je neoddelitelně spjat s procesem koluvie, resp. je její přímou příčinou je zrychlená půdní eroze. V následující kapitole se zabývám její charakteristikou, historickými

souvislostmi a příčinami, plošným rozšířením i nebezpečím, které představuje pro dnešní zemědělskou výrobu.

Eroze půdy je obecně vzato mechanické rozrušování půdního tělesa exogenními činiteli, v našich podmínkách se jedná o vodu a vítr, zcela výjimečně i o působení ledu a sněhu. Dále můžeme jako činitel vedoucí k rozrušení půdy uvažovat i fyzikálněchemické vlastnosti a naposledy antropogenní činnost. Půdní eroze se definuje jako souhrn tří po sobě jdoucích procesů: odnosu, transportu a depozice půdního materiálu (Janeček a kol. 2002).

Eroze začíná odloučením svrchních částí půdního horizontu, která je způsobena porušením agregátů vlivem dešťových kapek, tekoucí vody a větru či chemickou disolucí. Odloučené částice jsou transportovány vodou stékající po svahu a větrem a ukládány potom, co se rychlost a síla transportujících činitelů sníží na minimum (většinou vlivem nízkého sklonu svahu či překážky). Pro transport je nutno, aby částice byly odloučeny od půdní masy. Vzdálenost takového transportu se může pohybovat od několika centimetrů po tisíce kilometrů, podobně je to i s trváním procesu. Eroze je limitována základním faktorem, a to vyčerpáním částic vhodných k dalšímu transportu. Tento případ může nastat ve strukturálně velmi stabilních půdách, kde síla agregátů přesahuje vliv vodního faktoru či v místech, kde je svahový gradient tak vysoký, že neumožňuje akumulaci. Depozice odnášeného materiálu nastává ve chvíli, kdy povrchový odnos klesá v důsledku snížení rychlosti a zvýšení drsnosti povrchu, zmírnění sklonu svahu či přítomnosti vegetace či překážek (Lal 1999).

Objemová hodnota eroze je zvyšována několika procesy: disperzí (má za následek porušení agregátů), zhutněním a tvorbou krust (formování laminární a téměř nepropustné vrstvy na povrchu půd). Tyto procesy snižují strukturální stabilitu půd a tím i odolnost vůči erozi a jsou umocněny narušováním půdního profilu orbou, nedostatkem porostu a drsnějším klimatem (Lal 1999).

Přírozená (geologická) eroze půdy je přírodní jev, který probíhá bez ohledu na antropogenní vliv. Dochází při něm sice k odnosu a redepozici půdního materiálu, ale půdní profil, resp. jeho hloubka a forma, zůstává víceméně nedotčený, protože odnos je kompenzován přírůstkem půdní masy půdotvornými procesy.

Forma eroze, které je věnována stále větší pozornost, zrychlená půdní eroze, je vážným celosvětovým problémem. Její počátky jsou datovány již do neolitu, kdy docházelo k prvním zásahům do přírodního vývoje krajiny, přes rozsáhlou kolonizaci půdy ve středověku až k modernímu intenzivnímu zemědělství. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo z 10 mld/t/rok před zavedením intenzivního zemědělství na 25-50 mld/t/rok v současnosti. Za tu dobu bylo zničeno erozí 430 mil. ha produktivních ploch. Současná degradace půdy vede k nenávratné ztrátě produkce na ploše 6 mil ha/rok (Janeček a kol. 2002, Bedrna 2002).



Obr.5 Zvýšená ronová eroze na odlesněném svahu s kulturou kukuřice-erozní rýhy vznikly po jedné srážkové epizodě (Růžičková, Růžička 2001)

Na rychlost a intenzitu eroze působí řada faktorů. Největší vliv má bezesporu konfigurace reliéfu, zejména sklon, délka a tvar svahů, výrazně se ovšem prosazuje i klima, nejvíce frekvence, charakter a intenzita srážek (i sněhových), vliv má však i rychlost větru a roční chod teplot (konkrétně promrzání půd v zimních měsících). Významně působí i typ vegetace, potažmo způsob obdělávání pozemků a s tím spojená aplikace protierozních opatření. Posledním významným faktorem jsou půdní vlastnosti, a to fyzikální i chemické (textura, struktura, obsah organických látek, jílové minerály, nasycenost sorpčního komplexu, schopnost zadržovat vodu, chemická reaktivita půd) (Janeček a kol. 2002).

Podle typu erozních činitelů můžeme půdní erozi rozdělit na několik druhů.

Vodní eroze se dělí na plošnou, rýhovou, výmolvou a proudovou. Při plošné erozi je půda rozrušována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku. Povrchový odtok nastává ve chvíli, kdy intenzita dopadající srážky přesahuje infiltrační schopnost půdy. Z hlediska teorie erozních procesů se uvažuje, že povrchový odtok na svahu vzniká jako plošný odtok v tenké vrstvě, která se v určité vzdálenosti soustřeďuje do nepravidelné sítě drobných rýh a větších odtokových drah. Významnou roli zde hraje právě sklonitost pozemku. Profil půdy se postupně snižuje (v případě mělkých půd až na skalní podklad). Eroze má značně selektivní charakter, protože přednostně vyplavuje jemnější částice a na povrchu půdy se tvoří hrubozrnnější vrstva s výrazným zastoupením skeletu. Soustředěním plošné eroze vzniká rýžková eroze o hloubce a šířce několika centimetrů. Při postupném prohlubování drobných stružek vznikají výraznější rýhy různé velikosti a tvaru. Intenzita plošné eroze se většinou vyjadřuje jako plošná ztráta na plochu za určitou časovou jednotku. Hlavními příčinami vodní eroze jsou faktory klimatické a hydrologické (kromě srážkových a teplotních poměrů i oslunění a výpar a povrchový odtok), morfologické charakteristiky, geologické (horninový substrát), půdní (druh a typ, zvrstvení půdy, obsah humusu) a vegetační poměry a způsob využívání půdy (poloha a tvar pozemků, směr a technologie obdělávání, střídání plodin)(Janeček a kol. 2002, Lal 1999).

Větrná eroze působí na půdní povrch abrazí, odnášením rozrušených půdních částic (deflace) a akumulací těchto částic. Největší škody na zemědělské půdě jsou způsobeny degradací a odnosem ornice, odnosem hnojiv, osiv a ničení plodin. Hlavními příčinami větrné eroze jsou faktory klimatické (intenzita, směr, četnost větrů a vlhkost území), dále půdní vlastnosti (zejména struktura a zrnitostní poměry, drsnost povrchu a vlhkost půdy), morfologické, vegetační charakteristiky a způsoby hospodaření (směr obdělávání pozemků k převládajícím směrům větru, způsoby kultivace půdy, střídání výškově rozdílných plodin) (Janeček a kol. 2002)

Sněhová eroze, ač má v naší republice menší vliv, má svá specifika.

Kinetická energie sněhu jako takového je velmi malá a veškerá erozní potenciál pochází z odtékající tající vody. Na polích, která jsou v zimě bez vegetačního pokryvu, se zachovávají v neporušené formě rýhy z dříve působící vodní eroze a při každém dalším působení odtávající vody se znovu aktivují a současně zvětšují. Erozní působení vody z tajícího sněhu je intenzivnější a v relativně krátkém čase může dojít k rychlému odtoku vody se značnou erozní kapacitou. Kromě toho je v zimě půda nejvíce nasycena vodou (zpravidla v únoru) a její infiltrační kapacita je navíc snížena v důsledku promrznání profilu. Na jedné straně tedy stojí menší kinetická energie sněhových srážek (půda není rozrušována), na druhé straně chybějící vegetace a půda nasycená vodou. Půda není sice rozrušována vodními kapkami, ale povrchový odtok dosahuje vyšších hodnot a má i větší transportní kapacitu než při letních srážkách (půda však může být v důsledku promrznutí erodována vždy jen v nepromrzlé části profilu). Při tání sněhu je tedy odnos nejprve brzděn promrznutím půdy. Tento fakt vede k formování širokých a plochých rýh, které se zařezávají do tající půdy. S rostoucím povrchovým odtokem postupně prohlubují až do rýh s kolmými stěnami. Takto může dojít až k vytvoření strží, které se na úpatí mění v široké ploché rýhy a končí sedimentačními zónami. Půdní eroze ovlivněná sněhovými srážkami resp. jejich odtáváním přispívá tedy velmi významně k celkové hodnotě eroze půdy. Fakt, že jí není doposud věnována větší pozornost, je způsoben především její obtížné kvantifikace a to i při použití velmi rozšířených matematických modelů (Janeček a kol. 2002).

### 3.3.2. *Následky půdní eroze*

Zrychlená eroze má nepříznivé ekonomické a ekologické důsledky. Nejzávažnější je ztráta povrchových horizontů s výskytem kořenových systémů a v důsledku i ztráta živin. Tento nedostatek může být částečně nahrazen použitím hnojiv a doplňkového zavlažování. Některé vlivy spojené s transportem a ukládáním materiálu na svahu nejsou jednoznačně negativní. Je známo, že produkce obilovin může na místech depozice vzrůst (zejména v obdobích sucha), protože půda má zde příznivější fyzikální vlastnosti. Snížení výnosu v těchto oblastech je většinou způsobeno zanášením vysetého a klíčícího zrna půdními sedimenty, nadměrnou koncentrací pesticidů a častějšímu zvodnění horizontů. Konkrétní hodnoty ztráty výnosů vlivem zrychlené eroze je velmi těžké určit, neboť vždy vstupuje do

hry řada faktorů. Přibližné odhady pro Afriku činí ztráty v rozmezí 2-40% (průměrná hodnota 9%, 6,6% pro subsaharskou Afriku). Předpokládá se, že pokud bude mít zrychlená eroze stejný vývoj, v roce 2020 bude ztráta činit pro celý kontinent 16,5% Globálně se předpokládají ztráty pro obiloviny 10%, sóju 5%, luštěniny 5%, hlízy 12% a celkově 32%, v Evropě se jedná u všech plodin o sumy okolo 5% (Lal 1999).

Celková rozloha oblastí postižených člověkem způsobenou zrychlenou erozí se odhaduje na 2 bil. ha, z toho na vodní erozi připadá 1100 mld. ha a na větrnou 550 mld. ha. Existuje několik nejohroženějších oblastí. Jedná se o jižní Asii (himalajsko-tibetský ekoregion, subsaharská Afrika, karibská oblast a andský region). Nejvýraznější jsou hodnoty půdní eroze v semiaridních nízkých a středních výškách (Lal 1999).

### 3.3.3. Měření půdní eroze

#### **Empirické modely** (podle Janeček a kol. 2002)

Snaha o sestavení empirických modelů eroze sáhá do 30.let minulého století. Základy pro empirické vyjádření procesu eroze položil Cook (1936), který definoval hlavní faktory vzniku a průběhu eroze: erodovatelnost půdy, potenciální erozní účinnost deště a povrchového odtoku, vliv sklonu a délky svahu, vliv ochranného účinku vegetačního krytu.

Za první empirický model je považován vztah odvozený Zinggem pro odhad průměrné roční ztráty půdy vodní erozí:  $G = C.S^{1,4} .L^{0,6}$ , kde G je průměrná roční ztráta půdy, S sklon svahu, L délka svahu a C konstanta zahrnující ostatní faktory ovlivňující erozi.

V USA byla tato rovnice doplněna v roce 1941 Smithem o faktor P zohledňující protierozní opatření a o šest let později Browningem. Tento vztah známý jako Fravertova rovnice pracuje s větším množstvím faktorů:  $G=10.K.O.L.S.C.P$ , kde G je průměrná roční ztráta půdy, K faktor erodovatelnosti půdy, O faktor geologického podkladu, L faktor délky svahu, S faktor sklonu svahu, C faktor vegetačního pokryvu, P faktor druhu protierozních opatření a 10 je součinitel vyjadřující vliv klimatu ve státě Iowa, kde byl výzkum prováděn, na erozní proces.

Ve stejné době vznikla i rovnice Musgrava:  $G = K.C.S.L.R$ , kde G je roční ztráta půdy, K faktor erodovatelnosti, C faktor účinku vegetačního krytu, S sklon svahu, L délka svahu a R úhrn 30 min.deště s periodicitou  $p=0,5$ .

V roce 1948 zveřejnil Smith, Whitt rovnici v podobě:  $G = A.S.L.K.P$ , kde A je průměrná roční ztráta půdy na pozemku se sklonem 3%, délkou 27,43 m s jílovitohlinitou půdou, S faktor sklonu, L faktor délky, K faktor druhu půdy a P faktor protierozních opatření.

Zdražil upravil Frevertovu rovnici pro vyhodnocení erozní ohroženosti v našich podmínkách a doplnil ji o vliv organického hnojení:  $X = 0,63.G.P.S.D.H.P.PO$ , kde X je průměrná ztráta půdy za rok, G součinitel geologického podkladu, P součinitel druhu půdy, S součinitel sklonu pozemku, D součinitel nepřerušené délky pozemku po svahu, H součinitel hnojení, O součinitel osevního postupu a PO součinitel druhu protierozní ochrany.



Zatím nejdokonalější kvantitativní vyjádření součinnosti hlavních erozních faktorů představuje tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků dle Wischmeiera a Smithe z roku 1978:

$$\mathbf{G = R.K.L.S.C.P.}$$

kde G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy (t/ha za rok),

R faktor erozní účinnosti deště – vyjádřený v závislosti na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště

K faktor erodovatelnosti půdy vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a zrnitosti

L je faktor délky svahu vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdní erozí

S faktor sklonu svahu vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdní erozí

C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P faktor účinnosti protierozních opatření

Aplikací této rovnice je možné zjistit pouze dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy z pozemku vodní erozí (nelze použít pro kratší než roční období ani pro zjištění okamžitých ztrát po jedné dešťové epizodě nebo odtokem z tajícího sněhu) (Janeček a kol. 2002).

#### Model ztráty půdy vodní erozí

Na základě univerzální rovnice ztráty půdy byla v 90. letech vytvořena aktualizovaná verze, tzv. RUSLE (Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy).

Stejně jako USLE se používá pro určení dlouhodobé průměrné ztráty půdy z pozemků ležících v klimatické oblasti daného typu, s daným druhem půdy, o určitém sklonu a délce svahu, při určitém systému pěstování plodin a využívání protierozních opatření. Její výhoda ovšem spočívá v možnosti aplikace i pro nezemědělské pozemky (např. staveniště). Metoda byla vyvinuta v USA a zde je také jedním z nejvyužívanějších prostředků pro uvedené účely (vyhovuje inženýrským i vědeckým požadavkům). Program umožňuje určit hodnotu ztráty půdy pro různé způsoby využívání pozemku a aplikace protierozních opatření, což umožňuje nejlepší výběr osevních postupů z hlediska ochrany půdy. Pracuje s databázemi klimatických, vegetačních a agrotechnických dat, bohužel zatím pouze z území států USA. Výzkum použitelnosti systému pro podmínky našeho státu v současné době probíhá (Janeček a kol. 2002).

#### **Exaktní měření půdní eroze**

Vzhledem k nedostatečnosti klasických metod měření půdní eroze se v posledních letech čím dál tím častěji využívá spadu radionuklidů (Porto, Walling, 2003). Mezi těmito prvky má výsadní postavení izotop Cs 137 s poločasem rozpadu 30 let, jehož analýzou lze zjistit rozsah aktuálních procesů a mapovat půdní erozi a akumulaci. Vzniká při nukleárním výbuchu a je silně sorbován na povrchu půdních částic, zejména jílu, se kterými je transportován erozními procesy. Tím jeho koncentrace v erodovaných částech území klesá a stoupá v akumulačních oblastech (Němeček, Smolíková, Kutílek 1990).

Objem cesia a půdní ztráty z erodovaného místa jsou těsně svázány a měření poklesu zásoby cesia ve sledovaném místě může posloužit jako dobrý základ pro odhad skutečného objemu celkové eroze. Úspěšná aplikace této metody ovšem závisí na dostupnosti vhodných modelů na převedení měření redistribuce cesia. Při absenci empirických konverzních modelů je většina studií založena pouze na teoretických modelech. Předpoklady založené na použití těchto modelů jsou proto většinou netestované a zůstávají nedocenené. Toto měření vykazuje řadu nepřesností spočívajících zejména v absenci spolehlivého modelu, který by převedl měření získaná z terénu do číselného odhadu střednědobé půdní redistribuce. Problém je tedy v kalibraci získaných výsledků a jejich převedení do obecnějšího rámce. Proto se nejčastěji používá teoretických převodních modelů, které zúročují naše dosavadní poznání o chování cesia v erodující půdě (Porto, Walling 2003).

Porto, Walling uvádí, že na experimentálním svahu se jasně ukazuje kultivační činnost od doby prvního jaderného spadu (1956-1970) i poslední období, kdy byl svah zatravněn. Ve vzorcích odebraných v různých částech svahu je patrná ztráta obsahu cesia v horních částech svahu a naopak jeho akumulace směrem k úpatí. Podobného výsledku bylo dosaženo i při zkoumání změny obsahu cesia s hloubkou. Zatímco v profilech v horní části svahu je cesium přítomno pouze ve svrchní vrstvě, jeho obsah v hlubších horizontech směrem k úpatí roste. Vztah mezi ztrátou půdní masy a obsahu cesia je jasnou pozitivní závislostí a přímou úměrou, navíc ve velmi těsném vztahu, jak ukazují grafy ze všech odebraných sond. Výsledky měření též dokazují relativně stálou koncentraci cesia v erodovaném sedimentu. Korelace může též záviset na dřívějších erozních objemech. Pokud byla velká část cesia vyčerpána v dřívějších erozních událostech, jeho obsah bude menší v orničních horizontech. Ve studii se ukázalo, že prostá lineární korelace je pro ukázání závislosti ztráty půdní masy a redistribuce cesia dostačující. Za přirozených podmínek může být koncentrace cesia velmi variabilní a cesium může být časem a pokračující erozí postupně vyluhováno z profilu. Pokud je půda dlouhodobě obdělávána, koncentrace ve svrchní vrstvě budou klesat. Dále byla dokázána hypotéza, že obsah cesia v erodovaném sedimentu je podobný obsahu v povrchových vrstvách půdy. Ve většině případů je obsah cesia nižší v erodované půdě než v půdě in situ.

### 3.4. Člověk a jeho historický vliv na intenzitu eroze

Koluvizemě jsou typickým zástupcem **recentních půd**. To znamená, že se vyvíjely za podmínek shodných nebo podobných těm dnešním a jejich geneze stále pokračuje (Němeček, Smolíková, Kutílek 1990). Koluviální půdy mají však další důležitou vlastnost. Jsou úzce vázány na *lidskou populaci* a její činnost. Nejedná se o půdy přímo vytvořené člověkem (kultizemě či antropozemě). Antropogenní vliv je v tomto případě zprostředkovaný. Koluvizemě se formují na konkávních částech svahu a rychlost jejich geneze je tedy závislá na přísunu materiálu ze svahu. Antropogenní vlivy v celé době holocénu měly tendenci měnit původní ráz krajiny. Ve vztahu k antropogenním zásahům do půdního krytu hovoříme o zrychlené půdní erozi, která vzniká po změně přírodních podmínek lidskou činností. Dnes již

můžeme považovat za zrychlenou půdní erozi v podstatě jakoukoliv erozi orné půdy na svahu (Bedrna 2002). Ale nemusí se jednat jen o ornou půdu, která je postižena zvýšenou erozí, výrazné změny v odolnosti půdy proti narušení zejména vodní a větrnou erozí nastávají i na pozemcích pod pastvinami či porosty uměle vytvořených lesních monokultur a plantáží. Takto chápaná zrychlená eroze narůstá do celosvětových rozměrů a stává se problémem globálního charakteru.

Typů antropogenních zásahů ovlivňujících erozní stabilitu půdy na svazích je celá řada. Některé z nich se datují již do neolitu jiné souvisejí s rozvojem techniky i se společenskými změnami v posledních stoletích. Pokusila jsem se uvést několik zásadních :

- Odlesňování probíhající na našem území v několika historických fázích
- Využívání odlesněných pozemků k pastvě a pěstování plodin
- Využívání odlesněných pozemků k pěstování lesních monokultur s nevhodnou druhovou skladbou
- Změna držby a vlastnictví pozemků a s tím související změna velikosti a způsobu obdělávání pozemků
- Intenzifikace zemědělství a používání zemědělské techniky
- Slučování pozemků a zánik protierozních terénních překážek (mezí, teras)

Jedním z těchto zásahů bylo i masivní **odlesňování**. Absence stromové vegetace pochopitelně podnítila zrychlenou erozi na svazích, což vedlo a vede ke zvýšené akumulaci svahových sedimentů na úpatí. Proto se dnes uvažuje, že výskyt koluviálních půd je pevně svázán s faktorem odlesnění a identifikace koluvizemí bude základním prvkem při zjišťování skutečného úbytku lesních porostů na území Česka (Němeček a kol. 2002). Proto je v této části podán stručný nástin vývoje interakce přírody a společnosti v průběhu holocénu čtvrtohor.

Člověk jako aktivní činitel se na našem území projevoval po 7 tisíciletí. V různé míře zasahoval do přírodních dějů, především utvářením ekosystémů podmíněných jeho hospodářskou činností-zemědělstvím, pastvou i těžbou dřeva. Je zřejmé, že jak přirozené, tak lidské zásahy vyvolaly hluboké změny přírodního prostředí (Ložek 1973).

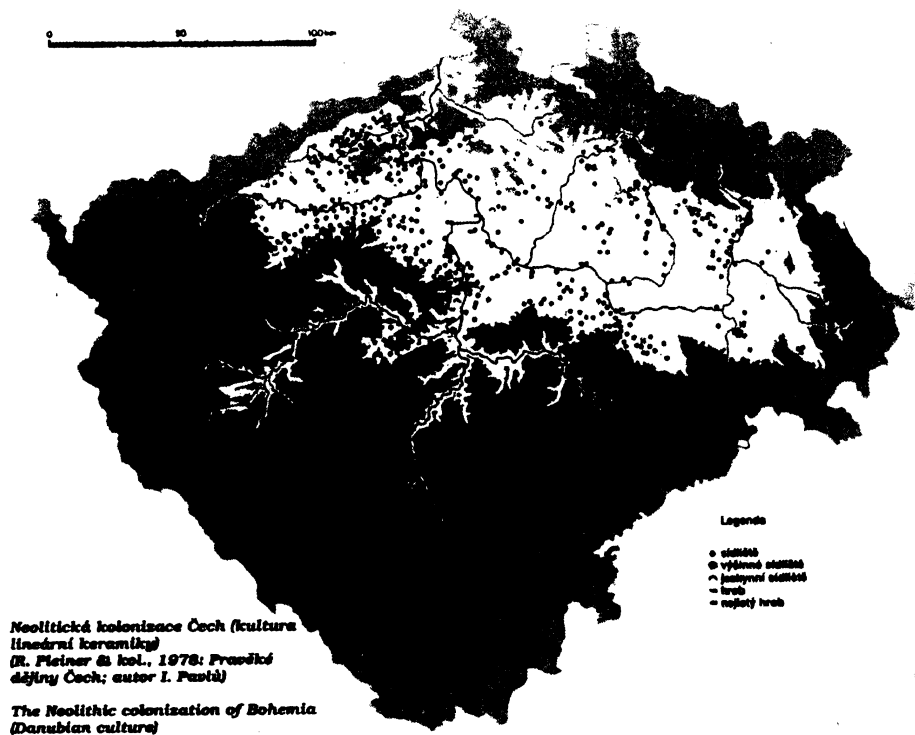
Pokud hovoříme o vývoji půd v průběhu čtvrtohor, pak musíme zmínit dvě zcela odlišné etapy jejich geneze. Díky periodickému střídání teplých a studených období vznikaly v závislosti na těchto podmínkách zcela odlišné typy půd. V glaciálech převládalo bezlesí a povrch byl silně ovlivňován působením mrazu a větru, což znemožňovalo plnohodnotný vývoj půd. Půdy měly surový ráz, zvětrávání chemického typu či procesy humifikace byly velmi omezené. Naopak v teplejších obdobích docházelo díky příznivějším klimatickým podmínkám ke genezi vyvinutých půdních typů. Holocén zaujímá mezi teplejšími obdobími výjimečné místo. Je obdobou pleistocénních glaciálů po klimatické stránce, ale utváření

krajiny v jeho průběhu je slně závislé na lidské činnosti. Ta ovlivnila i stav půd a erozní pochody tak, že dnešní půdní kryt nabývá na mnoha místech spíše podoby z bezlesého glaciálu (Ložek 1973, Ložek 1999). Člověk přetvořil přírodu ke svému užitku vytvářením *umělých ekosystému* (pole, louky, zahrady, stálá sídliště a komunikace) a posléze se stal výraznějším činitelem než přírodní procesy. V následující podkapitole uvádím stručný nástin vývoje interakce člověka, krajiny a půdního pokryvu v průběhu holocénu.

Po období časného holocénu (8300 př.n.l.-7/6. tis. př.n.l.), kdy docházelo vlivem klimatických změn (rychlý vzestup teploty a vlhkosti) a šíření lesa k vývoji půd od dosud málo vyvrážděných směrem k vyvinutým, je výchozím bodem pro další směřování vývoje krajiny atlantické klimatické optimum s kulminací na počátku 6.tisíciletí př.n.l. Toto období se vyznačuje rozmachem vegetace, především lesní, který byl umožněn teplým (+2-3°C oproti dnešku) a vlhkým podnebím. V lesních porostech se uplatnily zapojené smíšené doubravy s podílem lípy a jilmu, v horských oblastech již se smrkem. Zásahem stěžejního významu je *příchod prvních rolníků do střední Evropy*. Během 5. tis. př.n.l. proniká od jihovýchodu do našeho prostoru lid s keramikou lineární a kolonizuje teplé sprašové oblasti. Člověk zakládá trvalé osady a začíná hospodařit, klučit lesy, pěstuje polní plodiny, chová domácí zvířata a vytváří tak uměle odkryté plochy, kulturní stepi. Přeměňuje tak krajinu ryze *přírodní na kulturní*, kde stav přírody určují kromě přírodních činitelů i antropogenní zásahy. Nastupuje tak rozdílný vývoj krajiny střední Evropy - v neosídlených oblastech dále pod vlivem přírodních sil, v osídlených usměrněný lidskou činností. Již před touto událostí byl člověk v naší přírodě přítomen. Živil se lovem a sběrem a byl tak závislý na přírodních zdrojích a proto zůstával i článkem ekosystémů a nehybatelem jejich přeměny. Toto postavení se od základu mění v okamžiku, kdy se člověk naučil pěstovat určité rostlinné druhy a chovat živočichy. Člověk přestal být zcela závislý na přírodních dějích a začal vytvářet umělé ekosystémy. Vzhledem k nízkým technickým prostředkům byly logicky první z těchto umělých ekosystémů zakládány v oblastech s nevhodnějšími podmínkami pro zemědělství a až s postupem znalostí mohly být rozšiřovány do méně příhodných oblastí. Oblasti s vysokou půdní bonitou tak zůstávají obhospodařované již od příchodu prvních rolníků, což na nich vzhledem k délce a intenzitě působení zanechává trvalý otisk. V neosídlených oblastech probíhal vývoj směrem k *souvislému zalesnění*, v jehož koncové fázi se postupně vytvářely vegetační stupně známé z dnešní doby. Složení lesa bylo variabilní a záleželo na místních podmínkách zejména substrátu (smíšené doubravy nižších poloh, na Třeboňsku borovice, na Šumavě smrk) (Ložek 1999).

Neolitem (obr. 6) počíná druhotné šíření otevřených ploch na úkor lesa. Souvisí to s dopadem neolitického osídlení, které se v některých oblastech vyznačovalo obdobnou hustotou sídlišť jako v současnosti. Počty obyvatel byly pochopitelně mnohonásobně nižší, avšak územní nároky na zajištění jejich výživy mnohem vyšší. Kromě žďáření nebylo ještě známo hnojení, proto se obdělávané pozemky v krátké době přesunovaly na rozsáhlém prostoru.

Také osady měnily svá místa, ovšem v delších lhůtách. Neolitičtí zemědělci pěstovali pšenici, luštěniny a proso a chovali skot, prasata a ovce. Znali již obrábění dřeva. Neprováděli orbu, setba byla ruční.

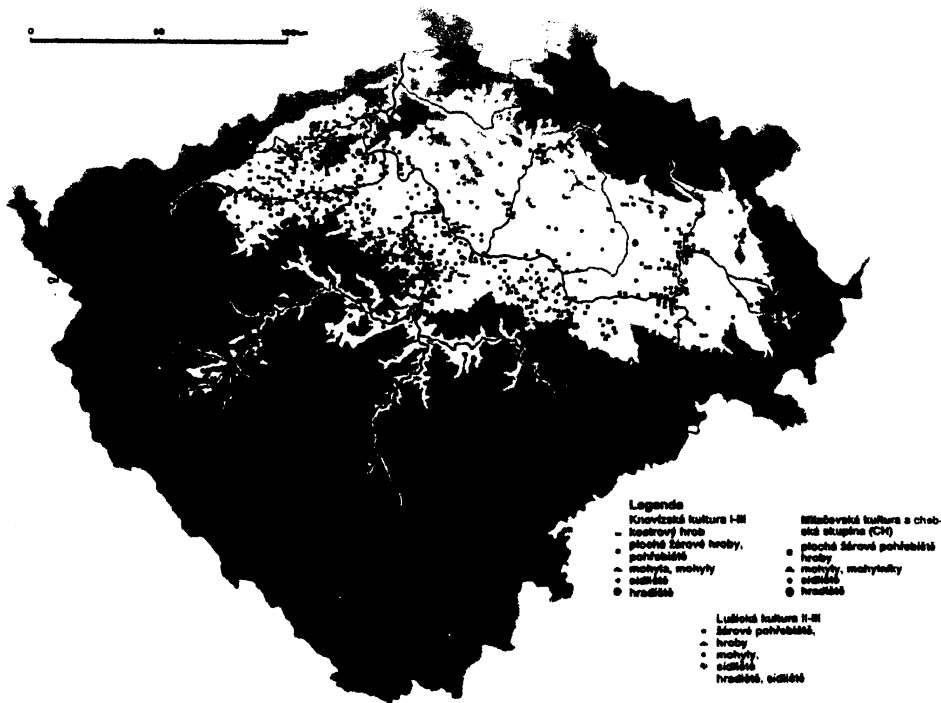


Obr. 6 Rozsah neolitického osídlení Čech (in Ložek 1999)

První rolníci zabrali *nízké, teplé kraje*, do značné míry se kryjící s oblastí dnešní teplomilné květeny. Vyhledávali okrsky s hlubšími hlinitými půdami na *spraši*. Výraznou změnu v osídlení přináší doba bronzová (2 tis. př.n.l.), která u nás začala již na konci epiatlantiku, ovšem hlavní těžiště je v subboreálu. Významná je zejména mladší doba bronzová, kdy docházelo k expanzi zemědělců i do méně úrodných a klimaticky drsnějších poloh pahorkatin a nižších hornatin. Došlo například k osídlení jižních Čech, kde nacházíme památky únětické kultury (oblast Blanského lesa, podhůří Šumavy). Zábor území pak pokračuje masivně pozdní době bronzové (1 tis. př.n.l.) (obr.7). Dochází k propojení starosídelní oblasti středních Čech s později osídlenými oblastmi. Mnohá hradiště leží v dnes již opět zalesněných oblastech (Ložek 1999).

Během doby železné (vlhčí a mírně chladnější klima) dochází k *ústupu* osídlení z méně příznivých oblastí. Tento proces vrcholí v době římské a v době stěhování národů, kdy posléze zůstává osídlena opět jen *starosídelní oblast*. Po příchodu Slovanů se ještě jejich starší osídlení váže na níže položené úrodné oblasti, během středověku jsou pak kolonizovány *rozsáhlé oblasti*, přičemž často jde o prvotní osídlení. Jedná se zejména o krajinu *krystalinika České vysočiny*. Původně téměř souvislý prales se postupně mění na mozaiku polí, luk, pastvin a trvalých sídlišť. Pozůstalé lesy ztrácejí časem svůj původní charakter v důsledku

narušení porostního klimatu a hospodářského tlaku. Toto období spadá do středověké teplé epochy (950-1200 n.l.).



Obr. 7 Rozsah osídlení Čech v pozdní době bronzové (in Ložek 1999)

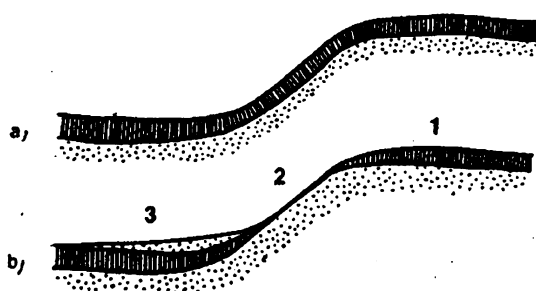
V mladším středověku a novověku došlo k osídlení pohraničních horstev. Kolonizace změnila tvář našich hor, zejména co se týče vzniku rozsáhlých luk a pastvin na úkor lesů. Posledním velkým zásahem do vývoje lesních porostů jsou vlivy moderního lesního hospodářství, které zavedly jehličnaté, především smrkové a borové monokultury. Ty mají v některých regionech již naprostou převahu a zcela zdecimovaly původní bylinný podrost i drobnou faunu (Ložek 1999).

Osídlení a s ním spojené odlesnění a zásahy do půdy při jejím obdělávání porušily erozní rovnováhu ve svahovém systému (ta mohla být samozřejmě porušena i přírodními pochody, dělo se tak ovšem epizodicky a v lokálním měřítku) a nastartovaly proces zrychlené půdní eroze, který dnes v globálním měřítku ohrožuje ornou půdu a je předmětem rozsáhlého výzkumu, zejména v oblasti ochrany půdy a bioinženýringu (Janeček a kol. 2002).

Vegetační pokryv chrání půdu na svazích před účinky mechanických sil erozních činitelů, zlepšuje půdní vlastnosti, zvyšuje vodní kapacitu půdy, podporuje biologickou aktivitu půd a zvyšuje pevnost půdních horizontů a tím i odolnost proti erozi prorůstáním do půdního profilu. Odstraněním přirozené vegetace, která je nahrazena druhotným porostem, se neporovnatelně zvyšuje náchylnost půdního povrchu k erodování. Již samotný fakt deforestace velké části našeho území byl dostatečným impulsem pro intenzivní svahovou erozi. Další zásahy moderního zemědělství do zemědělské půdy (zvětšování pozemků, devastace původních protierozních prvků, nevhodné způsoby orby, pěstování plodin

nedostatečně chránících půdu před erozí ve strmých oblastech...) hodnoty eroze a odnosu půdního materiálu výrazně zvyšují.

V souvislosti s vývojem půd v holocénu hovoříme o tzv. retrográdním nebo zpětném vývoji půd. Jedná se o proces postupného odnášení půdní masy (ze svrchních půdních profilů) z odlesněných horních partií svahů a vyvýšenin a jejich transport na úpatí svahů, kde se akumuluje, či do vodních toků, kde dochází k dalšímu transportu. Velice silně se tento proces vyskytuje na odlesněných územích budovaných vápnatými horninami. Zde byly po odlesnění rozrušeny lesní půdy, takže se obnažil čerstvý vápnatý substrát, který byl dále erodován a materiál snášen do údolí, kde se hromadil a postupně pohřbíval i zde vyvinuté lesní půdy. Tím byly v některých oblastech nahrazeny již vyzrálé půdy daleko méně vyvinutými půdami připomínajícími stav na počátku holocénu. Proto hovoříme o zpětném - retrográdním vývoji půd (Ložek 1999). Zde také můžeme vidět počátek geneze koluvizemí.



Obr. 8 Vliv zrychlené eroze na diferenciaci půdního pokryvu (podle Demek 1987)

- a) půdní pokryv před působením zrychlené eroze  
 b) 1 - půda na plošině je minimálně ovlivněna, na přechodu do svahu vidíme ztenčování půdního pokryvu  
 2 - půdní pokryv na svahu je smytý, často chybí i svrchní část substrátu  
 3 - původní půdní pokryv je akumulovaný půdním, resp. horninovým materiálem - koluviem

Retrográdní vývoj půd, jak uvádí Němeček, Smolíková, Kutílek (1990), znamená pochod, při němž se v jednom časovém úseku tvořily nejprve *silně zvětralé půdy*, které byly postupně vystřídány *slaběji až slabě vyvinutými půdami*. Tento proces je odrazem kvartérního klimaticko-sedimentačního a půdotvorného cyklu. Lze jej sledovat v průběhu pleistocénu (zejména v důsledku klimatických změn) i v holocénu (antropogenní vlivy-zemědělství a odlesnění).

V holocénu můžeme pozorovat následující vývoj:

- Starší polovina holocénu se vyznačuje klidným vývojem, jehož produktem je zpravidla vyzrálá hnědozem pod lesem.
- Zemědělské osídlení střední Evropy, počínající v neolitu, vede k odlesnění, následkem čehož se mění erozní a sedimentační poměry a zmíněná půda nejdříve mění

v polygenetickou černoze, později je překryta souvrstvím splachů s pohřbenými půdami rázu slabě vyvinutých půd.

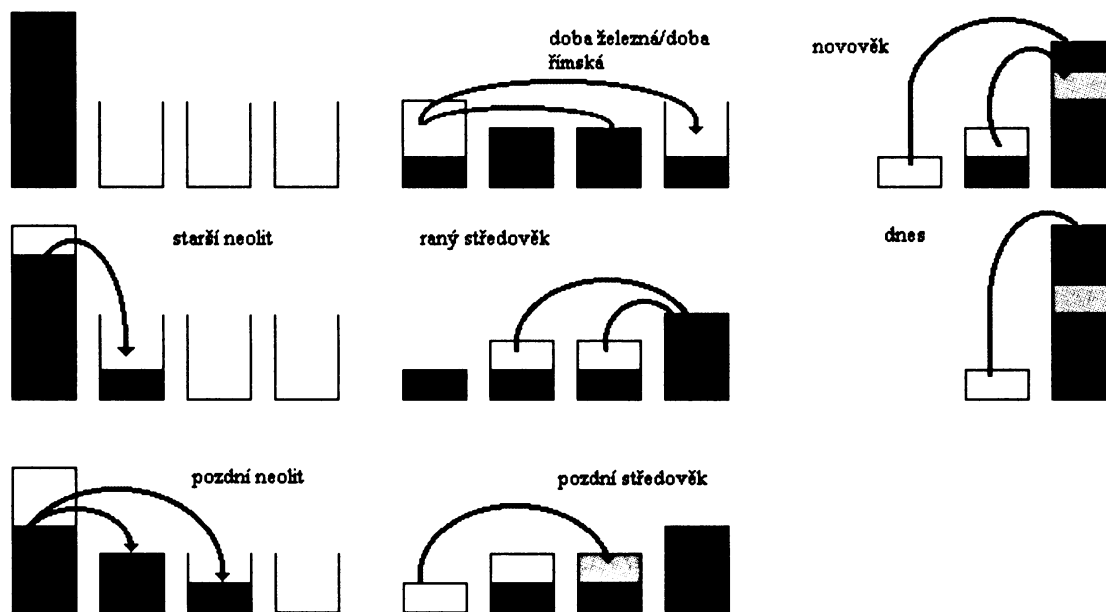
- Analogicky je zatlačen les, který pokrýval krajinu ve starém holocénu, čímž je umožněno postupné zestepnění.

Tento vývoj označujeme z hlediska kvartérního sedimentačně-klimatického cyklu jako retrográdní vývoj půd nebo obecně retrográdní vývoj celé geobiocenózy. Holocenní souvrství vzniklá tímto pochodem jsou analogická půdním komplexům pleistocenních sprašových sérií. Výrazný rozdíl oproti staršímu kvartéru je však ten, že v případě holocénu nebyl tento vývoj určován změny klimatu, ale lidskými zásahy. Počátek formování vývoje koluviálních sedimentů, pokud jsou chápány z pedologického pohledu jako materiál shromažďující se pod svahy pod vlivem antropogenního zvýšení intenzity eroze, můžeme zasadit již do neolitu. Intenzita koluvie se pak zvyšuje vždy s rozšířením kolonizace na další území a s většími nároky na produkční vlastnosti půd, roli ovšem hraje i klima (zejména srážky), které může tento proces zbrzdit i znásobit. Podle Langa (2003) je první výrazné zvýšení koluvie pozorováno během mladší doby bronzové v důsledku zvýšeného antropogenního vlivu na území. Další maxima transportu materiálu po svahu jsou datována do doby železné a dále do středověku (9-11. století n.l.). Lang uvádí jako hlavní faktor koluvie intenzitu obdělávání, protože vydatnost srážek jako hlavního klimatického faktoru byla dostatečná i mimo etapy identifikované jako období zvýšeného hromadění koluviálních sedimentů. Limitním faktorem je tedy citlivost krajinného systému vůči erozi, která je výsledkem intenzity obdělávání.

Koluviální sedimenty obecně pocházejí ze zdroje umístěného v horních částech svahu a postupně jsou přemísťovány směrem k úpatí. Je ovšem nutné brát v úvahu, že koluvie je proces kontinuální, stále se obnovující proces. Proto je pravděpodobné, že se již jednou přemísťené a akumulované materiály znovu zapojí do koluviačního procesu. Lang, Honscheidt (1999) uvádí, že materiál erodovaný v neolitu a době železné byl ponejvíce ukládán ne na úpatí, ale ve svrchnějších částech svahu. Úpatí jako cílové úložiště fungovalo až v končící době železné a římské. Od této doby také výrazně narůstaly hodnoty a rychlost depozice v závislosti na intenzivnějším obdělávání.

Honscheidt a Lang dále předpokládají, že koluvium je postupně ukládáno do tří typů terénních depozit. První jsou antropogenní deprese, dále přírodní deprese a nakonec úpatí svahů. Podle kaskádového modelu, který popisuje jednotlivé vlny ukládání erozních sedimentů, nastává první fáze v neolitu s prvními zásahy do krajiny. Projevuje se ukládáním sedimentů do lidmi vytvořených sníženin. S pokračováním eroze se postupně plní tyto nerovnosti a spolu s nimi i deprese přírodní. Během tohoto období (pozdní neolit) je starší materiál v těchto depresích pohřbíván. Během doby železné a římské dochází k definitivnímu naplnění depresí v horních částech svahu a začíná též postupný transport erodovaného materiálu po celé délce svahu až k jeho úpatí. V raném středověku dochází k redepozici již jednou erodovaného materiálu do dolních částí svahu, kde pokrývá sedimenty uložené dříve.





Obr. 9 Časový vývoj erozně-sedimentačního cyklu koluvia. Kaskádový model formace koluvia je ohraničen časem prvního začlenění materiálu do procesu ( $^{14}\text{C}$  a archeologická datace) a časem jeho poslední depozice v dolní části svahu (OSL stáří). První sloupec reprezentuje materiál, druhý antropogenně vytvořené sníženiny, třetí hypotetické přírodní deprese a čtvrtý koluvium při úpatí svahu. Šipky vyjadřují proces transportu a vynulování "OSL hodin" (podle Lang, Honscheidt 1999).

## 4. Výsledky terénního průzkumu

### 4.1. Metodika práce

Část práce věnovaná výsledkům terénního výzkumu je rozdělena do pěti oddílů, zachycujících pět zájmových lokalit. Každý oddíl je uveden stručným fyzickogeografickým popisem daného území. Důraz je kladen zejména na faktory, které mají přímou souvislost s procesy odehrávajícími se v půdě.

Vlastní popis výsledků terénního výzkumu sestává ze dvou hlavních částí. První je charakterizace půdních profilů na základě přímého pozorování v terénu (jedná se o popis statigrafie půdních profilů a popis půdních znaků jako je barva, struktura, konzistence, prokořenění...). Tento popis je doplněn schematickým znázorněním půdních profilů, které jsou začleněny do příčného profilu svahu. V další části se věnuji prezentaci výsledků laboratorní analýzy vzorků odebraných z jednotlivých sond. Hodnoty jednotlivých vlastností jsou znázorněny v tabulkách a v grafech (v případě zmitosti je to trojúhelníkový digram, u ostatních charakteristik se jedná o sloupcové a kruhové grafy), ke kterým je vždy připojen slovní popis a shrnutí, ve kterém se snažím zdůvodnit konkrétní změny, které ve vlastnostech v rámci svahu nastaly. Hodnocení půdních vlastností a znaků bylo prováděno podle Tomáška (2000).

Kapitoly jsou doplněny mapovými a fotografickými přílohami. Pro každou lokalitu byla sestavena přehledná mapa současného využití půdy (mapy byly sestaveny z ortofotosnímků a Státních map odvozených v měřítku 1:5 000). Historické využití pozemků je odvozeno z map prvního, druhého a třetího vojenského mapování. Zde je třeba připomenout, že vzhledem ke značnému stáří map musíme počítat s případnými nepřesnostmi (vlivem zkreslení při samotném mapování i při dodatečné registraci do výsledné mapy). Všechny mapy byly zpracovány v programu MapInfo 5.0. Fotografie zájmových lokalit byly pořízeny v červnu 2004 a dubnu 2005.

Samostatnou kapitolu pak tvoří shrnutí výsledků ze všech pěti lokalit a jejich vzájemné porovnání. V této části jsem se snažila zejména o zobecnění podoby půdního profilu v různých částech svahu v závislosti na typu matečné horniny, zobrazení vývoje zmitosti a obsahu humusu ve svahu a v neposlední řadě o porovnání půdních vlastností v jednotlivých lokalitách.

### **Zájmové pozemky**

Zájmové pozemky byly vytipovány ve dvou základních zájmových oblastech ve středních Čechách, kterými jsou:

1. Sedlčansko (4 pozemky)
2. Mělnicko (1 pozemek)

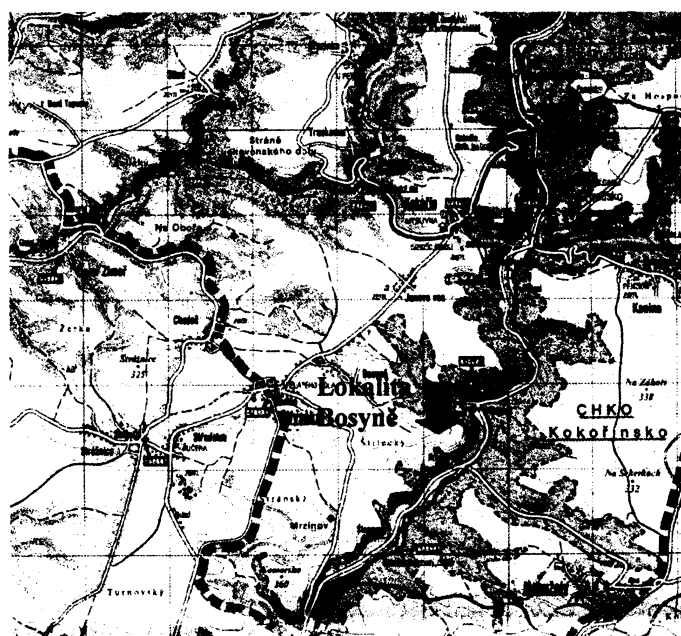
## SEDLČANSKO

Oblast leží v bývalém okrese Příbram (mapa 1). Všechny čtyři zájmové lokality se nacházejí v okruhu 10 km od města Sedlčany. První pozemek s názvem Křemelky se nachází jihovýchodně od obce Kosova hora. Dále na východ byl u obce Vojkov vybrán svah navazující na nivu potoka Mastníku. Severně od Sedlčan, v okolí obce Osečany byly vytipovány dvě lokality (Na spálenkách a V dolících).

Oblast Sedlčanska byla vybrána zejména s ohledem na dobrou znalost regionu a díky relativně příhodným podmínkám pro tento typ terénního výzkumu. Důležitým faktorem je v tomto případě značná členitost reliéfu. Většina pozemků je i přes nepříznivé sklonitostní poměry (zejména v horních částech svahů přesahuje sklon nezřídka i 12°) dlouhodobě obdělávána bez použití protierozních opatření. Tento fakt nás opravňoval předpokládat, že při vhodném výběru pozemku bude možné identifikovat procesy koluviace či alespoň procesy vedoucí k výrazným změnám ve struktuře půdního profilu a ve vlastnostech půd v závislosti na jejich pozici ve svahovém systému. V neposlední řadě je třeba uvážit fakt, že se region nachází v oblasti kambizemí, které jsou zároveň nejrozšířenějším půdním typem v republice. Půdní vlastnosti a procesy tedy reprezentují širokou pedogeografickou oblast.

## MĚLNICKO

Zájmová oblast v okolí města Mělník (mapa 2) je budována křídovými pískovci s mocnými nánosy pleistocénních spraší. Spraš jako matečná hornina nezpevněného charakteru podléhá erozi snadněji než je tomu v případě pevných granitoidů. Proto byla tato oblast vybrána jako srovnávací se vzorky ze Středočeského plutonu. Další faktor hrající významnou roli při procesu koluviace je v podstatě nepřetržitě zemědělské využití oblasti od dob neolitu. Výzkum byl prováděn na obdělávaném pozemku jižně od obce Vysoká v přímém kontaktu se systémem strží a terénních stupňů navazujících na údolí Pšovky.



Mapa 1 Rozmístění zájmových lokalit (podklad Turistická mapa 1:50 000, zmenšeno 2x)

Mapa 2

## Sondy

Základem pro podrobnější charakterizaci půdního pokryvu a zkoumání jeho odlišností v rámci svahového systému je soustava sond umístěných ve sledovaných lokalitách. Na základě sond bylo možné určit stratigrafii půdního profilu, popsat v terénu makroskopicky zachytitelné půdní znaky a odebrat vzorky pro další laboratorní analýzu. Sondy byly prováděny sondážní tyčí délky 1m.

### Umístění sond

Sondy byly umístovány vždy v určitých částech svahu, aby bylo možné zdokumentovat rozdíly mezi jednotlivými půdními profily v závislosti na pozici ve svahu. První základní sonda byla vyvrtána v horní části svahu či v horní partii střední části svahu, vždy s konvexním tvarem a vyšším sklonem, které podmiňují odnos materiálu erozí. Druhý základní vrt byl lokalizován na úpatí, tedy do místa předpokládané zvýšené akumulace půdní masy odloučené z vyšších částí pozemku. Vzhledem k blízkosti vodního toku byla často půda na úpatí svahu značně zamokřená a znaky akumulace v ní byly setřeny redukčními pochody. V takovýchto případech byla další sonda umístěna do dolní části středního svahu, a to pokud možno před terénní nerovnost či stupeň, kde by také mělo docházet k akumulaci. V některých lokalitách byly pro získání dalších informací o procesech na svahu vyvrtány doplňkové sondy (i mimo ornou půdu).

### Pozorování v terénu a půdní znaky

V terénu byly u všech sond popsány základní půdní znaky. Jedná se zejména o hloubku půdy, určení a sled půdních horizontů a jejich mocnost a charakter přechodu. Na základě Münselových tabulek byla určena barva, odhadnuta byla i zrnitost, u odebraných vzorků však byla určena přesněji laboratorními metodami. Dále se jedná o odhad stupně šterkovitosti, popř. kamenitosti půdy. Důležitým ukazatelem je i půdní struktura a konzistence, dalšími určovanými znaky jsou i prokořenění či oživení. Samostatnou skupinou je pak u půd ovlivněných srážkovou či spodní vodou popis morfologických znaků hydromorfismu, popř. určení stupně hydromorfismu. V případě předpokládaného výskytu karbonátů v profilu byly prováděny i zkoušky jejich obsahu kyselinou. U koluvizemí má opodstatnění i sledování dalších znaků, např. zbytky vrstevnatého uložení v akumulovaném profilu.

Stručný popis půdních znaků a dalších charakteristik určených v terénu je podán v každé kapitole. Půdní profily jsou znázorněny graficky pomocí schémat zasazených do místa odběru (příčný profil svahem).

### Odběr půdních vzorků

Z vybraných sond byly odebírány půdní vzorky, které byly dále laboratorně analyzovány. Z horního svahu byl analyzován vzorek z orničního horizontu odebraný v hloubce 0,1-0,15 m. Vzhledem k časté mělkosti profilu a faktu, že orniční horizont většinou

vždy naléhal přímo na rozpad horniny (či přechodný horizont), nebyly až na výjimky další vzorky z horních partií odebrány. Z místa akumulace materiálu (ať už se jednalo o samotné konkávní úpatí či odběr před terénní překážkou) byl hodnocen opět orníční horizont Ap (0,1-0,15 m) a dále horizont akumulace v hloubce 0,3-0,5 m (pokud se tento v profilu vyskytoval, v opačném případě byl odebrán vzorek z minerálního horizontu v odpovídající hloubce). V případě větší mocnosti koluviálního horizontu byly provedeny dvě analýzy v různých hloubkách tohoto horizontu. Pro lepší porovnání a dokumentaci vlivu reliéfu a typu využívání půd na půdní kryt byly v jedné z lokalit analyzovány i vzorky z nezemědělských půd.

### Půdní vlastnosti

U odebraných vzorků byly analyzovány fyzikální i chemické vlastnosti půd. Zásadní vlastností je v první řadě textura, dále obsah humusu a půdní reakce. Další vlastnosti, zejména sorpční charakteristiky, mohou být do značné míry ovlivněny lokálními zásahy, proto je třeba při jejich hodnocení počítat s možnými nepřesnostmi.

- Zrnitost je v tomto případě jednou z nejdůležitějších pozorovaných vlastností, protože je přímo závislá na typu reliéfu a pozici půdy ve svahu. Zrnitostní poměry a jejich změny přímo vypovídají o intenzitě a charakteru zrychlené půdní eroze. Zrna jsou podle velikosti rozdělena na pět kategorií (<0,001; <0,01; 0,01-0,05; 0,05-0,25; 0,25-2 mm), pro potřeby trojúhelníkového diagramu (NRSC USDA) je pak podle rovnice vypočítán podíl zrn pod 0,002 mm.
- Sorpční vlastnosti půdy: výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, obsah výměnných iontů (Ca, Mg, K, H, Al) v sorpčním komplexu. Cílem bylo zjistit, zda a jak se tyto charakteristiky mění v závislosti na pozici půdy ve svahu a nepřímo i v závislosti na erozně-akumulačních procesech.
- Výměnná půdní reakce
- Obsah organického uhlíku a humusu v půdě
- Obsah dalších látek v půdě: celkový N, obsah karbonátů (pouze u půd na karbonátových horninách)

## 4.2. Sedlčansko

### 4.2.1. *Fyzickogeografická charakteristika*

#### **Geomorfologická charakteristika**

Sledované území z geomorfologického hlediska patří do celku Benešovská pahorkatina. Jeho severovýchodní částí je Sedlčanská pahorkatina, která zaujímá povrch sedlčanského regionu. Jedná se o členitou pahorkatinu (členitost 75-150 m). Rozkládá se na granitoidech střeodočeského plutonu. Reliéf je erozně denudačního typu (vznikl odnosem zvrásněných a přeměněných hornin) se strukturními hřbety a svědeckými vrchy, s hluboko zaříznutými údolími Vltavy a přítoků. Na západě zasahuje pahorkatina údolní nádrž Slapy na Vltavě. Největším vrcholem je Vysoký Chlumeč (531 m n.m.). Oblast je nepatrně až středně zalesněná smrkovými a smíšenými lesy (Demek 1987).

Březnická pahorkatina je nadřazeným celkem a zároveň součástí Střeodočeské pahorkatiny. Průměrná nadmořská výška je 331,2 m n.m., rozloha je 924 km<sup>2</sup>, střední sklon je 4°16'. Charakteristické jsou tvary zvětrávání a odnosu a zbytky neogenních zarovnaných povrchů (Demek 1987).

#### **Geologická charakteristika**

Většina území v okolí Sedlčan je tvořena horninami Střeodočeského plutonického komplexu, součástí širší moldanubické oblasti vzniklé opakovanými intruzemi granitoidních hornin k povrchu během variského vrásnění ve spodním karbonu. Severní část území v okolí Osečan je tvořena granitoidy sázavského typu. Jedná se převážně o amfibolicko-biotitický granodiorit až křemenný diorit a křemenný gabrodiorit střední zrnitosti. Tvoří několik samostatných těles v okolí ostrovní zóny kontaktní metamorfózy. Na jihu a východě přechází ostře do Sedlčanského typu, který tvoří valnou část zájmového území. Je tvořen převážně biotitickým granodioritem. Jedná se o masivní horninu poměrně stálého složení, uzavírající na řadě míst četné drobně bazické pecky (Chlupáč a kol. 2002)

Sedlčanský typ uzavírá ve svém středu těleso o plošném rozsahu cca 5 km<sup>2</sup>, známé jako granodiorit typu Kosovy Hory. Jedná se o muskoviticko-biotitický granodiorit drobnozrný, porfyrický. Jeho význačným znakem je přítomnost biotitem bohatých čoček. Hornina je světlá, téměř masivní, porfyrické vyrostlice draselného živce dosahují 1 cm. Nacházíme i makroskopicky patrná zrna cordieritu. V severovýchodní části v okolí Osečan vystupují na povrch migmatity spilitové série. Vznikly zřejmě z fylitů, svorů či rohoveců proterozoického stáří působením maršovického granodioritu horniny. V malých okrscích navazujících na křečovické migmatity vystupují metamorfované bazické horniny, tzv. metabazity (amfibolitické porfyryty, v menší míře i gabra) (Geologická mapa 1:200 000, 1963).

Kvartér je na území Sedlčanska zastoupen fluviálními sedimenty v údolí Mastníku a jeho přítoků, deluviálními sedimenty hromadícími se na úpatí svahů, deluviofluviálními sedimenty lemující úpatí svahů při dnech údolí a v neposlední řadě koluviálními sedimenty vzniklými v holocénu (Chlupáč a kol. 2002, Geologická mapa 1:200 000, 1963).

Fluviodeluviální uloženiny se nacházejí hojně podél vodních toků a ploch. Samotné deluviální sedimenty jsou v Geologické mapě 1:50 000 rozděleny na deluvia hlinitá a písčítá a deluvia bloková a kamenitá. Posledně zmiňovaný typ je zastoupen pouze v málo rozsáhlé lokalitě poblíž Čertova břemene (jižně od Prčice). Písčité deluviální sedimenty jsou podstatně rozšířenější, a to v širších oblastech podél vodních toků (pramenné oblasti- jsou vázány především na reliéf s vyššími nadmořskými výškami). Koluviální sedimenty v mapových podkladech nefigurují a nelze je ani zcela ztotožnit s deluvií. Můžeme předpokládat, že koluviální sedimenty se budou nacházet zejména pod svahy, které jsou ohroženy zvýšenou erozí (Geologická mapa ČR 1:50 000, 1991).

### **Klimatická charakteristika**

Dle klimatologické klasifikace patří region převážně do oblasti mírně teplé a mírně vlhké, místy až vlhké s drsnější zimou. Podle nejbližších pozorovacích stanic v Neveklově a Sedlčanech činí roční srážkový úhrn 566 mm, ve vegetačním období (duben-září) je to 370 mm. Nejdeštivějším měsícem je červenec. Dlouhodobý roční průměr teplot je 7,5°, ve vegetačním období je to 13,6°. Nejteplejším měsícem je červenec (17,3°), nejchladnější leden (-2,5°). Sněhová pokrývka leží obvykle 50-60 dní. Počet letních dní (nad 25°C) je pod 50. Maximální teplota (Vysoký Chlumeč) +36,4°C, minimální -22°C (Demek 1987; Mapa klimatických oblastí 1:500 000, 1970, Zprávy KPP).

### **Hydrologická charakteristika**

Sledované území se nachází v povodí středního toku Vltavy. Je odvodňováno sítí menších říček a potoků. Nejvýznamnější je Mastník, který ústí zprava do Vltavy v nádrži Slapy. Plocha povodí zaujímá 331,4 km<sup>2</sup>, délka toku je 47,3 km a průtok v ústí 1,23 m<sup>3</sup>/s. Jedná se o vodohospodářsky poměrně významný tok, v současnosti je často ohrožován znečištěním, zejména ze zemědělství. Sedlecký potok je levý přítok Mastníku v Sedlčanech (P=141,9 km<sup>2</sup>, l=21,3 km, Q=0,61 m<sup>3</sup>/s). Dalšími menšími toky jsou Lužnice a Křečovický potok. Hladina podzemních vod se na většině území nachází 4 a více metrů pod povrchem. Zdroje podzemní vody nejsou příliš vydatné a proto je území vodohospodářsky pasivní (Vlček a kol. 1970).

Hydrologické poměry v půdě vyplývají zejména z charakteru matečné horniny a geomorfologických poměrů. Vodní režim půd na granodioritu je většinou nepříznivý, protože mají vzhledem k lehčímu zrnitostnímu složení ornice a lehké spodině omezenou schopnost udržovat vláhu a vodu. Jsou tedy charakterizovány zvýšenou propustností, kdy srážková voda rychle protéká do spodiny a nemůže tak být plně využita kořenovým systémem rostlin. Půdy

na pararulách jsou dobře až silně vodopropustné. Naopak příznivé je hospodaření půdní vláhou u půd na koluviích a svahovinách. Zrnitostně těžší složení spodiny, vzniklé přemístěním koloidních částic v profilu, způsobuje dobrou vododržnost, která se uplatňuje i v době déletrvajícího sucha. Nepříznivým faktorem u půd na koluviích je ovšem, zejména u zrnitostně těžších půd, jejich sezónní převlhčování (zamokřování u oglejených půd).. V depresních polohách a při vodních tocích se projevuje vliv zvýšené hladiny podzemní vody genezí redukčních půdních horizontů a vznikem glejových subtypů půd či pravých glejů. Fluvizemě se vytvářejí v nivách potoků na nivních sedimentech a mají specifický vodní režim (Tomášek 2000, Zprávy KPP).

## **Biogeografická charakteristika**

### Původní vegetace

Největší plochy v oblasti zaujímají acidofilní bikové a jedlové doubravy. Biková doubrava s dominantním dubem zimním je charakteristická příměsí až absencí méně či více náročných listnáčů-břízy, habru, buku, jeřábu, lípy, na sušších místech i s přirozenou příměsí borovice. Zmlazené dřeviny stromového patra jsou nejvýznamější složkou slabě vyvinutého patra keřového. Fyziognomii bylinného patra určují subacidofilní a mezofilní lesní druhy. Podobná druhová garnitura je typická i pro jedlové doubravy, indikované kromě přítomnosti dubů i výskytem jedle ve stromovém i keřovém patru.

Biková a jedlová doubrava představují edafický klimax na živinami chudších substrátech (ruly, žuly, svory, kyselé břidlice) v planárním a zvláště kolinním stupni se subkontinentálním klimatem. Často stoupají i výše, zejména jedlová doubrava. Tato společenstva osidlují různé reliéfové formy, v pahorkatinách převládá kopcovitý reliéf, jinde vyrovnané, ploché či mírně zvlněné tvary, vzácně i ostřejší svahy říčních kaňonů. Půdy odpovídají mezooligotrofním až oligotrofním kambizemím typickým nebo luvizemím. Pod jedlovými doubravami jsou půdy místy oglejené.

Většina poloh těchto společenstev je v současné době odlesněna a využívána jako pole, méně pastviny nebo louky. V celé ČR zaujímají středně bonitní až nízkobonitní lesy blízké přirozeným méně než jedno procento mapované plochy (Neuhauslová a kol. 2002).

Z hlediska zemědělských regionů jsou půdy řazeny do bramborářské výrobní oblasti, většinou do podoblasti O3 (podprůměrné podmínky pro pěstování obilovin, nadprůměrné pro pěstování brambor) (Zemědělské regiony ČSR 1: 500 000, 1972).

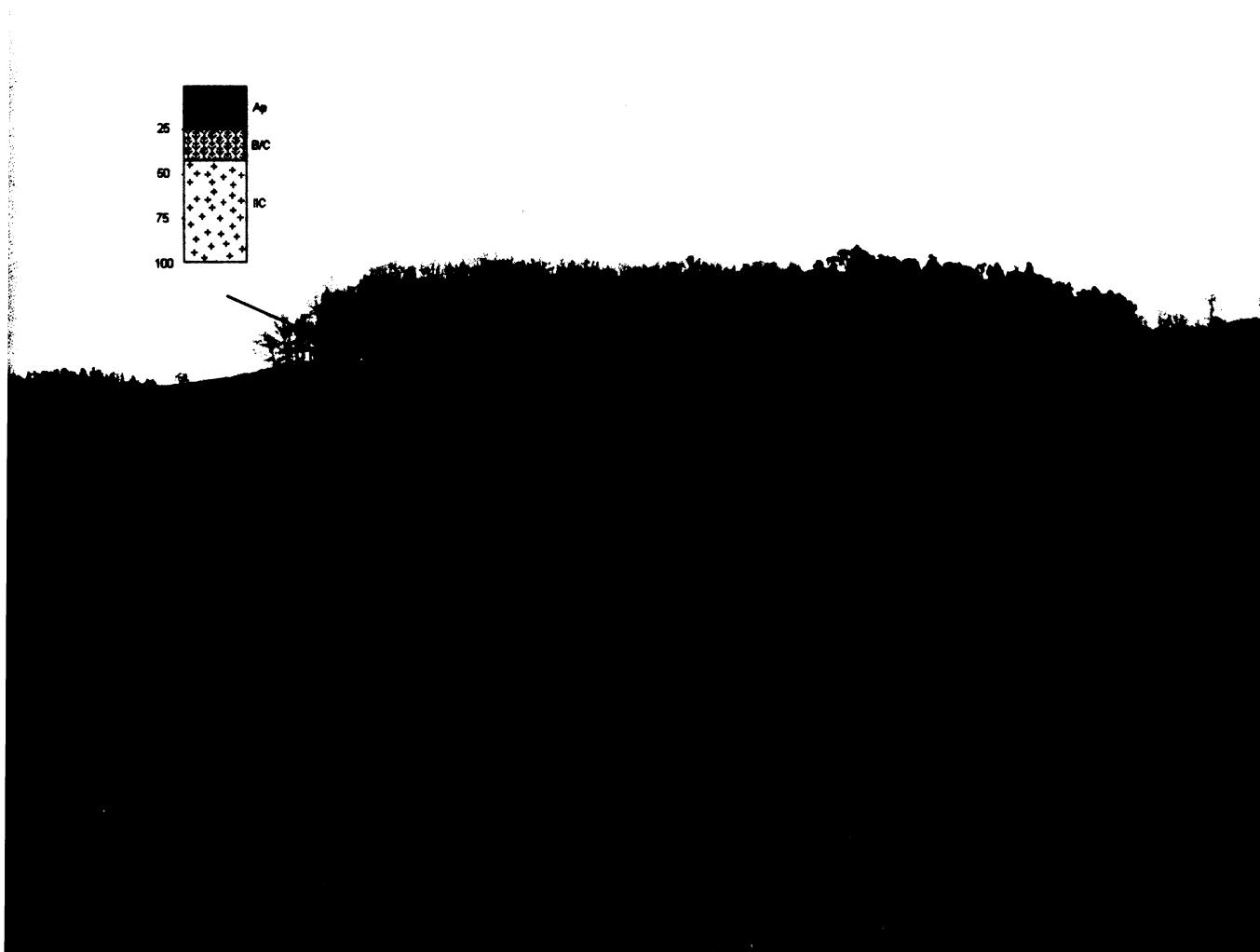
## **Pedogeografická charakteristika**

Oblast Sedlčanska je podle Geografie půd ČSR (Němeček, Tomášek 1983) zařazena do regionální struktury půdního pokryvu s dominantním zastoupením hnědých půd eubazických a mezobazických. V této struktuře je dále charakterizována pedoasociací s převládajícími hnědými půdami (kambizeměmi) z přemístěných zvětralin žul, rul, svorů a fylitů v oblastech krystalinika plutonu České vysočiny.

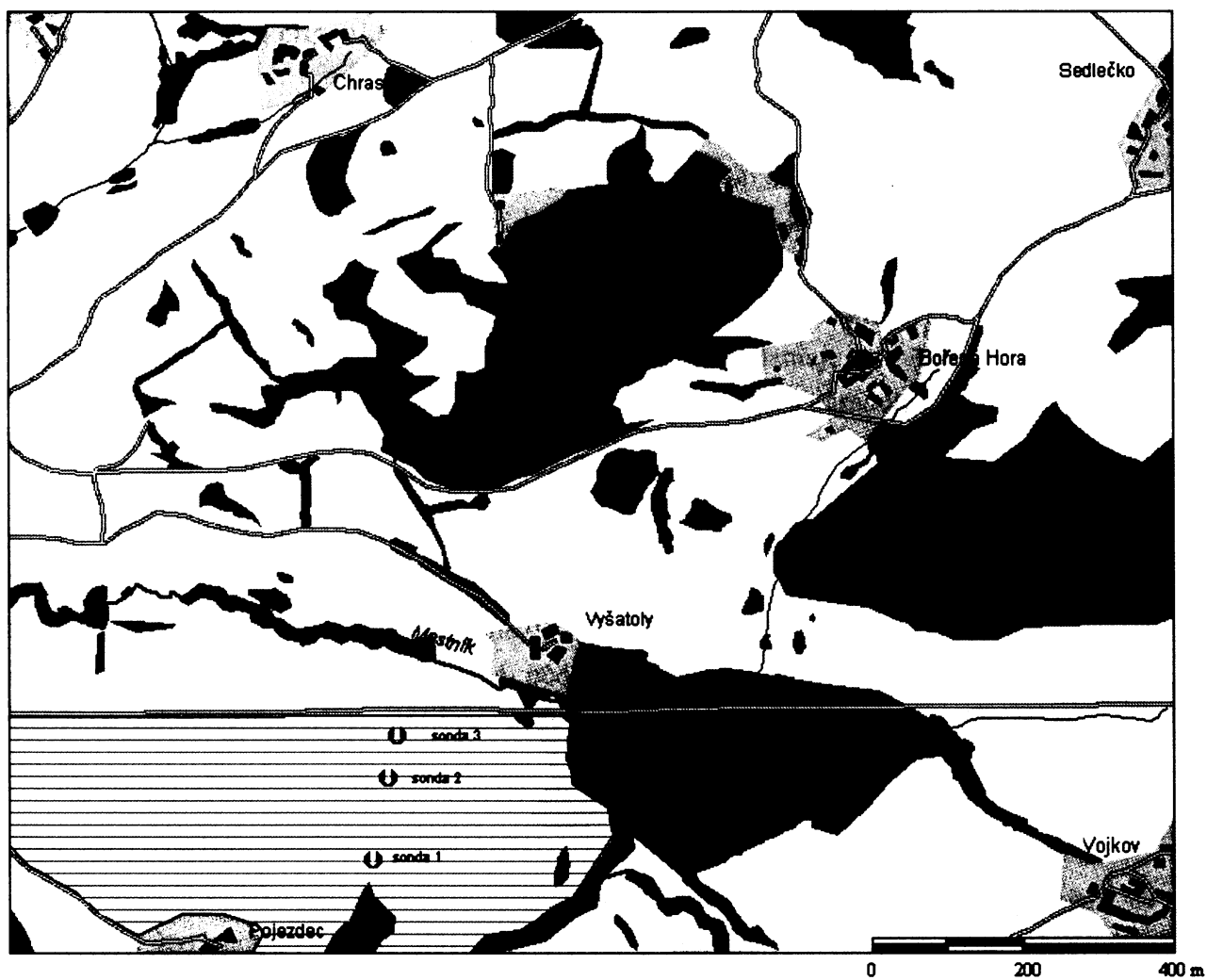


Z faktorů podílejících se na utváření půd má nejdůležitější postavení klima, ve kterém se formovaly na celém širším území kambizemě. Jejich chemismus a fyzikální vlastnosti pak určuje v první řadě petrografické složení substrátu (neutrální až slabě kyselé horniny implikují nepříliš vysoký obsah dvojmocných bází v půdě, kyselejší půdní reakci, lehčí zrnitostní složení, místy štěrkovitost a kamenitost a poměrně silnou vodopropustnost). Na skalních výchozech těchto hornin se často vyskytují nevyvinuté půdy typu litozemí, na skeletovitých rozpadech pak rankery. Konfigurace reliéfu má za následek vznik mělkých půd v horních částech svahů a naopak větší hloubku profilu při úpatích. Dále ovlivňuje intenzitu zásaku. V zrnitostně těžších půdách na úpatí dochází vlivem srážek ke zvýšení obsahu vláhy a vzniku oglejených půd. Zvýšená hladina podzemní vody se uplatnila při vzniku glejů a fluvizemí. Chemismus spolu s nižší teplotou se projevuje mírně sníženou biologickou činností. Biologický faktor se uplatňuje zejména prostřednictvím vegetace, která je vedle edafonu hlavním dodavatelem organické hmoty a materiálovým zdrojem při tvorbě humusu. V zájmové oblasti dochází u kambizemí k rychlejší mineralizaci, takže jsou půdy většinou jen mírně humózní (hydromorfní půdy mají obsah humusu vyšší, ale jeho kvalita je snižena). V neposledním případě se na půdotvorném procesu přímo podílí i člověk (např. kultizemě hortické či na četných odvalech kamenolomů vznikající antropozemě skeletovité). (Němeček a kol. 2002, Tomášek 2000, Zprávy KPP 1956).

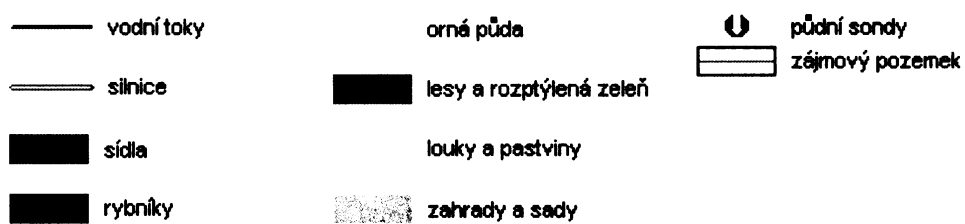
#### 4.2.2. LOKALITA KOSOVA HORA – POZEMEK KŘEMELKY



Obr.10 Zájmový pozemek Křemelky s naznačenými půdními profily v odběrových místech



Mapa 3 Využití půdy v lokalitě Kosova Hora (zájmový pozemek Křemelky) (podklad SMO 1:5000, ortfoto)



## Fyzickogeografická charakteristika

### Geomorfologické poměry

Území se vyznačuje značnou členitostí. Na západě jsou mírné svahy severní expozice, které se od plošiny na Babí Hoře svažují k hlavní silnici. Na východ přechází mírné svahy v příkré, které zasahují do erozivního údolí, které probíhá od jihu k severu. K východu přechází toto údolí v nízký protáhlý hřeben, který probíhá od jihu k severu z lesního porostu Vysoké Hory k údolí potoka Mastníku. Ve střední části se uplatňuje mírně depresní rovina, která k jihu stoupá mírnými svahy severní expozice k lesu, na jihu zasahuje k údolí Mastníku (Demek 1987, Zpráva KPP 1956).

Lokalita Křemelky zaujímá táhlý svah s vrcholem nadmořské výšce 589 m, jehož plynulý přechod do nivy Mastníku byl přerušen výstavbou hlavní silnice procházející svahem v nadm.výšce 325 m. Svah je ve své konvexní části poměrně strmý (10,5°), sklon klesá v přímé části na 3,5° a v konkávní části na 0,5°. Na svahu jsou patrné známky plošné eroze, jejíž produkty se ve formě přemístěné půdní hmoty hromadí v konkávní části svahu. Z vrcholu vybíhá přibližně po spádnicí malou plochou lesní remíz tvořený borovicemi a listnáči.

### Geologické poměry

V oblasti se jako pedogeneticky významný uplatňuje geologický útvar prekambriický, prvohorní a čtvrtohorní. Většina oblasti je tvořena prvohorní kyselou hlubinnou horninou-biotitickým kyselým sedlčanským *žulosyenitem*. Hornina obsahuje podstatné množství křemene, kyselých a středně bazických plagioklasů a ortoklasu, barevné součástky jsou zastoupeny téměř výhradně biotitem. Při zvětrávání nastává nejprve mechanický rozpad a následkem kvádrovité odlučnosti se tvoří žokovité balvany se zaoblenými hranami, mezi nimiž je obvykle hluboká žulová zvětralina. Zvětraliny jsou vždy písčitého rázu (tzv. *grus*), protože značný podíl křemene způsobuje trvalou písčitost vzniklé zeminy. Zvětralina představuje poměrně chudý substrát s nedostatkem alkalických zemin. V menší rozloze je prvohorní útvar zastoupen neutrálním šedým biotiticko-amfibolitickým *granodioritem*. Zvětralina je méně písčitá, v příznivém terénu hlubší, ale sklon k tvorbě balvanovitých zbytků je stejný jako u syenitu (Chlupáč 2002, Zpráva KPP 1956, Geologická mapa 1:200 000, 1963).

Kvartér je zastoupen jednak vápnitými nivními uloženinami v okolí potoka Mastníku, jednak koluviálními sedimenty. Nivní sedimenty nacházíme poblíž vodního toku Mastníku, kde dochází k akumulaci vodou přeplaveného materiálu algonkického i prvohorního původu, tvořícího svrchní vrstvu údolní nivy. Materiál je lehčího zrnitostního složení a střední minerální síly. Svahoviny se vyskytují v depresních polohách zejména v jižní části katastru Kosova Hora. Koluvium zde navazuje na širší terénní úpad. Místy je svahovina smíšená s velkým množstvím oblázků a valounů křemene, jejichž množství do spodiny přibývá.

### Půdní typy nacházející se v zájmovém území Křemelky

V rámci komplexního půdního průzkumu bylo v zájmovém území odebráno několik vzorků ze sond v různých částech svahu. Zjištěny byly tři základní půdní typy. V oblasti aluvionu je to *nivní půda glejová*. Humusový horizont je šedohnědé barvy a drobtovité struktury, který zřetelně přechází do horizontu M světlejší barvy s rezivými bročky a rezivou skvrnitostí. Níže 0,6 m se objevují výraznější reduktomorfní znaky. Hladina podzemní vody se objevuje v 1m. Substrátem je nevápnitá nivní uloženina. Půdní reakce se pohybuje od slabě kyselé v humusovém horizontu po kyselou až silně kyselou v horizontu s reduktomorfními znaky. Obsah humusu je v nadložním horizontu vysoký. Sorpční komplex je v celém profilu slabě nasycený.

Na úpatí a v dolních částech svahu Křemelky byla sondou zjištěna kambizem oglejená, u níž převládá jako půdotvorný proces vnitropůdní zvětrávání spolu s pseudoglejovým procesem, podmíněným mírně depresní polohou se zhoršeným vsakem srážkové vody. Orniční horizont je šedohnědé barvy, nevýrazně drobtovité struktury, zrnitostně hlinitopísčité, lokálně slabě kamenitý. V 0,15 m přechází do horizontu Bv světle hnědé barvy se znaky oglejení (mramorování, rezivé skvrny a bročky). V hloubce 0,65 m přechází profil postupně v půdotvorný substrát s oglejením stejné intenzity. Mateční horninou je rozpad granodioritu.

Ve střední a horní části svahu byla diagnostikována kambizem modální. Horizont Ap zasahuje do 0,25 m, je šedohnědé barvy, drobtovité struktury, hlinitopísčité. Přechází zřetelným přechodem do horizontu Bv světle hnědé barvy, drobtovité struktury, zrnitosti taktéž hlinitopísčité. Ten postupně přechází do půdotvorného substrátu, rezivě hnědé sypké zvětraliny. Půdní reakce je v celém profilu silně kyselá, sorpční komplex je slabě nasycený.

### **Odběr vzorků a jejich analýza**

#### Sondy

Na svahu byly vyvrtány tři reprezentativní sondy: první v horní konvexní části svahu, další dvě v konkávní části a to ve středu svahu a na úpatí

V horní a střední části svahu je vzhledem ke značné propustnosti substrátu půda suchá, v dolní části se naopak projevuje výrazný posun v zrnitosti a tím i větší schopnost půdy i navrstvené matečné horniny zadržovat vodu. Půda je zde viditelně zamokřená. Půdní eroze se na první pohled uplatňuje na svahu poměrně intenzivně. Je to vidět jednak v konvexní části, kde je ornice výrazně ochuzena o jemnější částice, které jsou drobnějšími rýžkami i širšími a hlubšími transportními drahami transportovány po spádnicí směrem k úpatí svahu. Ve střední části svahu, která nese prvky konkávnosti, a v jeho dolní části pozorujeme ukládání jemnějšího materiálu, který zde v příhodných terénních nerovnostech tvoří dobře rozeznatelné

plochy jílovitého charakteru, které za sucha vysychají a tvoří se v nich poměrně hluboké trhliny.

- *Sonda č.1*

Sonda byla odebrána v přímé blízkosti lesa. Orniční horizont Ap drobné konzistence má špatně vyvinutou strukturu s náznakem drobtovitosti. Zrnitost se makroskopicky jeví jako hlinitopísčité. Štěrkovitost se pohybuje okolo 10%. Barva je 10YR 4/2. Těsně pod proorávanou vrstvou se nachází málo mocný přechodný horizont hlinitopísčité až písčité zrnitosti rezivěhnědé barvy, který je vystřídán v 0,4 m silně zvětralým eluviem (vysoké procento písku až grusu) barvy 7,5YR 4/4.

- *Sonda č.2*

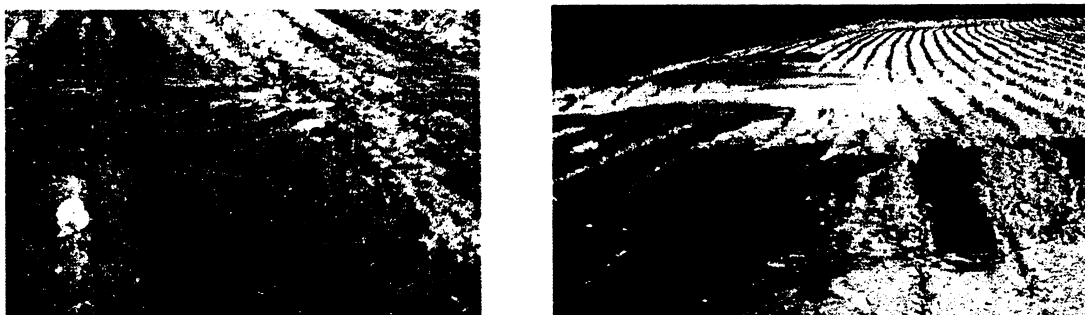
Sonda byla odebrána na rozhraní mezi střední a dolní partie svahu, kde již byla předpokládána možnost depozice transportovaného materiálu. Horizont Ap je poněkud ulehlejší konzistence než v předchozím případě, ale v podstatě stejné textury i struktury. Štěrkovitost je do 5%. Pod ním ležící horizont drobně polyedrické struktury barvy 10 YR 4/3 nese známky vnitropůdního zvětrávání. Horizont naléhá ostrým přechodem na písčité žulové eluvium v hloubce 60 cm. Přes polohu poměrně vhodnou pro akumulaci nebyly zjištěny žádné prokazatelné známky navrstvení materiálu v profilu a půda byla klasifikována jako kambizem modální.



*Obr. 11 Plošný smyv po jedné srážkové epizodě*

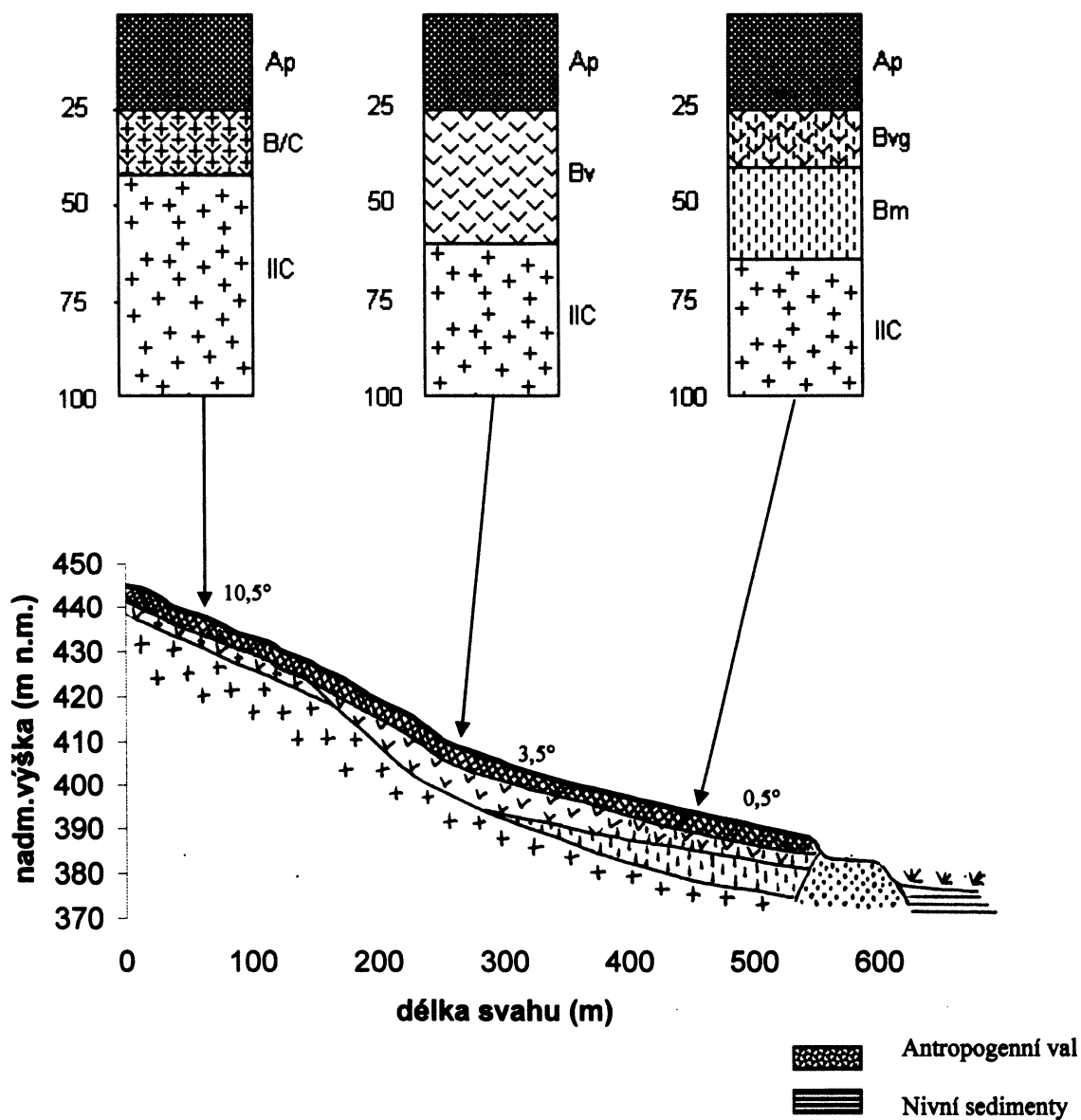
- *Sonda č. 3*

Sonda byla lokalizována na úpatí svahu s mírným sklonem a viditelným zamokřením, kterému také odpovídal sled horizontů. Horizont Ap do 0,25 m, mikrostrukturní, textury hlinitopísčité až písčitolinté, pod nímž leží bezstrukturní horizont Bvm s výraznými znaky mramorování, jílovitohlinité až jílovité textury. Tento v 0,40 m přechází do mramorovaného horizontu, ve kterém se již výrazně projevuje matečná hornina (zřejmě deluvium), na což ukazuje výrazný podíl štěrku a kamenů (40-50%).



Obr. 12 – 13 Akumulace materiálu a stagnace srážkové vody na úpatí svahu

Obr. 14 Příčný profil pozemku Křemelky a schéma odebraných půdních profilů



## Chemické a fyzikální vlastnosti půdy

Ze svahu byly odebrány celkem tři půdní vzorky pro další laboratorní analýzu.

1. Orniční horizont Ap ze sondy č.1 z horní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
2. Orniční horizont Ap ze sondy č.2 ze střední části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
3. Kambický Bv ze sondy č.2 ze střední části svahu v hloubce 0,4-0,5 m

Vzorky z úpatí svahu nebyly odebrány vzhledem ke specifickým stanovištním podmínkám (výrazné zamokření téměř v celém profilu, hydromorfní znaky), které ovlivňují půdu do té míry, že případné znaky koluviačního procesu jsou jen těžko identifikovatelné.

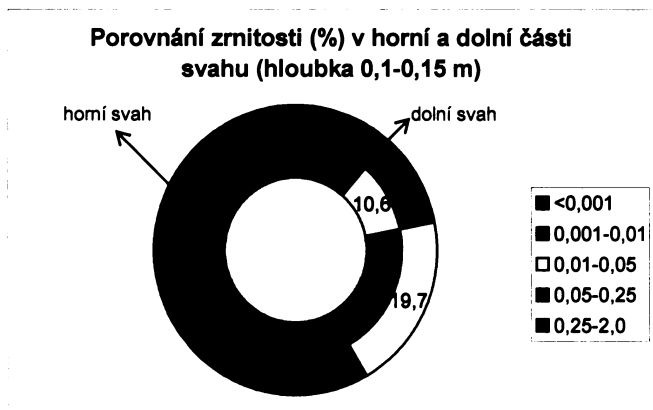
### Zrnitostní složení

	<0,001 mm	< 0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,25 mm	0,25-2,0 mm
<b>1 Ap</b>	4,5	11,4	10,6	15,1	62,9
<b>2 Ap</b>	6,6	21,9	19,7	15,2	43,3
<b>2 Bv</b>	10	27,9	23,1	11,4	37,6

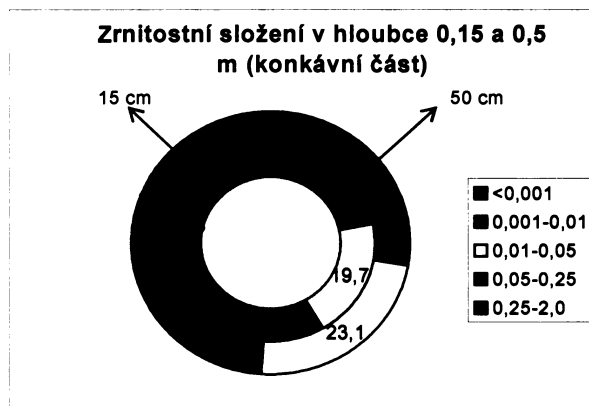
Tab. 1 Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech

Podle obsahu frakce pod 0,01 mm v jemnozemi řadíme první vzorek k půdám hlinitopísčítým, druhé dva pak k písčitohlinitým půdám. Je tedy zjevné, že půda vzniklá za podobných podmínek na stejném matečném substrátu má v rámci svahu značně odlišné zrnitostní složení, což dokládá posun půdy od texturně lehké v konvexní části svahu až po půdu se středním zrnitostním složením ve spodní části svahu. Posun je patrný i v nejjemnější jílové frakci (pod 0,001 mm). Ve frakci 0,01-0,25 mm je podíl v jednotlivých částech svahu srovnatelný, rozdíl nastává opět až v podílu pískových zrn, kde má odnos jemnější zrnitostní frakce z následek větší obsah písku v horních částech svahu (graf č.1). Zajímavý je i vývoj zrnitosti v rámci profilu ve střední části svahu, kde nastává výrazný posun v obsahu jemnějších zrn ve směru vzrůstající hloubky půdy (graf č.2). Na závěr tedy můžeme konstatovat, že analýza vzorků potvrdila předpoklad, že směrem k úpatí svahu a také směrem do hloubky se zvyšuje obsah jílových a prachových zrn v jemnozemi.



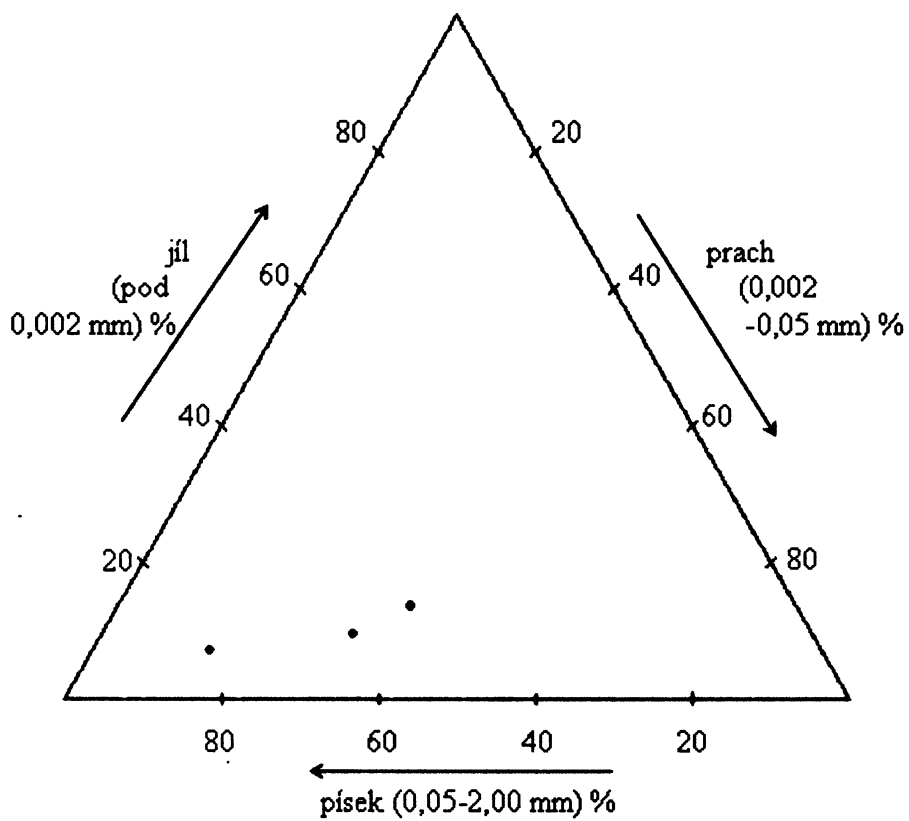


Graf 1



Graf 2

Obr. 15      *Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd*

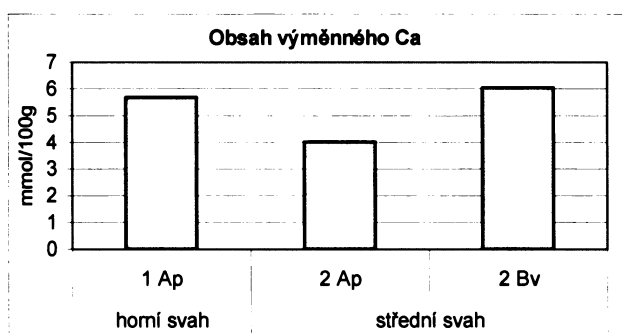


- 1 -  $A_p$  (0,1-0,15m)
- 2A -  $A_p$  (0,1-0,15m)
- 2B -  $B_v$  (0,4-0,5 m)

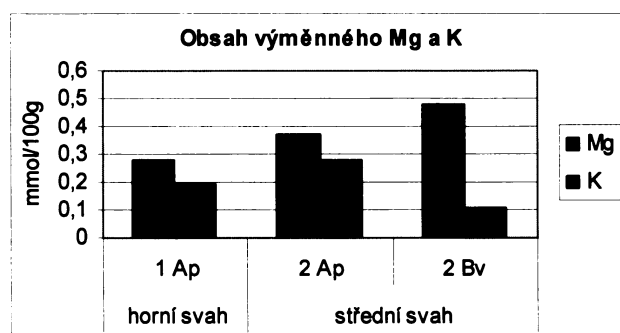
## Obsah iontů a sorpční komplex

	vým. H <sup>+</sup>	vým. Ca	vým. Mg	vým. K	Vým. Al
<b>1 Ap</b>	2	5,68	0,28	0,19	1,15
<b>2 Ap</b>	9	4,03	0,37	0,28	1,49
<b>2 Bv</b>	7	6,05	0,48	0,11	1,74

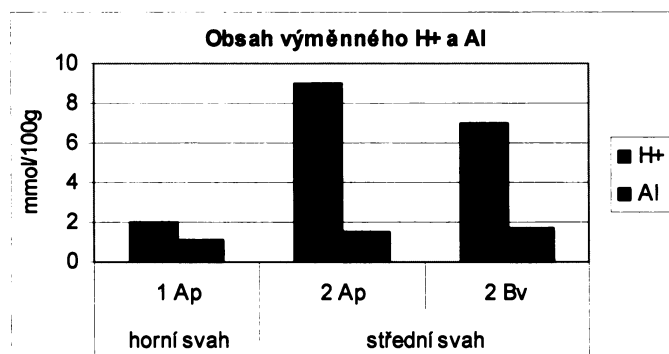
Tab. 2 Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů



Graf 3



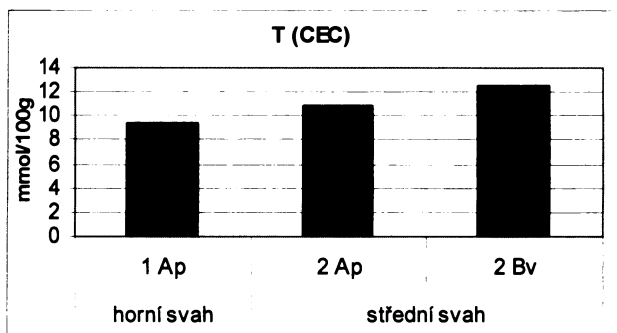
Graf 4



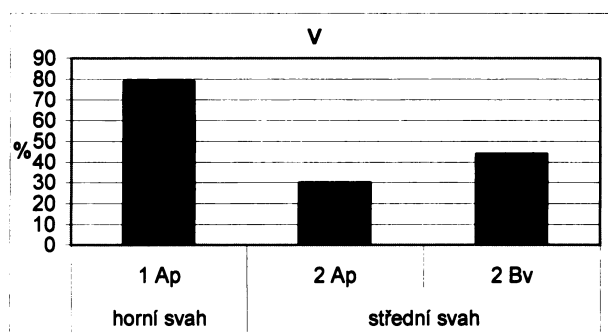
Graf 5

	T (CEC) (mmol/100g)	V (%)	pH vým.
<b>1 Ap</b>	9,4	79	4,9
<b>2 Ap</b>	10,8	<30,0	4,37
<b>2 Bv</b>	12,6	44	4,59

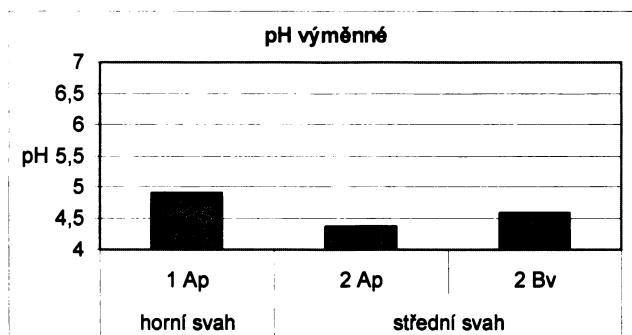
Tab. 3 Výměnná sorpční kapacita, sycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce



Graf 6



Graf 7



Graf 8

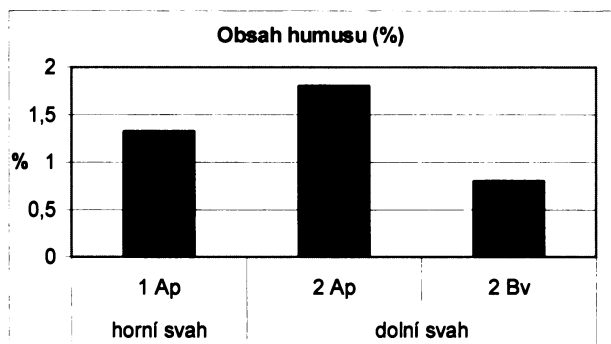
Obsah iontů  $\text{Ca}^{II+}$  je obecně na celém svahu poměrně malý a je dán nízkým zastoupením vápníku v matečné hornině. Přesto u něj můžeme pozorovat jistý vývoj ve směru svahu. Vlivem odnosu jemných částic z horní části svahu je matečný substrát bohatší vápníkem postupně zaoráván do orničního horizontu, kde je díky tomu zvýšený obsah Ca (graf 3). Naopak odvápněná jemnozem je snášena k úpatí. Obsah iontů Mg a K je v této lokalitě zanedbatelný (graf 4). Obsah iontů zvyšujících kyselost ( $\text{H}^+$ , Al) je nejvyšší v orničním horizontu v dolní části svahu (graf 5).

Sorpční kapacita, která je na svahu Křemelky nízká, úzce souvisí s podílem jílových částic v jednotlivých vzorcích. Je proto logické, že se zvyšuje směrem k dolní části svahu a vůbec nejvyšší je horizontu Bv (graf 6). Naopak nasycení sorpčního komplexu výrazně klesá směrem k úpatí. Zatímco ve vrcholové části je sorpční komplex nasycený (zejména vápníkem), v horizontu 2Ap je extrémně nenasyčený, čemuž odpovídá i vysoký obsah  $\text{H}^+$  (graf 7). Podobně je tomu i s půdní reakcí. Ta je celkově vzhledem k půdnímu substrátu a poměrně nízkému obsahu živin kyselá. Silně kyselých hodnot (pod 4,5) dosahuje v orničním horizontu v konkávní části svahu a mírně se zvyšuje směrem do hloubky (graf 8).

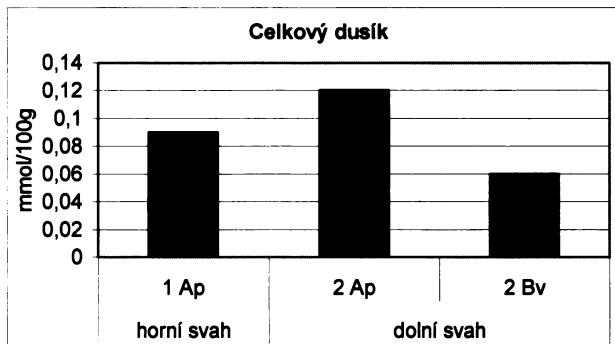
## Obsah humusu a celkový dusík

	<b>obsah humusu (%)</b>	<b>Celkový N (mmol/100g)</b>
<b>1 Ap</b>	1,326	0,09
<b>2 Ap</b>	1,802	0,12
<b>2 Bv</b>	0,799	0,06

Tab. 4 Obsah humusu a celkový dusík



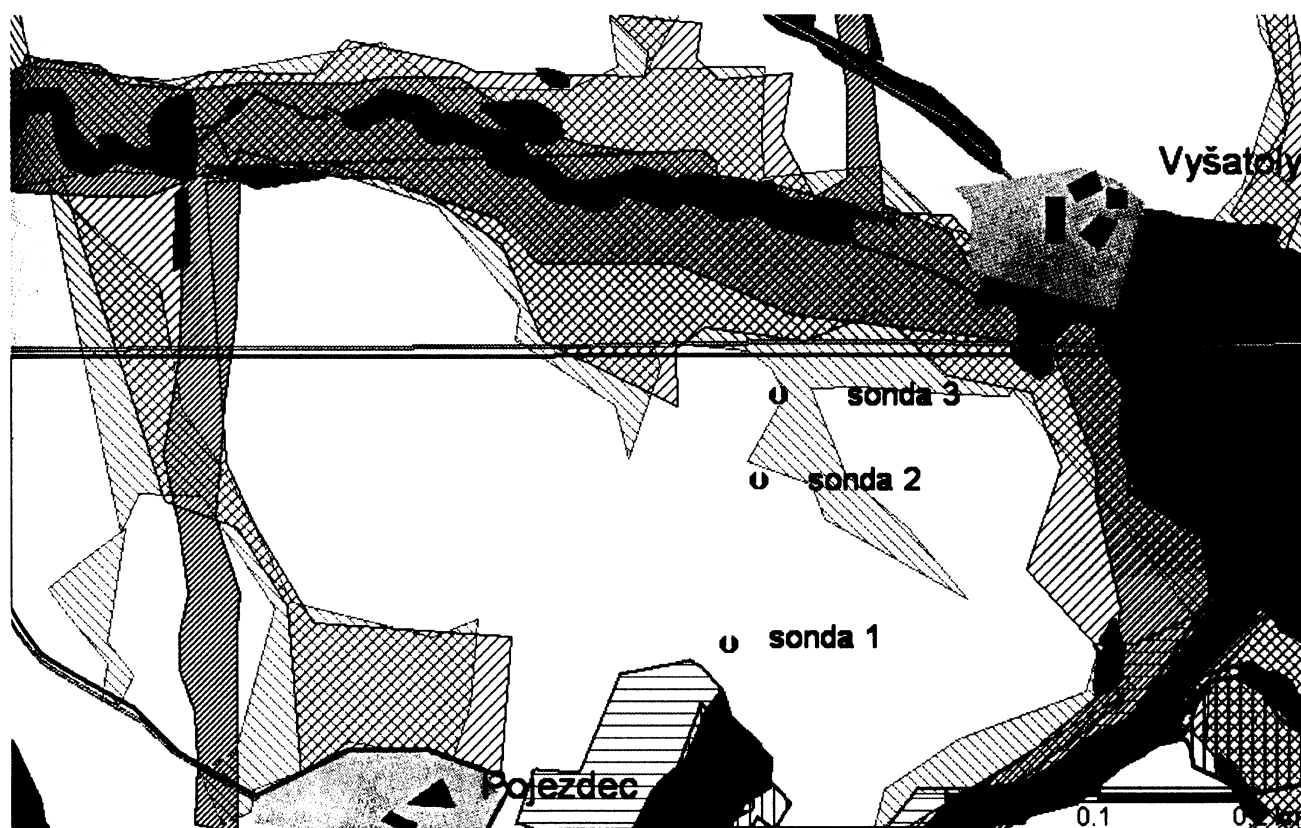
Graf 9



Graf 10

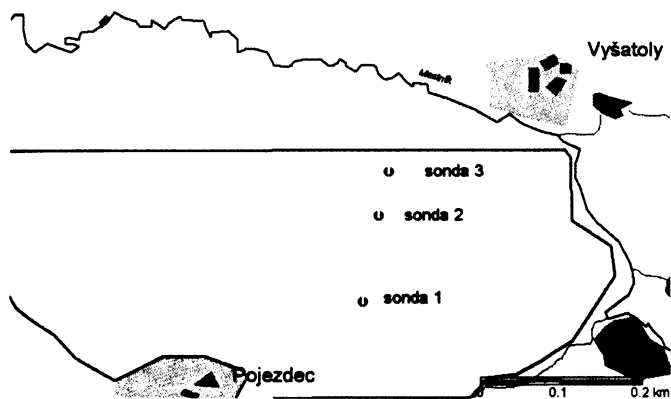
Obsah humusu je v obou vzorcích z orníčních horizontů nízký (graf 9). Podle předpokladů se pak zvyšuje směrem k úpatí svahu (vymývání organických látek i živin a jejich akumulace v konkávní části svahu).

## Historický vývoj způsobu využívání zájmového pozemku Křemelky

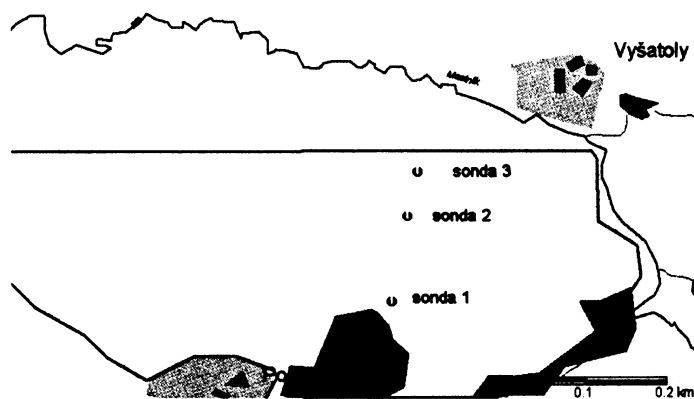


Mapa 4 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené 1:5 000

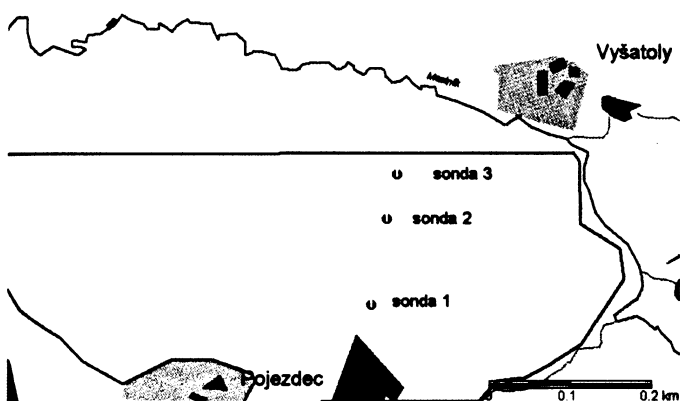
U sonda			
zájmová lokalita	trvalý travní porost (1.vojenské mapování)	vodní toky	
lesy (1.vojenské mapování)	trvalý travní porost (2.vojenské mapování)	rybníky	
lesy (2.vojenské mapování)	trvalý travní porost (3.vojenské mapování)	silnice (současný stav)	
lesy (3.vojenské mapování)	trvalý travní porost (současný stav)	sídla (současný stav)	
lesy (současný stav)	orná půda (současný stav)	zahrady a sady (současný stav)	



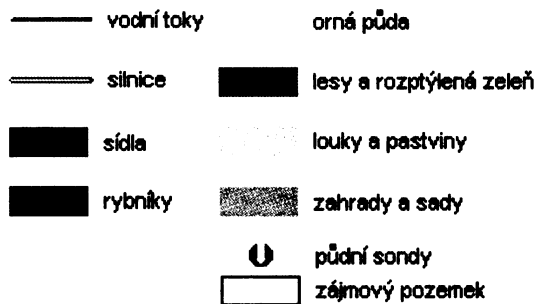
Mapa 5 Využití půdy (1.vojenské mapování)



Mapa 6 Využití půdy (2.vojenské mapování)



Mapa 7 Využití půdy (3.vojenské mapování)

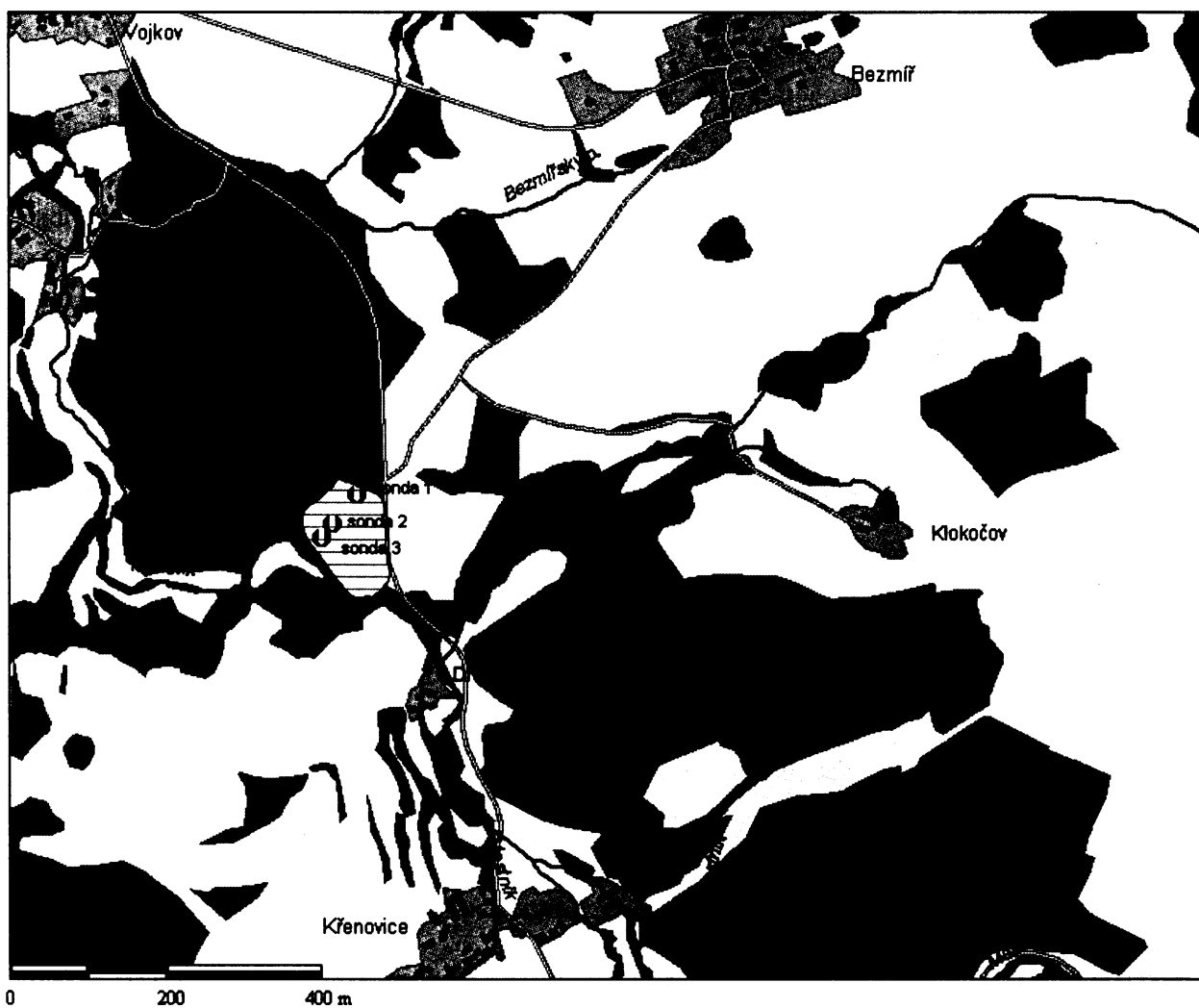


Zásadním rozdílem mezi dnešním a historickým stavem je přerušení kontinuity pozemku výstavbou silnice. Z map vojenských mapování je patrné, že pozemek Křemelky přímo navazoval na nivu potoka Mastníku. Zatravněná plocha částečně zasahovala i do dolní části pozemku dnes ohraničeného silnicí. Materiál snášený z horních částí svahu se tedy před vytvořením terénní překážky usazoval přednostně v prostoru říční nivy, odkud byl dále transportován do říčního koryta a dále unášen vodním tokem. Zvýšená akumulace v prostoru dnešní dolní části pozemku tedy nastala až po přerušení tohoto přirozeného transportačního cyklu lidským zásahem a vytvoření nové akumulační báze.

### 4.2.3. LOKALITA VOJKOV



Obr. 16 *Zájmový pozemek v lokalitě Vojkov s naznačenými půdními profily v odběrových místech*



Mapa 8 *Využití půdy v lokalitě Vojkov (podklad SMO 1:5000, ortfoto)*

- |              |                           |                   |
|--------------|---------------------------|-------------------|
| — vodní toky | orná půda                 | ⊙ půdní sondy     |
| == silnice   | ■ lesy a rozptýlená zeleň | ▭ zájmový pozemek |
| ■ sídla      | □ louky a pastviny        |                   |
| ■ rybníky    | ▨ zahrady a sady          |                   |



## Fyzickogeografická charakteristika

### Geomorfologické poměry

Zájmový svah se táhne z nadmořské výšky 488 m až k pravému břehu potoka Mastník v nadm.výšce 422 m. Nelze jej však z hlediska erozně-akumulačních procesů hodnotit jako celistvý, protože je ve své dolní třetině rozdělen komunikací. Tato významná terénní překážka znemožňuje přenos mas z horní části svahu až do aluvionu, proto byl jako modelový svah vybrána pouze dolní třetina zmíněného území. Svah dosahuje na 175 m převýšení 25 m a zvláště v horní části je poměrně strmý (sklon přesahuje 12°). Svah je ve své dolní části rozdělen výrazným terénním stupněm, pod nímž pokračuje mírným sklonem ke břehu potoka. Obdělávaná půda zasahuje hluboko do říční nivy, která na pravém břehu prakticky chybí a pole přechází přímo do březní vegetace. Při levém břehu Mastníka je naopak zachována široká zamokřená říční niva. Z pravé strany hraničí pozemek se zalesněnou plochou se zbytky valu, zřejmě jako pozůstatku staré cesty.

### Geologické poměry

Zájmové území leží z valné části na kyselých horninách (granodiorit kyselého charakteru), částečně i na neutrálním granodioritu. Kyselý granodiorit je světlejší barvy, zvětřalina je středně zrnitá. Neutrální typ je tmavší, má vyšší obsah biotitu a zvětřává často na hrubozrný písek. Při zvětřávání granodioritů se často tvoří větší balvany se zaoblenými hranami.

Významným matečním substrátem jsou svahoviny z převážně kyselého materiálu, které dosahují v depresních polohách značných mocností. Zrnitostně jsou středně těžké a vytvořila se na nich glejová půda.

Nevápnité nivní uloženiny se vyskytují v nivě potoka Mastníka. Jejich vlastnosti jsou dány geologickopetrografickou skladbou celého povodí. Jejich minerální síla je nízká. Tvoří mateční substrát pro nivní půdy glejové (Zpráva KPP 1956).

### Půdní typy nacházející se v zájmovém území Vojkov

V rámci KPP byly zjištěny následující půdní typy.

V nivě se jedná o *fluvizem glejovou* se zvrstveným profilem. Zrnitostní složení je různorodé, v celém profilu bez skeletu. Konzistence je soudržná až sypká. Půdní reakce je v humusovém horizontu kyselá, hlouběji silně kyselá, obsah humusu střední až nízký.

Ve středních a horních částech svahu je přítomna *kambizem kyselá*, případně modální, na rozpadech granodioritu. Půdní reakce je většinou silně kyselá až kyselá (u kambizemě modální v orničním horizontu pouze slabě kyselá) což vede za spolupůsobení nižších teplot a vyšších srážek ke snížení biologické činnosti a k většímu hromadění kyselých organických látek na povrchu. Ornice je hluboká (do 25 cm), šedohnědé barvy, drobtovité struktury, hlinitopísčité, slabě až středně kamenitá (podíl hrubé frakce se zvyšuje směrem k vrcholu).

Dosedá na Bv horizont hnědé barvy a polyedrické struktury. V 0,3-0,9 m (dle pozice na svahu), přechází do matečného substrátu, kterým je hrubozrnný, různě kamenitý rozpad kyselého granodioritu. Pokud jako vedlejší proces probíhá slabé oglejení, hovoříme o kambizemi slabě oglejené se sezónní stagnací srážkové vody.

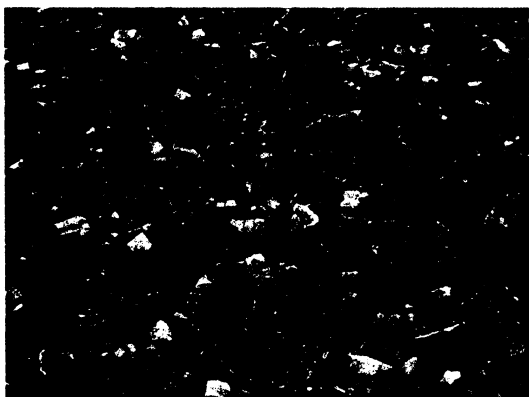
## Odběr vzorků a jejich analýza

### Sondy

Sondy byly odebírány pouze z dolní části svahu pod komunikací. Svah je viditelně rozdělen do dvou částí terénním stupněm, probíhajícím po celé šířce svahu přibližně v jeho polovině. Za touto nerovností se vytváří další akumulární plocha pro materiál snášený z horních částí svahu. Plocha pod terénním stupněm je výrazně plošší než horní část (1°) a pozvolna přechází do krátkého úseku nivy, která dříve zaujímal i část dnes obdělávaného pozemku.

- *Sonda č. 1*

První odběr byl proveden v konvexní části v blízkosti lesa. Charakteristická je zejména vysoká šterkovitost až kamenitost, dosahující 30%. Horizont Ap je podle makroskopických zkoumání písčitohlinitý s mikrostrukturou, barvy 10YR 4/3. Pod ním se nachází asi 15 cm mocný přechodný horizont B/C se znaky půdního zvětrávání, který pozvolna přechází do matečné horniny, v tomto případě granodioritové zvětraliny. Půda v horní části svahu nese jasné znaky ochuzování horní části profilu odnosem jemných částic. To se projevuje jednak menší hloubkou profilu, jednak sledem horizontů, kde chybí dostatečně vyvinutý diagnostický horizont Bv, který je nahrazen přechodným horizontem B/C. Odnášení jemnozeme má za následek i zvýšenou koncentraci hrubozrnnějších částic a šterku.



*Obr. 17 Vysoká šterkovitost v horní části svahu*

- *Sonda č.2*

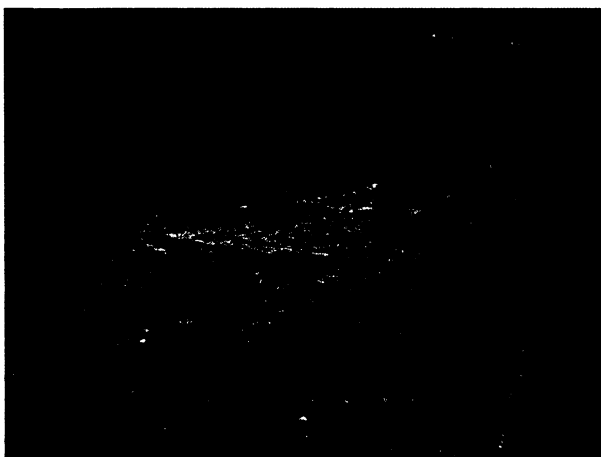
Druhá sonda byla lokalizována do místa před terénní nerovností, kde jsme vlivem překážky předpokládali zvýšenou akumulaci a případnou koluviační činnost. Pod orníčním horizontem Ap drobtovité struktury a barvy 10YR 3/4 se v hloubce 0,25-0,4 m nachází humusový horizont akumulovaný špatně vyvinuté drobtovité struktury a barvy 10YR 4/3. Horizont Az přechází do polyedrického horizontu Bv (10YR 4/4), pod nímž leží přibližně v 0,6 m rozpad matečné horniny.



*Obr. 18 Na svahu se vytvářejí rýhy trvalého charakteru*

- *Sonda č.3*

Poslední sonda byla odebrána v konkávní části svahu na místě, kam zřejmě před začátkem obdělávání svahu zasahovala niva Mastníku, dnes zatlačená pouze do úzkého pruhu podél potoka. Pod orníčním horizontem se nachází úzký (0,05 m), ale dobře odlišitelný horizont tmavší barvy a nevyvinuté struktury, vzniklý zřejmě akumulací. Horizont přechází do přechodného horizontu AB písčitohlinité textury. Mezi 0,4-0,65 m pozorujeme písčité horizont vnitropůdního zvětrávání rezivěhnědé barvy, který ostře přechází do horizontů s jasnými znaky hydromorfismu. Gro s mramorováním a rezivými bročky je vystřídán v 0,85 m redukčním horizontem Gr charakteristického šedého zbarvení a jílovité textury.



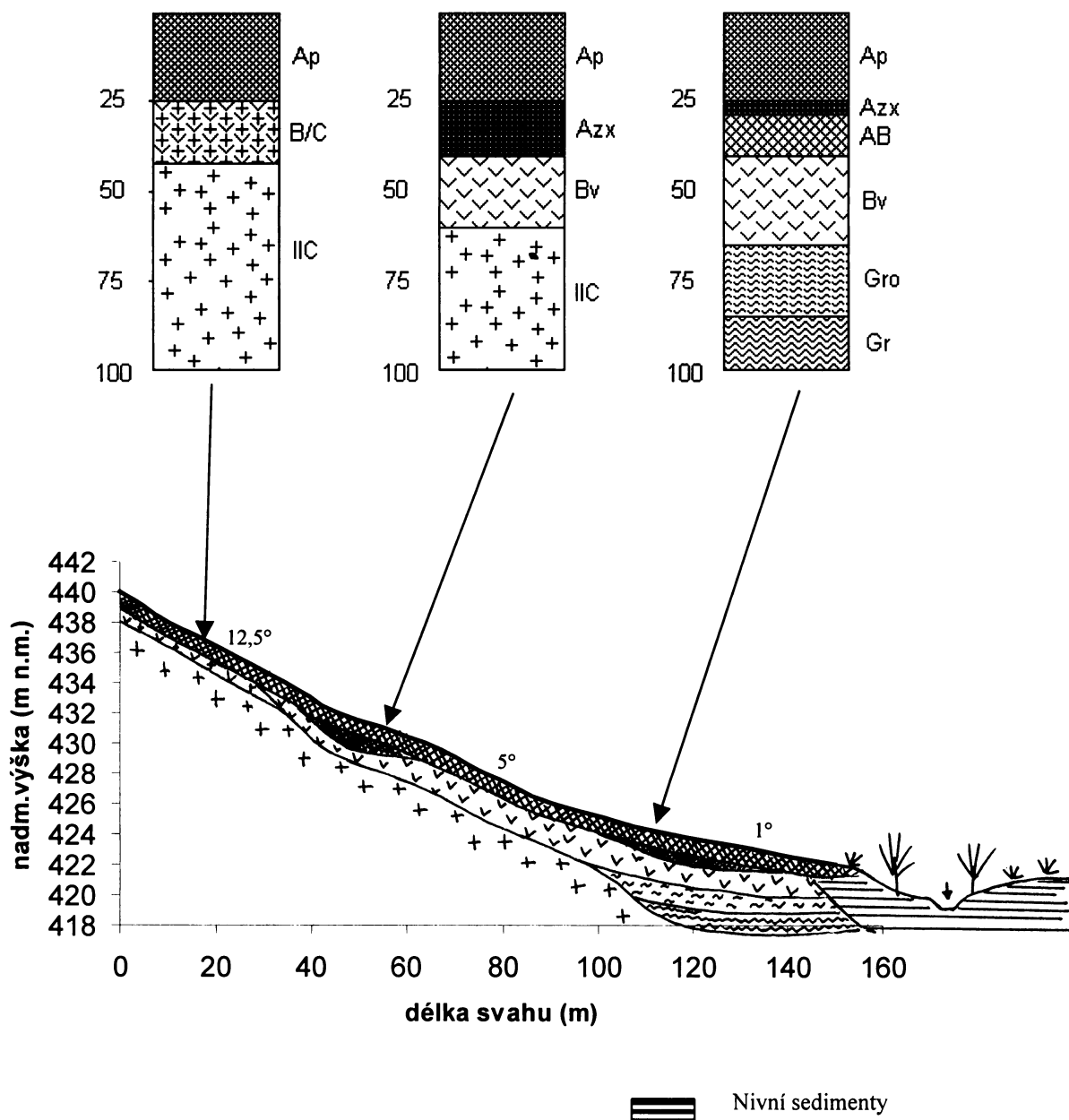
*Obr. 19 Jemnozrný materiál akumulovaný na úpatí*



*Obr. 20 Dolní část pozemku tvoří niva Mastníku*

Obr. 21

Příčný profil pozemku Vojkov a schéma odebraných půdních profilů



## Chemické a fyzikální vlastnosti půdy

Ze svahu byly odebrány celkem tři půdní vzorky pro další laboratorní analýzu.

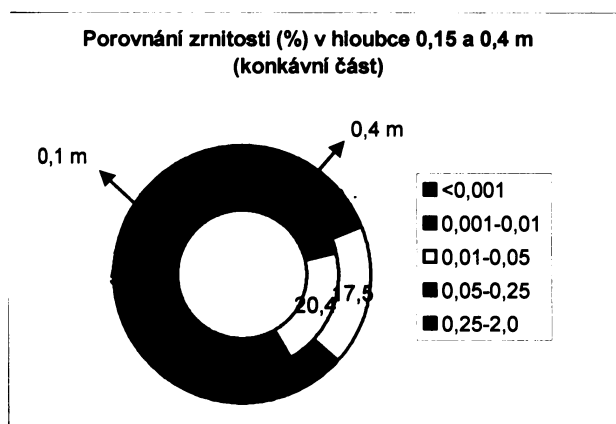
1. Orniční horizont Ap ze sondy č.1 z horní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
2. Orniční horizont Ap ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
3. Akumulační horizont Azx ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,3-0,4 m

### Zrnitostní složení

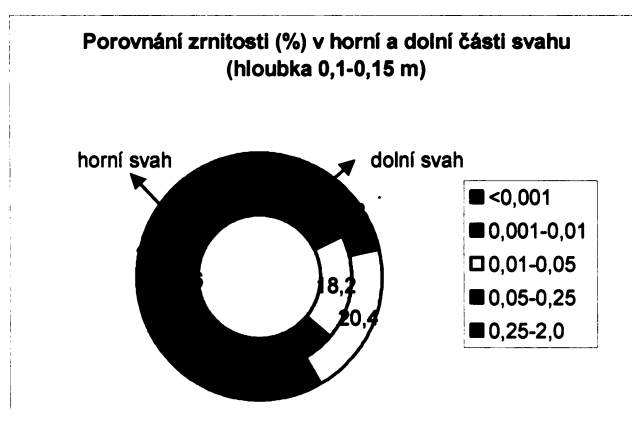
	<0,001 mm	<0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,25 mm	0,25-2,0 mm
<b>1 Ap</b>	6,2	17,8	18,2	12,4	51,6
<b>2 Ap</b>	8,1	21,3	20,4	16,6	41,7
<b>2 Azx</b>	7,4	19	17,5	12,3	51,1

Tab. 5 Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech

V lokalitě Vojkov se opět potvrzuje fakt o posunu zrnitosti půdy směrem po svahu. Na rozdíl od jiných pozemků ovšem není tento rozdíl příliš markantní. Vzorek z horního svahu má nejméně jílových částic a zrnitostně je hlinitopísčité. Směrem po svahu dolů se zrnitostní složení mění na písčitohlinité (ovšem pouze v horizontu Ap, pod ním ležící akumulční horizont je hlinitopísčité), ale například rozdíl v podílu písčité frakce mezi horním a dolním svahem je pouze necelých 6% (graf 11). V profilu na dolním svahu pozorujeme snížení jílových částic směrem do hloubky. Zrnitostní složení akumulčního horizontu Azx je prakticky totožné se zrnitostí Ap z horního svahu (rozdíl například od vzorků v lokalitě Křemelky, kde byl zjištěn opačný posun zrnitosti s hloubkou). Malé rozdíly v textuře jsou patrné i z rozložení v trojúhelníkovém grafu.

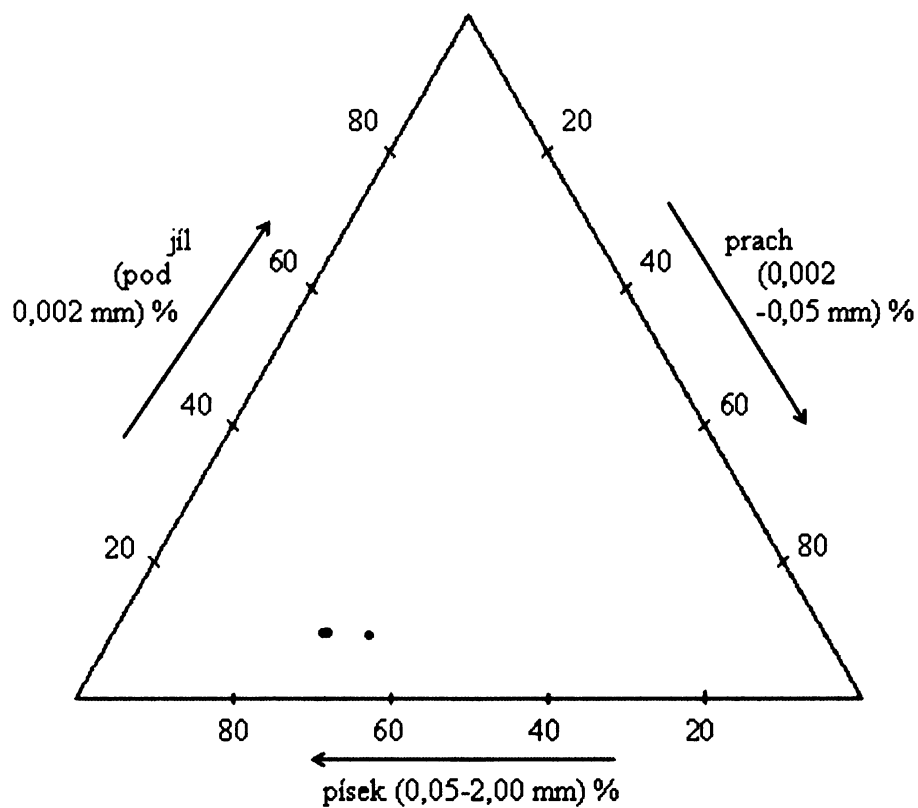


Graf 11



Graf 12

Obr. 22      *Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd*

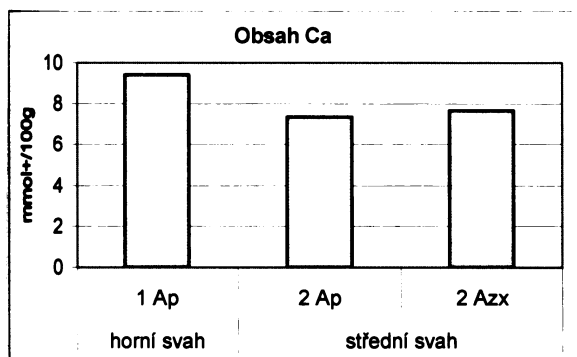


- 1 - A<sub>p</sub> (0,1-0,15m)
- 2A - A<sub>p</sub> (0,1-0,15m)
- 2B - A<sub>z<sub>x</sub></sub> (0,3-0,4m)

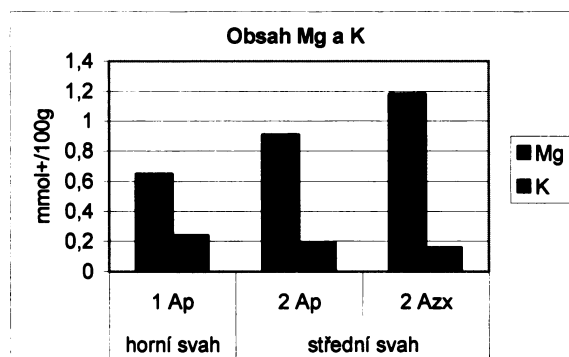
## Obsah iontů a sorpční komplex

	vým. H <sup>+</sup>	vým. Ca	vým. Mg	vým. K	vým. Al
<b>1 Ap</b>	10,5	9,44	0,65	0,24	4,31
<b>2 Ap</b>	6,5	7,39	0,91	0,19	1,8
<b>2 Azx</b>	6	7,7	1,18	0,16	0,99

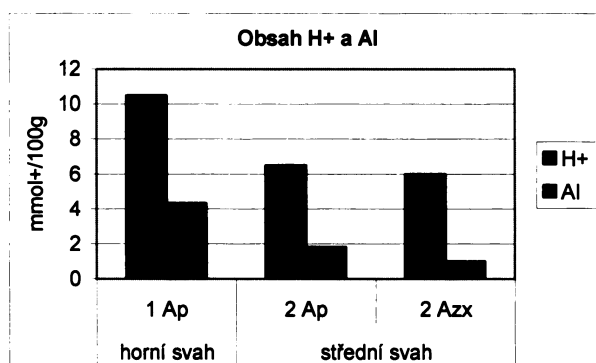
Tab. 6 Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů



Graf 12



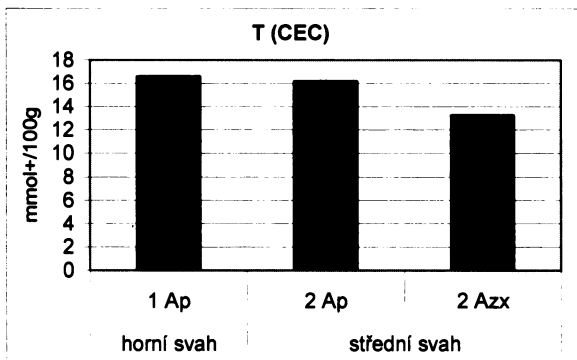
Graf 13



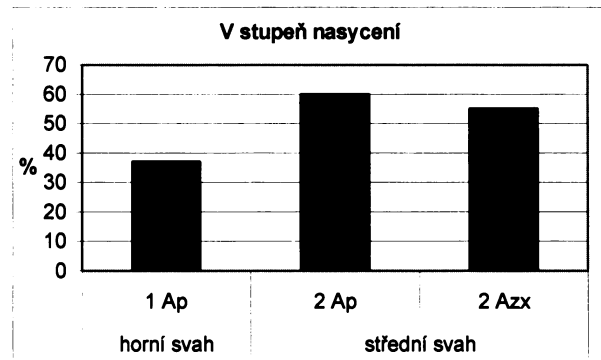
Graf 14

	T (CEC) (mmol/100g)	V (%)	pH vým.
<b>1 Ap</b>	16,6	37	4,05
<b>2 Ap</b>	16,2	60	4,8
<b>2 Azx</b>	13,3	55	4,71

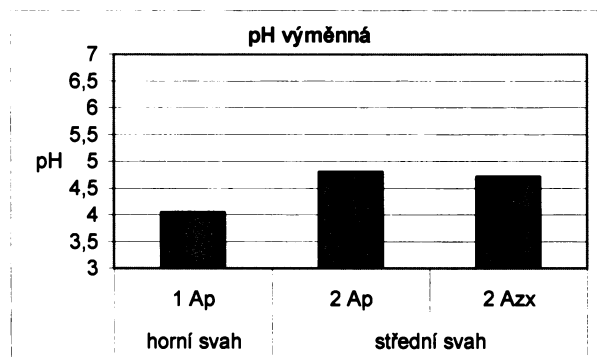
Tab. 7 Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce



Graf 15



Graf 16



Graf 17

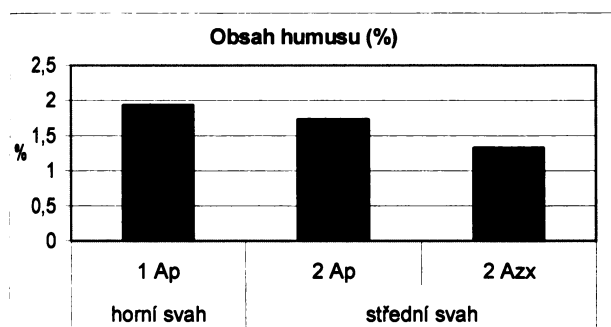
Vývoj obsahu iontů  $\text{Ca}^{II+}$  je podobný jako v ostatních lokalitách, vlivem odnosu jemných částic a priorání spodiny bohatší vápníkem je dosaženo nejvyšší hodnoty v horní části svahu (graf 12). Rozdíly přesto nejsou nijak výrazné. Oba další bazické ionty - Mg a K (graf 13)- jsou zastoupeny podstatně méně, přesto pozorujeme poměrně výrazný vývoj v obsahu hořčíku, jehož hodnoty rostou směrem k úpatí svahu (u draslíku je tomu naopak). Obsah vodíkových iontů výrazně klesá v dolní části svahu (do hloubky se téměř nemění), podobně je tomu i v případě hliníku (graf 14). Výměnná reakce (graf 17) se pohybuje v poměrně nízkých hodnotách (matečnou horninou je kyselý granodiorit), v horní části, kde se dostávají k povrchu části kyselých zvětralin, je pH silně kyselá, v dolní části kyselá. Sorpční kapacita (graf 15) je překvapivě nejvyšší v horní části svahu (střední), nízká je v akumulovaném horizontu 2Azx. Sorpční komplex (graf 16) je v konvexní části svahu nenasycený (vysoký obsah vodíkových iontů), v dolní části je slabě nasycený (v obou horizontech).



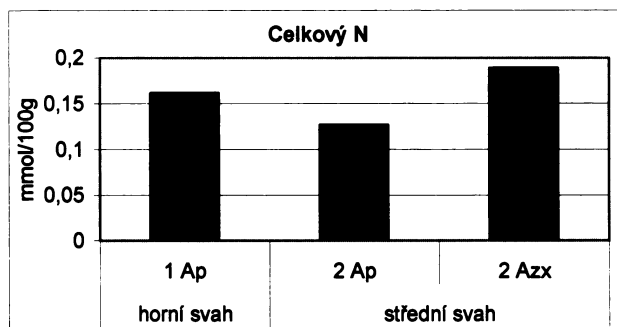
## Obsah humusu a celkový dusík

	<b>obsah humusu (%)</b>	<b>Celkový N (mmol/100g)</b>
<b>1 Ap</b>	1,938	0,162
<b>2 Ap</b>	1,734	0,127
<b>2 Azx</b>	1,326	0,189

Tab. 8 Obsah humusu a celkový dusík



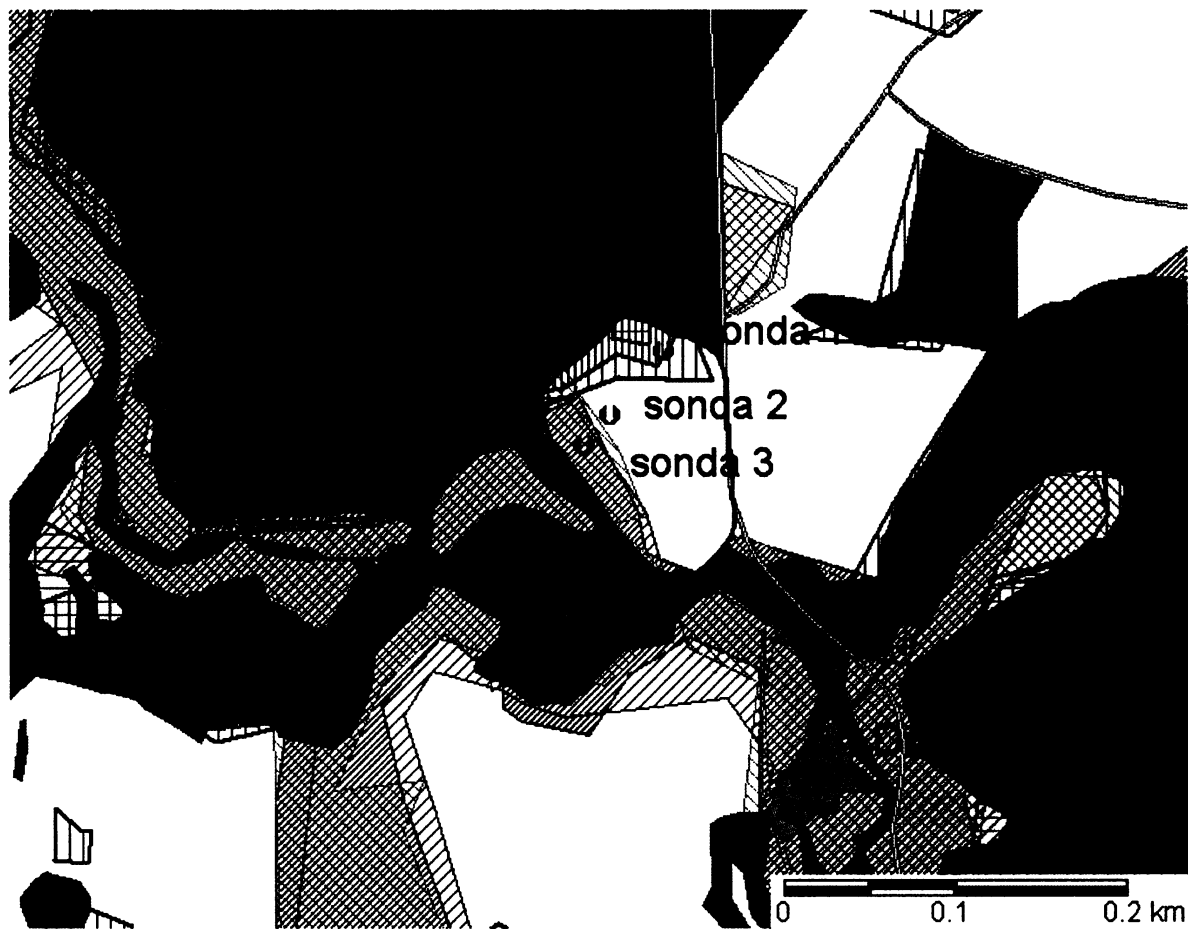
Graf 18



Graf 19

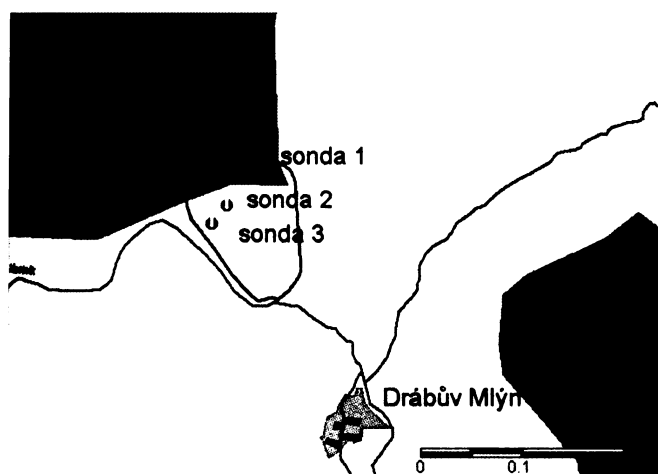
Obsah humusu je ve všech zkoumaných vzorcích nízký. Mírně se snižuje směrem k úpatí. Obsah organických látek v hloubce 0,3-0,4 m (2 Azx) odpovídá svou hodnotou humusovému horizontu a svědčí o akumulaci humózního materiálu (graf 18). Obsah dusíku se významně zvyšuje v horizontu 2 Azx (graf 19).

## Historický vývoj způsobu využívání zájmového pozemku v lokalitě Vojkov

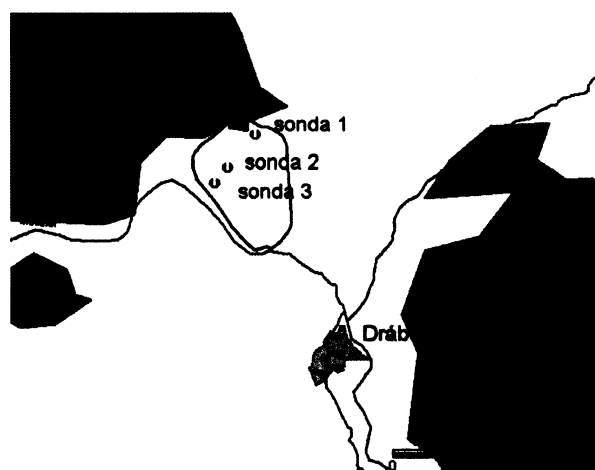


Mapa 9 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené 1:5 000

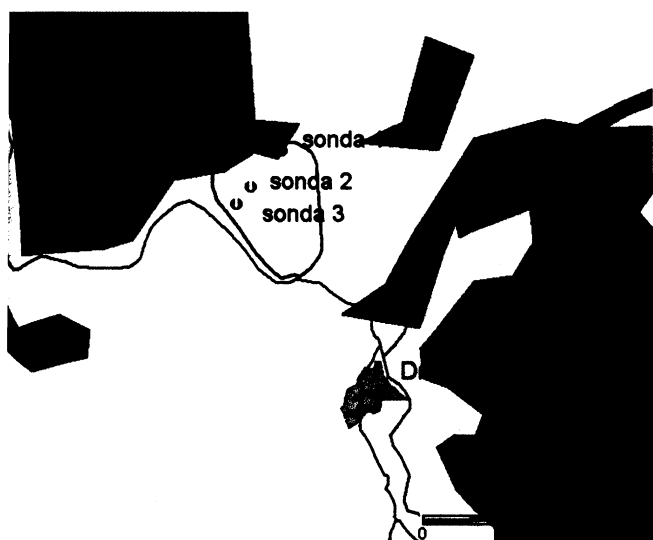
⊙ sonda			
□ zájmová lokalita	▨ trvalý travní porost (1.vojenské mapování)	— vodní toky	
▤ lesy (1.vojenské mapování)	▧ trvalý travní porost (2.vojenské mapování)	▬ rybníky	
▥ lesy (2.vojenské mapování)	▩ trvalý travní porost (3.vojenské mapování)	— silnice (současný stav)	
▦ lesy (3.vojenské mapování)	▫ trvalý travní porost (současný stav)	▬ sídla (současný stav)	
▧ lesy (současný stav)	▬ orná půda (současný stav)	▨ zahrady a sady (současný stav)	



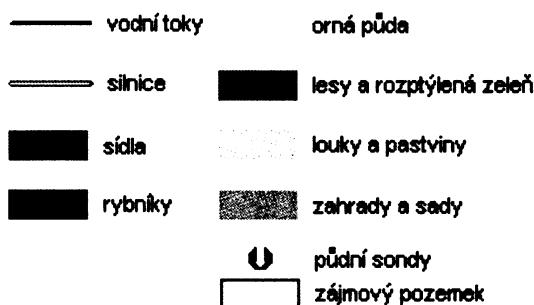
Mapa 10 Využití půdy (1. vojenské mapování)



Mapa 11 Využití půdy (2. vojenské mapování)

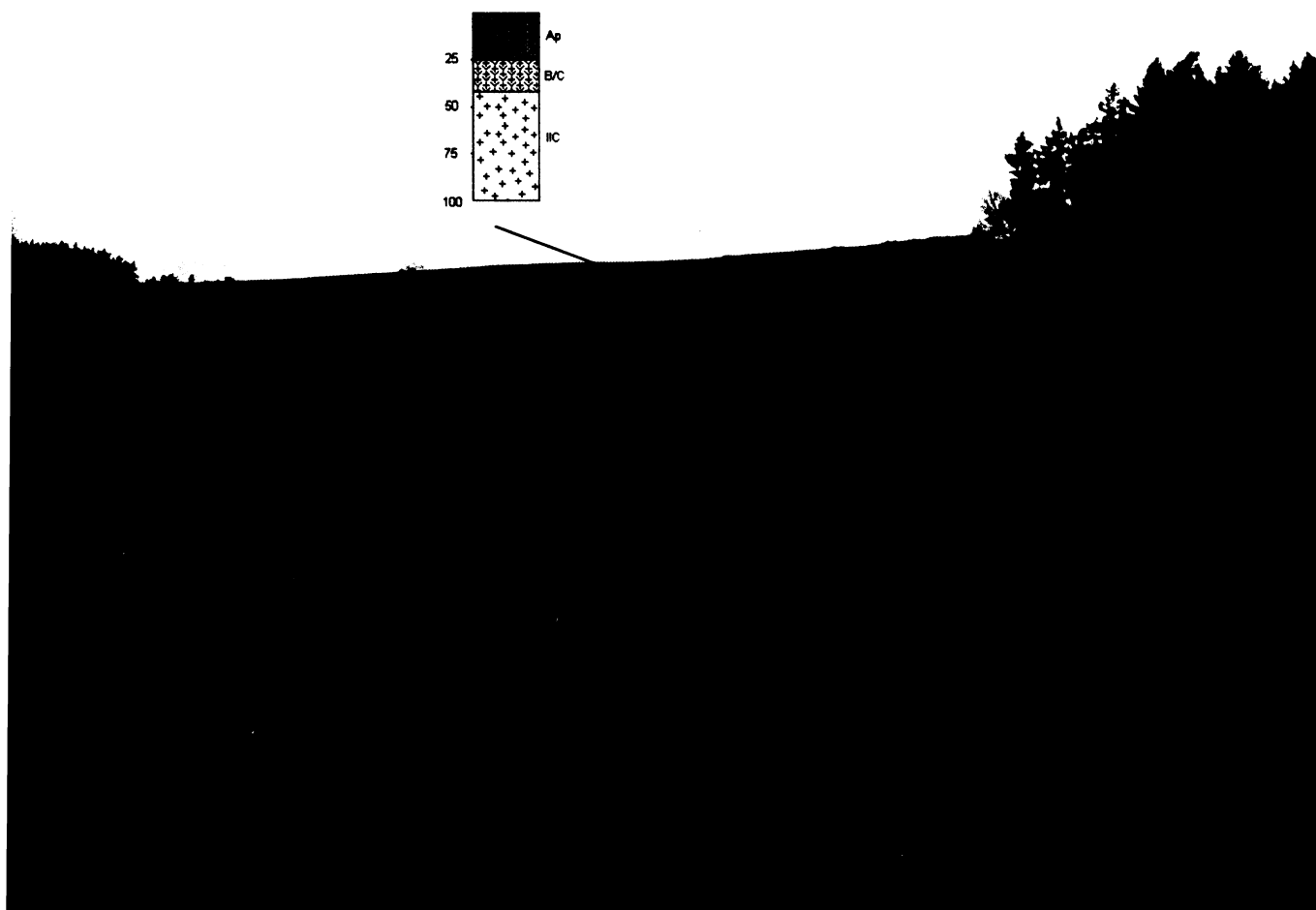


Mapa 12 Využití půdy (3. vojenské mapování)



Z historických map je dobře patrné, že dolní část pozemku, která je dnes obdělávána, byla dříve součástí zatravněné nivy potoka Mastníku. Tomu odpovídá i hydromorfni charakter půdního profilu odebraného v těchto místech. Poměrně výrazný terénní stupeň, který je ve svahu patrný, může tedy být bývalým přechodem mezi obdělávaným pozemkem a říční nivou. Na tuto skutečnost ukazují i mocnost akumulovaného horizontu. Ta je vyšší ve střední části svahu (nad terénním stupněm) než na úpatí. Všimnout si můžeme též faktu, že horní část svahu byla v minulosti zalesněna, což bylo vzhledem k vysokému sklonu zcela vhodné. Po odlesnění docházelo k periodickému ochuzování půdního profilu v konvexní části svahu a odnášení půdního materiálu. O nevhodnosti obdělávání svědčí i vysoká šterkovitost až kamenitost, kterou se tato partie pozemku vyznačuje.

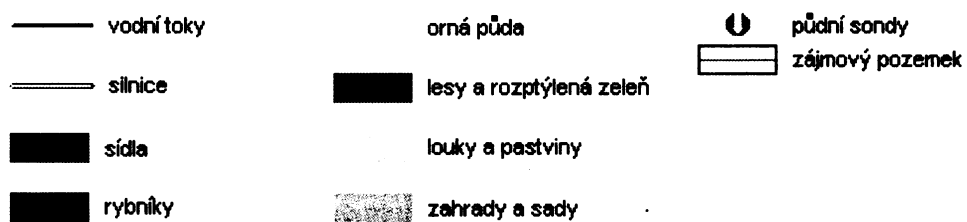
#### 4.2.4. LOKALITA OSEČANY – POZEMEK NA SPÁLENKÁCH



Obr. 23 Zájmový pozemek Na spálenkách s naznačenými půdními profily v odběrových místech



Mapa 13 Využití půdy v lokalitě Osečany (zájmový pozemek Na spálenkách) (podklad SMO 1:5000, ortfoto)



## Fyzickogeografická charakteristika

### Geomorfologické poměry

Od obce Osečany vystupuje značně členitý terén příkrými svahy jihovýchodně až k hustě zalesněným vrchům, z nichž nejvyšší Drahoušek (504 mn.m.) je současně nejvyšším bodem terénu. Inklinace pozemků se pohybuje okolo 7-9°, což je dostatečný sklon pro poměrně intenzivní erozní procesy. Severně od zájmového pozemku Na spálenkách protéká v úzké terénní rýze potok Mastník, který je v této části lemován skalnatými břehy. Úpatní část pozemku je ohraničena poměrně hluboko zahloubeným korytem menší vodoteče, která se přibližně po 500 m vlévá do Mastníku.

Zájmový pozemek je ve své horní části rozdělen do dvou stejně vysokých vrcholů (392 m n.m.) oddělených mělkým sedlem. Celá severní část vrchu se strmějším svahem je zalesněna, východní svah je dlouhodobě obděláván po celé své délce. Od koryta vodoteče je oddělen příkrým terénním stupněm. Svah má délku 350 m. V horní části byl naměřen sklon 9,5°, který se postupně snižuje až na 0,5° na úpatí.

### Geologické poměry

Zájmová lokalita je součástí rozsáhlejší oblasti tvořené metamorfovanými horninami s intruzemi hlubinných vyvřelin. V části území v okolí obce Osečany jsou zastoupeny zejména dva typy hornin. Prvohorní útvar je zastoupen biotiticko-ambibolickým granodioritem, z metamorfitů se vyskytuje pararula. Zvětrávání v písčitou zvětralínu se sklonem k tvorbě balvanovitých zbytků probíhá v příznivém terénu poměrně snadno. Pararuly zvětrávají díky větší příměsi živců poměrně snadno. Na prudších svazích dochází ke splavování jemného materiálu a zvětraliny jsou zdě lehčí zrnitosti. Po chemické stránce jsou zvětraliny pararuly chudé dvojmocnými bázemi, naopak bohatší fosforem. Lokálně je krystalinikum překryto kvartérními sedimenty (aluviálními, deluviálními či koluviálními). Svahoviny vzniklé erozní činností se nacházejí ve středních a spodních částech svahů. Jsou tvořeny převážně kyselým silikátovým materiálem. Většinou jsou středně těžké, hůře propustné, málo provzdušněné žlutohnědé zeminy. V údolních polohách při tocích se tvoří polohy nevápnitých středně těžkých nivních sedimentů.

Matečnou horninou sledovaného pozemku je zvětralina granodioritu, která je ve spodních částech překryta akumulací svahového materiálu transportovaného z horních částí svahu (Zpráva KPP 1956).

### Půdní typy nacházející se v zájmové lokalitě Na Spálenkách

Podle komplexního půdního průzkumu půd se na zájmovém území nacházejí následující půdní typy.

Horní a střední svah je tvořen *kambizemí modální* (zde hnědá půda). Ornice je barvy šedohnědé se slabě vyvinutou drobtovitou strukturou, zrnitosti hlinitopísčité. Horizont přechází do kambického nestrukturního horizontu zasahujícího do 0,5 m. Horizont zvětrávání přechází pozvolna do přechodného horizontu hlinitopísčité až písčité textury, který může dosahovat až do hloubky až 0,9 m, kde navazuje na půdotvorný substrát, kterým je fyzikální zvětralina granodioritu.

V dolní části svahu se díky menší propustnosti navrstveného sedimentárního materiálu vyvinuly *kambizemě oglejené až pseudogleje*. U prvně zmiňovaného typu je slabé oglejení pouze doplňkovým půdotvorným procesem, který se projevuje rezivými skvrnami a místy slabými šedými pruhy. Ornice je podobné struktury i textury jako v předchozím případě. Zřetelně přechází do kambického horizontu se znaky oglejení ve formě rezivých skvrn a ojediněle slabě šedých záteků bez struktury. Tento horizont přechází do přechodného horizontu sahajícího do hloubky 0,6-1 m, taktéž se slabými znaky oglejení (železité konkrece), který navazuje na půdotvorný substrát hnědošedé barvy.

Na úpatí svahu Na spálenkách byla diagnostikována *oglejená půda* s výraznějšími hydromorfními znaky v důsledku povrchového převlhčení. Orniční horizont je světlejší šedohnědé barvy, náznakovitě drobtovité struktury, písčitohlinitý. Ornice ostře přechází do oglejeného horizontu mocného 0,3 m, v horní části světle šedého, náznakové lístkové struktury, v dolní polovině pak s prismatickou strukturou a výraznějším mramorováním. Horizont pozvolna přechází do druhého oglejeného horizontu o stejné mocnosti, zelenošedé barvy s výrazným mramorováním a hlinitou texturou. Na ten navazuje cca v 1 m půdotvorný substrát. Obsah humusu je do 0,4 m nízký, hlouběji velmi nízký. Půdní reakce klesá od kyselé po silně kyselou v hloubce pod 0,4 m. Výměnná sorpční kapacita směrem do hloubky naopak mírně narůstá (v celém profilu je střední). Půda je slabě nasycená až nasycená.

## Odběr vzorků a jejich analýza

### Sondy

Na svahu byly umístěny dvě sondy, v konvexní a konkávní části svahu těsně před terénním předělem v místě nejvyšší předpokládané akumulace.

- *Sonda č.1*

První vzorky byly odebrány v nadm.výšce cca 385 m.

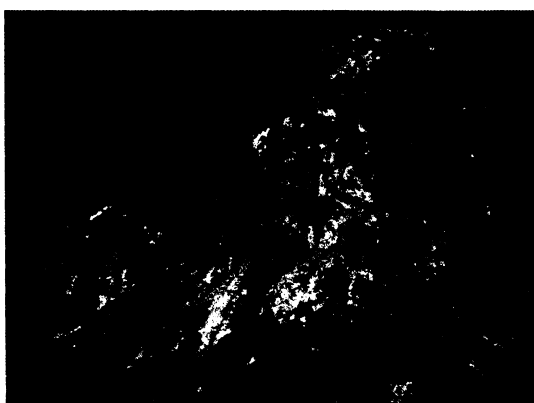
Orniční horizont Ap (0-0,25 m) je struktury náznakově drobtovité, šterkovitost byla odhadnuta na 20%. Pod organominerálním horizontem se nachází přechodný horizont B/C s náznaky kambického procesu, jehož spodní část je tvořena hrubě šterkovitou matečnou horninou s patrnými feromanganičitými povlaky.

### *Sonda č.2*

Druhý odběr byl proveden v konkávní části svahu v mírné terénní depresi v nadm.výšce 355 m.n.m.

Orniční horizont Ap má vlastnosti srovnatelné s horní částí, struktura je lépe vyvinutá, profil je bez štěrku. Pod orničním horizontem se nachází horizont o mocnosti cca 0,1 m, barvy 10YR 4/3, drobtovité struktury, který v hloubce 0,35 m ostře přechází do světlejšího slabě rezivého horizontu s mocností asi 0,15 m. Pod ním se nachází ostře oddělený horizont Bvg náznakovitě destičkovité struktury s patrnými znaky oglejení (rezivé bročky) barvy 10YR 5/3. V 0,7 m se nachází horizont Bv slabě vyvinuté polyedrické struktury. Profil přechází v rozpad granodioritu cca ve 110 cm.

Vzorky odebrány z horizontu Ap v 15-25 cm a z horizontu Bvg 0,5-0,6 m.

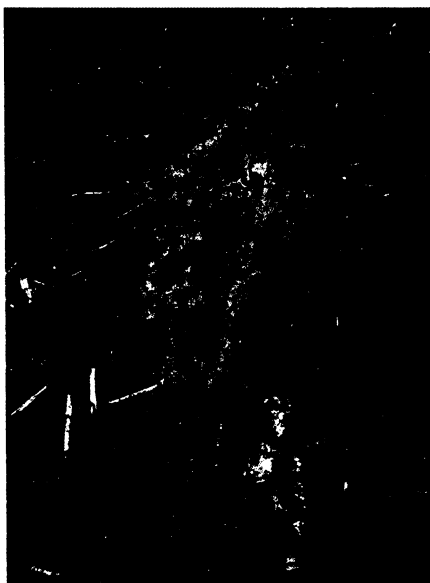


*Obr. 24*



*Obr. 25*

*Obr. 24-27 Erozně-akumulační procesy na svahu a tvorba erozních rýh*



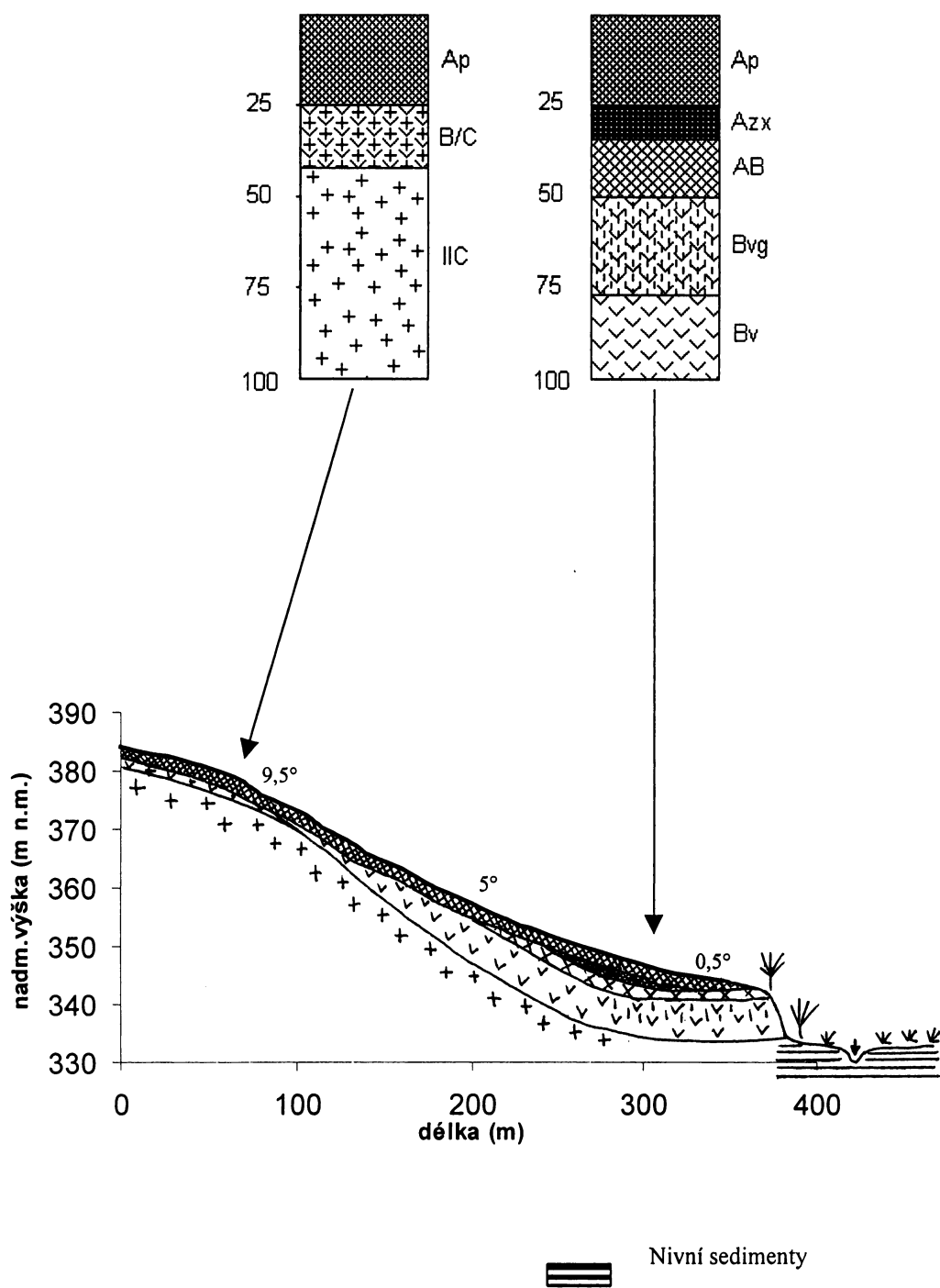
*Obr. 26*



*Obr.27*



Obr. 28 Příčný profil pozemku Na spálenkách a schéma odebraných půdních profilů



## Chemické a fyzikální vlastnosti půdy

Ze svahu byly odebrány celkem tři půdní vzorky pro další laboratorní analýzu.

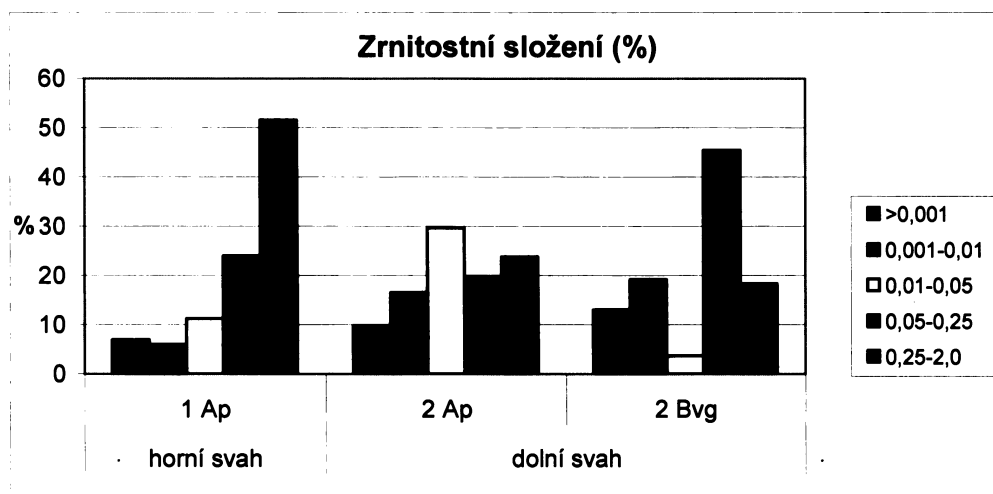
4. Orniční horizont Ap ze sondy č.1 z horní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
5. Orniční horizont Ap ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
6. Oglejený kambický horizont Bvg ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,5-0,6 m

### Zrnitostní složení

	<0,001 mm	< 0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,25 mm	0,25-2,0 mm
<b>1 Ap</b>	7	13	11,3	24,1	51,6
<b>2 Ap</b>	9,9	26,5	29,7	19,9	23,9
<b>2 Bvg</b>	13,1	32,4	3,8	45,5	18,4

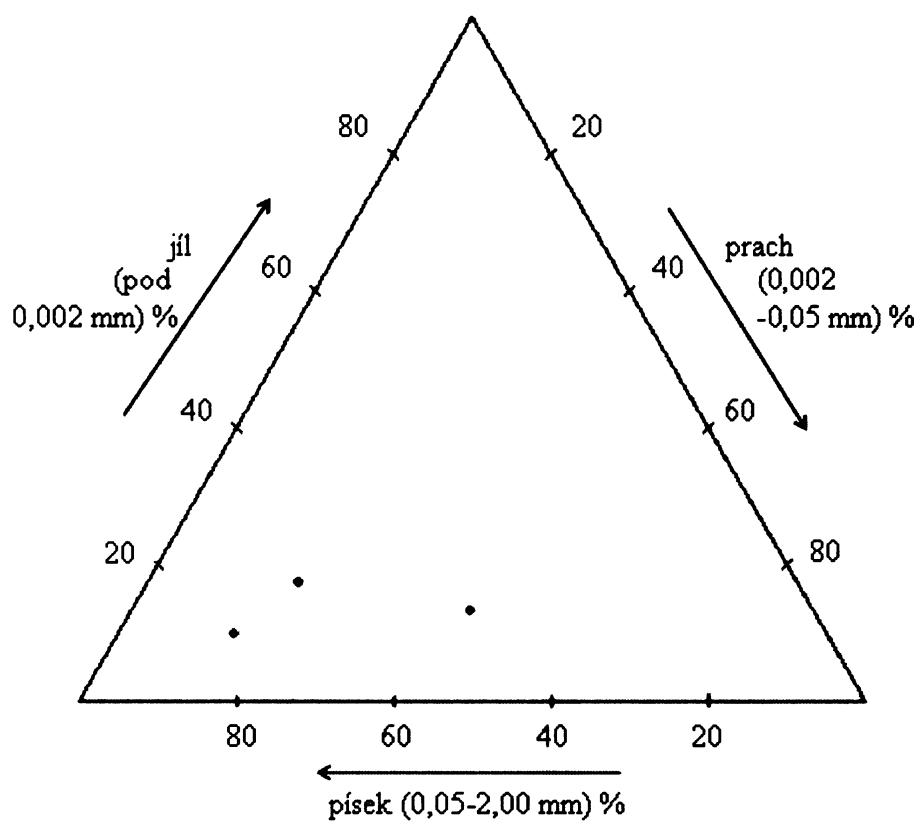
Tab. 9 Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech

Zrnitost se pohybuje od lehkého složení v horní části svahu až ke střednímu na úpatí, zřejmý je zejména posun v zrnitosti u horizontů v dolní části svahu, kde roste podíl jemnějších částic v důsledku zajílení oglejeného horizontu Bvg (graf 20). V horní části svahu je naopak signifikantní vysoké procento hrubého písku, který zde zůstal po odnosu jemnějších zrn. V horizontu Bvg velmi výrazně klesá podíl prachovité frakce (necelá 4%).



Graf 20

Obr. 29 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd

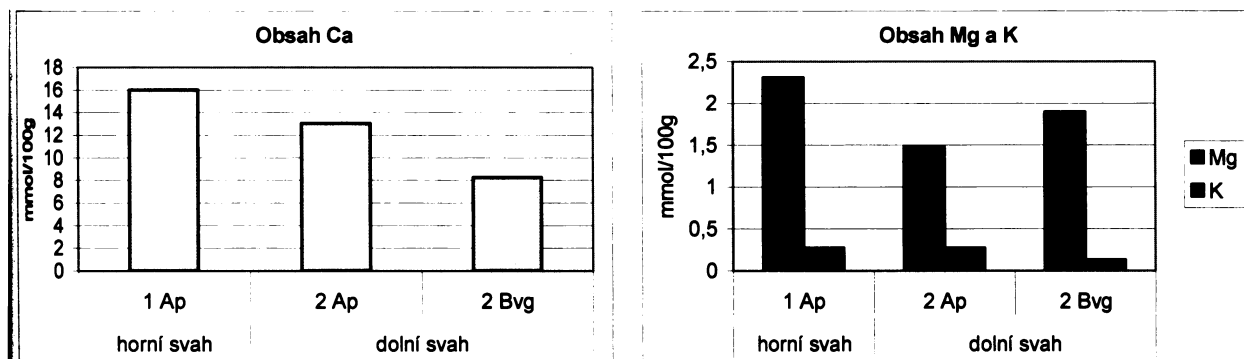


- 1 - A<sub>p</sub> (0,1-0,15m)
- 2A - A<sub>p</sub> (0,1-0,15m)
- 2B - B<sub>vg</sub> (0,5-0,6m)

## Obsah iontů a sorpční komplex

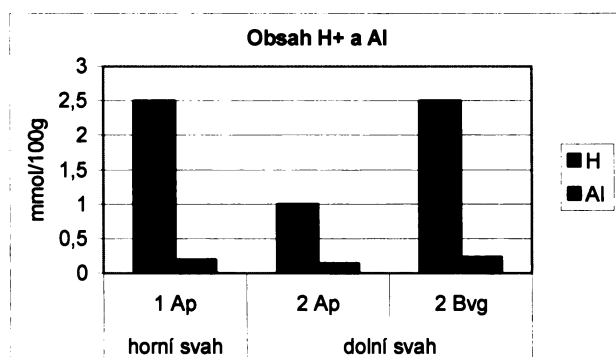
	vým. H <sup>+</sup>	vým. Ca	vým. Mg	vým. K	Vým. Al
<b>1 Ap</b>	2,5	16,04	2,31	0,28	0,19
<b>2 Ap</b>	1	13,06	1,48	0,28	0,14
<b>2 Bvg</b>	2,5	8,3	1,9	0,13	0,23

Tab. 10 Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů



Graf 21

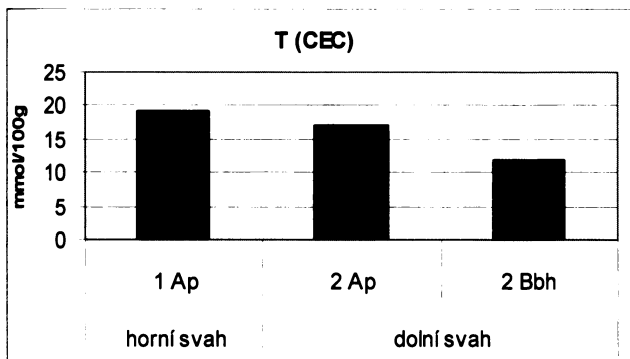
Graf 22



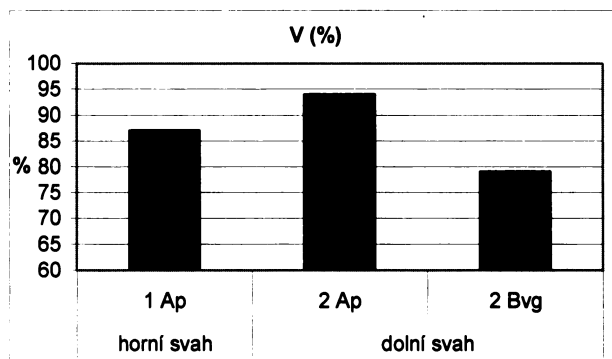
Graf 23

	T (CEC) (mmol/100g)	V (%)	pH vým.
<b>1 Ap</b>	19,2	87	5,99
<b>2 Ap</b>	17	94	6,51
<b>2 Azx</b>	11,9	79	6,07

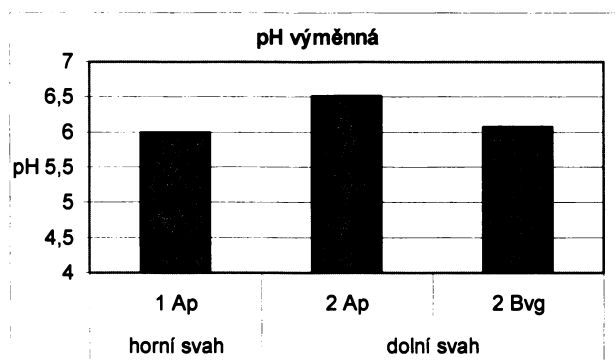
Tab. 11 Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce



Graf 24



Graf 25



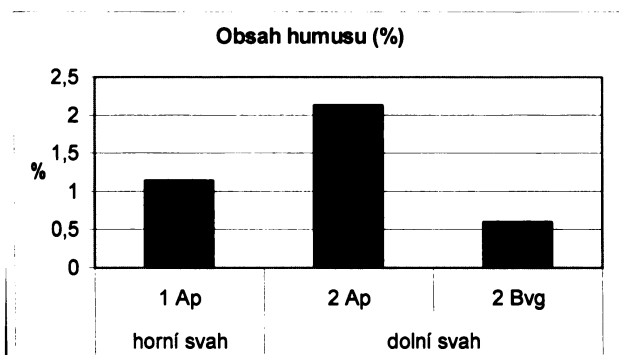
Graf 26

Obsah výměnných iontů se snižuje směrem k úpatí svahu, patrné je to zejména u vápníku (graf 21). Výměnný hliník je zastoupen pouze v malém množství, podobně jako  $H^+$ , jehož obsah je nejnižší v orničním horizontu v dolní části svahu (graf 23). Naopak jeho obsah roste v horizontu Bvg v dolní části svahu. Výměnná sorpční kapacita (graf 24) se přes zvyšování podílu jílové frakce směrem k úpatí snižuje (pohybuje od střední v Ap horizontech po nízkou v oglejeném horizontu Bvg). Sorpční komplex (graf 25) je plně nasycený v orničním horizontu na úpatí, u dvou zbylých vzorků je nasycený (nejmenších hodnot nabývá V vlivem vyššího obsahu  $H^+$  v sorpčním komplexu v horizontu Bvg). Výměnná půdní reakce je ve všech částech svahu slabě kyselá (graf 26).

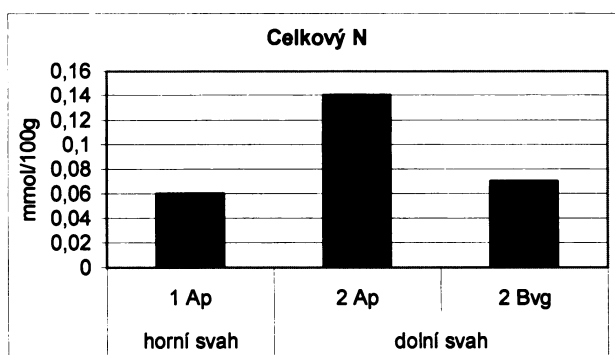
### Obsah humusu a celkový dusík

	Obsah humusu (%)	N tot
1 Ap	1,139	0,06
2 Ap	2,125	0,14
2 Azx	0,595	0,07

Tab. 12 Obsah humusu a celkový dusík



Graf 27



Graf 28

O selektivním vymývání organických látek a živin vypovídá obsah humusu a dusíku na svahu. Obsah humusu (graf 27) se pohybuje od nízkých hodnot v horní části svahu po hodnoty střední na úpatí. Dalším faktorem hrajícím roli jsou v tomto případě i mírné projevy hydromorfismu (ačkoliv jsou patrné pouze v podorničí), které mají za následek vyšší obsah organických látek. Obdobný posun zaznamenáváme v případě dusíku (graf 28).

## Historický vývoj způsobu využití pozemku Na spálenkách



Mapa 14 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené 1:5 000

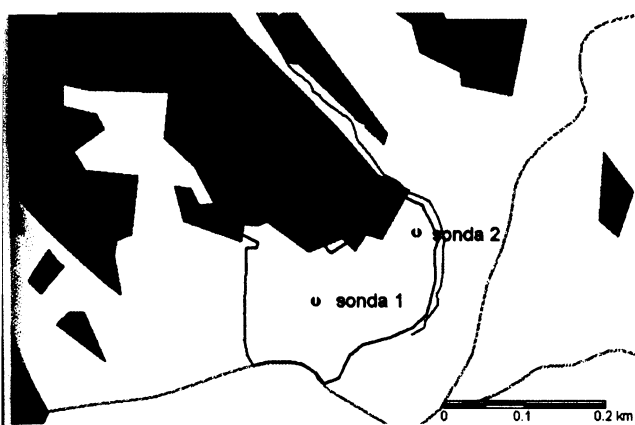
⊕ sonda		
□ záměrná lokalita	▨ trvalý travní porost (1.vojenské mapování)	— vodní toky
▤ lesy (1.vojenské mapování)	▧ trvalý travní porost (2.vojenské mapování)	■ rybníky
▥ lesy (2.vojenské mapování)	▩ trvalý travní porost (3.vojenské mapování)	— silnice (současný stav)
▦ lesy (3.vojenské mapování)	□ trvalý travní porost (současný stav)	■ sídla (současný stav)
■ lesy (současný stav)	□ orná půda (současný stav)	▨ zahrady a sady (současný stav)



Mapa 15 Využití půdy (1.vojenské mapování)



Mapa 16 Využití půdy (2.vojenské mapování)



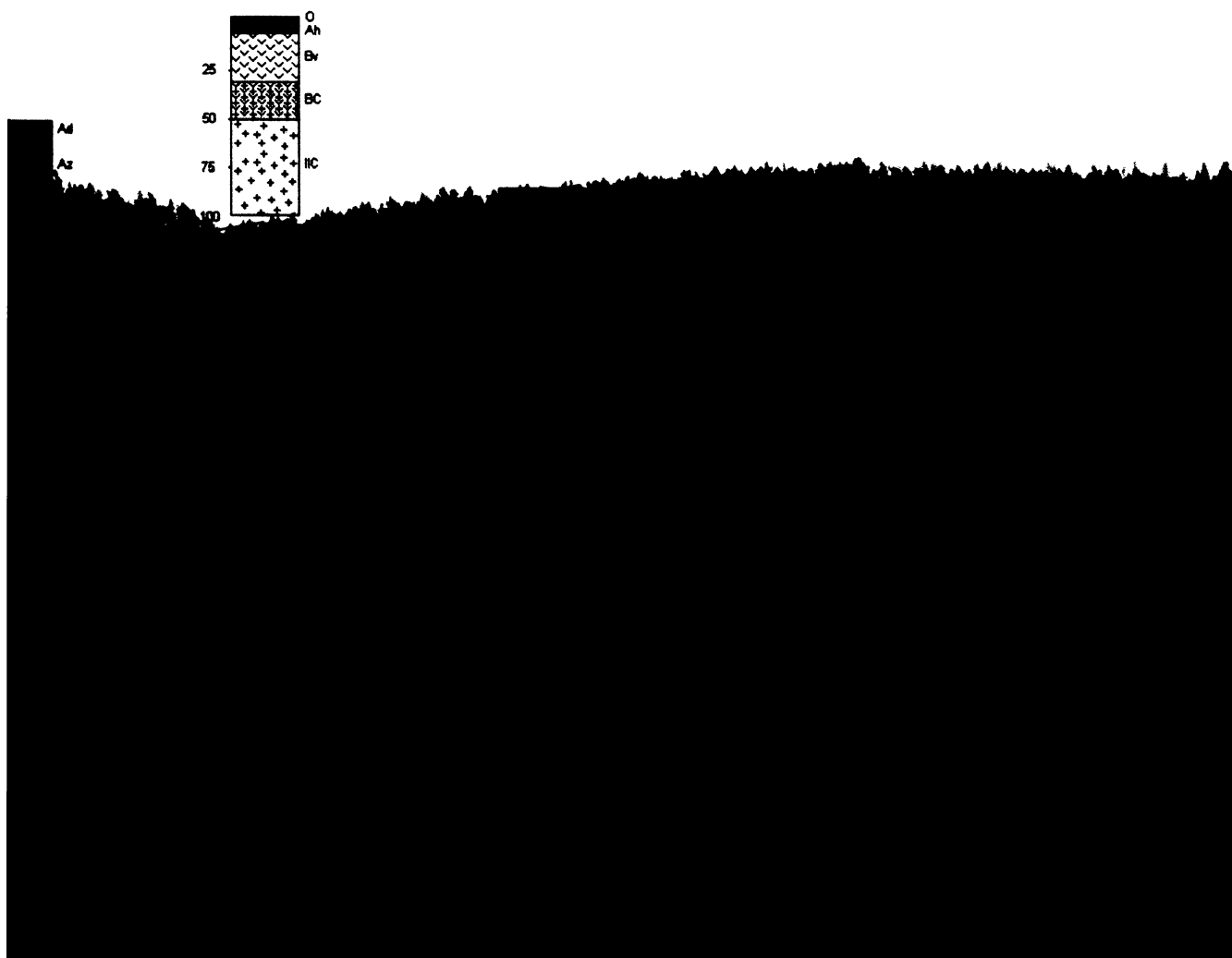
Mapa 17 Využití půdy (3.vojenské mapování)

—	vodní toky	orná půda
—	silnice	lesy a rozptýlená zeleň
■	sídla	louky a pastviny
■	rybníky	zahrady a sady
○	půdní sondy	
□	zájmový pozemek	

Rozdíly ve způsobu využití pozemku v minulosti jsou v případě lokality Na spálenkách značné. Na mapě 1.vojenského mapování je severní část pozemku zalesněna, plocha lesa se ještě zvyšuje na mapě 2.vojenského mapování. Zde je téměř celý pozemek, včetně míst, kde byly odebrány půdní vzorky, zalesněn. Dnešnímu stavu se přibližuje mapa 3.vojenského mapování, kdy se zalesněná plocha výrazně zmenšuje. Takovéto rozdíly ve využití pozemku se nutně musely odrazit v intenzitě erozních procesů. Zatímco pod lesem došlo k ustálení erozně-akumulační rovnováhy, zrychlená eroze byla opět nastartována po odlesnění svahu.



#### 4.2.5. LOKALITA KŘEČOVICE – POZEMEK V DOLÍCÍCH



Obr. 30 Zájmový pozemek V dolících s naznačenými půdními profily v odběrových místech



Mapa 18 Využití půdy v lokalitě Křečovice (zájmový pozemek V dolících) (podklad SMO 1:5000, ortfoto)



## Fyzickogeografická charakteristika

### Geomorfologické poměry

Reliéf území v okolí zájmové lokality je značně členitý. Severní hranice je tvořena údolím Křečovického potoka. Odtud postupuje terén příkrými vlnitými stráněmi směrem na jih. Většina pozemků má severní expozici (v případě zájmového pozemku je to expozice severozápadní). Západní hranici území tvoří kotlina protékaná potokem Mastníkem (Zpráva KPP 1956).

Pozemek V dolících se nachází za obcí Osečany z pravé strany komunikace. Jedná se o cca 570 m dlouhý svah, jehož vrchol leží v nadm.výšce 454 m a dolní část (nad silnicí) 372 m n.m. Svah dále pokračuje pod komunikací asi 200 m až ke korytu vodoteče. Podrobněji byla zkoumána pouze větší část svahu nad silnicí. Svah je v dolní polovině obděláván (340 m), horní část je pokryta trvalým travním porostem. Obě části jsou odděleny mezí, která je ovšem v levé části svahu téměř neznatelná, takže z hlediska erozního procesu nepředstavuje výraznější překážku. Naopak na pravé straně vystupuje mez jako výrazná terénní překážka, za kterou by měla probíhat akumulace materiálu (ne ovšem příliš intenzivní, protože horní část svahu není obdělávána). Vrcholová část svahu je pokryta lesním porostem, jedná se o menší plochu porostlou převážně borovicemi.

Svah dosahuje většího sklonu ve své horní části (10,5°), obdělávaná plocha je pozvolnější (6,5°).

### Geologické poměry

Zájmové území se podobně jako předchozí lokalita nachází v oblasti krystalinika. Pozemek V dolících je budován biotiticko-amfibolickým granodioritem, jehož vlastnosti byly podrobněji popsány u předchozí lokality Na spálenkách (Zpráva KPP 1956). V dolní části svahu probíhá intenzivní akumulace přemístěného materiálu, takže půdotvorným substrátem se zde stávají středně těžké svahoviny s horší propustností. Dolní část svahu je součástí nivy menší vodoteče, která je tvořena nevápnitými nivními uloženinami

### Půdy nacházející se na zájmovém pozemku V dolících

Komplexním půdním průzkumem (1956) bylo identifikovány následující půdní typy.

Hlavním půdním typem území je kambizem (hnědá půda). V horní části obdělávaného pozemku se pod orníci šedohnědé barvy, písčitohlinité textury a drobtovité struktury nachází přechodný horizont s mírnými znaky vnitropůdního zvětrávání. Horizont je žlutohnědé barvy a hlinitopísčité zrnitosti. Struktura je polyedrická. V hloubce 0,4 m přechází horizont do polohy zvětralého substrátu rezivěhnědé barvy bez struktury.

Ve střední části svahu se pod orníčním horizontem nachází kambický horizont žlutohnědé barvy s nevyvinutou strukturou, písčitohlinité zrnitosti. V hloubce 0,4 m přechází

pozvolna do přechodného horizontu žlutohnědé barvy, polyedrické struktury a hlinitopísčité zrnitosti. Půdotvorný substrát navazuje v hloubce 0,7 m. Barva je poněkud světlejší než v nadložních horizontech, zrnitostně je písčítý, bez struktury.

Na pozemku zprava přiléhajícímu k zájmovému území byla v jeho dolní části identifikována luvizem oglejená (illimerizovaná půda oglejená) s vyvinutým E horizontem lístkovité struktury mocným 0,15 m. Pod ním se nachází jílovitohlinitý luvický horizont polyedrické struktury, který přechází v 0,5 m do horizontu se znaky oglejení ve formě šedých záteků a rezivých skvrn

## Odběr vzorků a jejich analýza

### Sondy

Ve svahu bylo vyvrtáno celkem pět sond, z toho dvě v obdělávané části pozemku. Jedna sonda byla lokalizována na vrcholu svahu pod lesem, další ve střední části svahu pod TTP a poslední ve stejné výšce jako předchozí, ale v prostoru těsně nad mezím, aby bylo možné porovnat rozdíly v akumulaci materiálu.

- *Sonda č. 1*

První odběr byl proveden na samém vrcholu svahu, pod lesem. Nadložní O horizont jazykovitě přechází do silně vysušeného humusového horizontu světlé barvy o mocnosti 0,05 m. Ten pozvolně přechází do Bv horizontu polyedrické struktury a barvy 10YR 5/3, který v 0,5 m naléhá na bezstrukturní substrát lehčí zrnitosti.

- *Sonda č. 2*

Druhá sonda se nachází v polovině horní části svahu pod trvalým travním porostem. Typicky vyvinutý drnový horizont malé mocnosti a světlé barvy přechází do úzkého minerálního horizontu Bv polyedrické struktury. Profil se vyznačuje štěrkovitostí 10%.



Obr. 31 Horní část svahu je pokryta lesem a trvalým travním porostem

- *Sonda č. 3*

Pro porovnání byly odebrány vzorky ve stejné výšce svahu, ovšem těsně nad mezí, kde jsou příhodnější podmínky k akumulaci. Vlastnosti Ad horizontu jsou stejné jako v předchozím případě, ovšem profil je poměrně hluboký (0,7 m) a pod drnovým horizontem se nachází tmavší akumulovaný horizont Az barvy 10YR 4/4. Štěrkovitost je nižší než na volném svahu (5%).



*Obr. 32 V prostoru za terénní překážkou jsou vhodnější podmínky k akumulaci*

- *Sonda č. 4*

Čtvrtá sonda byla umístěna na horní hranici orané části svahu, těsně pod terénní předěl tvořený mezí. Horizont Ap je charakterizován subangulární strukturou, procentuální zastoupení štěrku a hrubších částic je asi 5%, barva 10YR 4/3. Profil je mělký, pod orničním horizontem se nachází přioraný písčité přechodný horizont B/C o mocnosti 0,1 m a pod ním zvětralý horninový podklad.



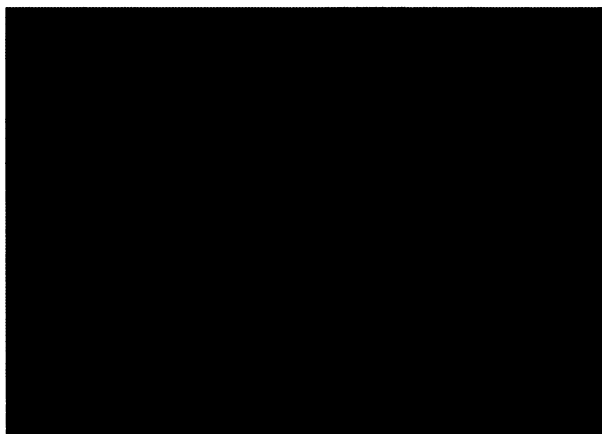
*Obr. 33 V horní části obdělávaného pozemku se nacházejí i větší horninové bloky*

- *Sonda č. 5*

Poslední vzorky byly odebrány v konkávní části svahu v bezprostřední blízkosti silnice. Vzhledem ke značné délce i sklonu svahu zde byly vytvořeny příhodné podmínky k akumulaci snášeného materiálu, k čemuž přispíval i fakt, že zde zřejmě dochází i k usazování materiálu z mírnějšího svahu přiléhajícího zprava.

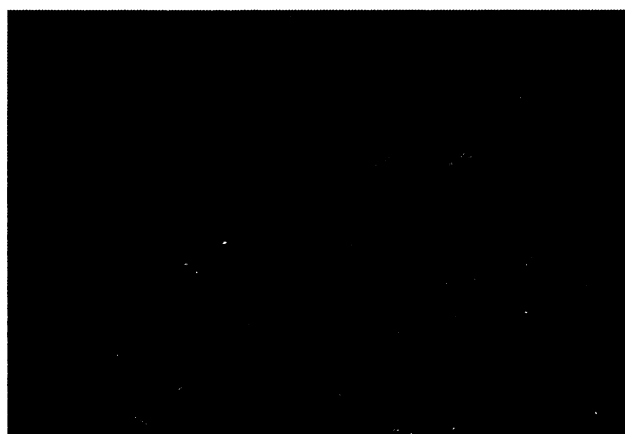
Profil je v podstatě tvořen dvěma humusovými horizonty. Pod orničním horizontem Ap (barva 10YR 3/4) sahajícím do hloubky 0,25 m byl diagnostikován akumulovaný horizont barvy 10YR 4/4 kontinuálně pokračující do hloubky 0,9m, kde přechází do světlejšího hlinitopísčitého přechodného horizontu B/C. Horizont Ap je má podobnou strukturu jako

v horní části pole, štěrky je ale zastoupen pouze 1%. V následujícím horizontu bylo pozorováno relativně menší oživení i prokořenění, větší zastoupení hrubších elementů, struktura o poznání méně vyvinutá, spíše rozsypavá. Vlastnosti byly v celém horizontu zachovány. V horizontu jsou patrné známky vrstevnatosti. Vzhledem ke značné mocnosti a zřejmým znakům akumulace se domnívám, že je horizont možno označit jako koluviální Azx.



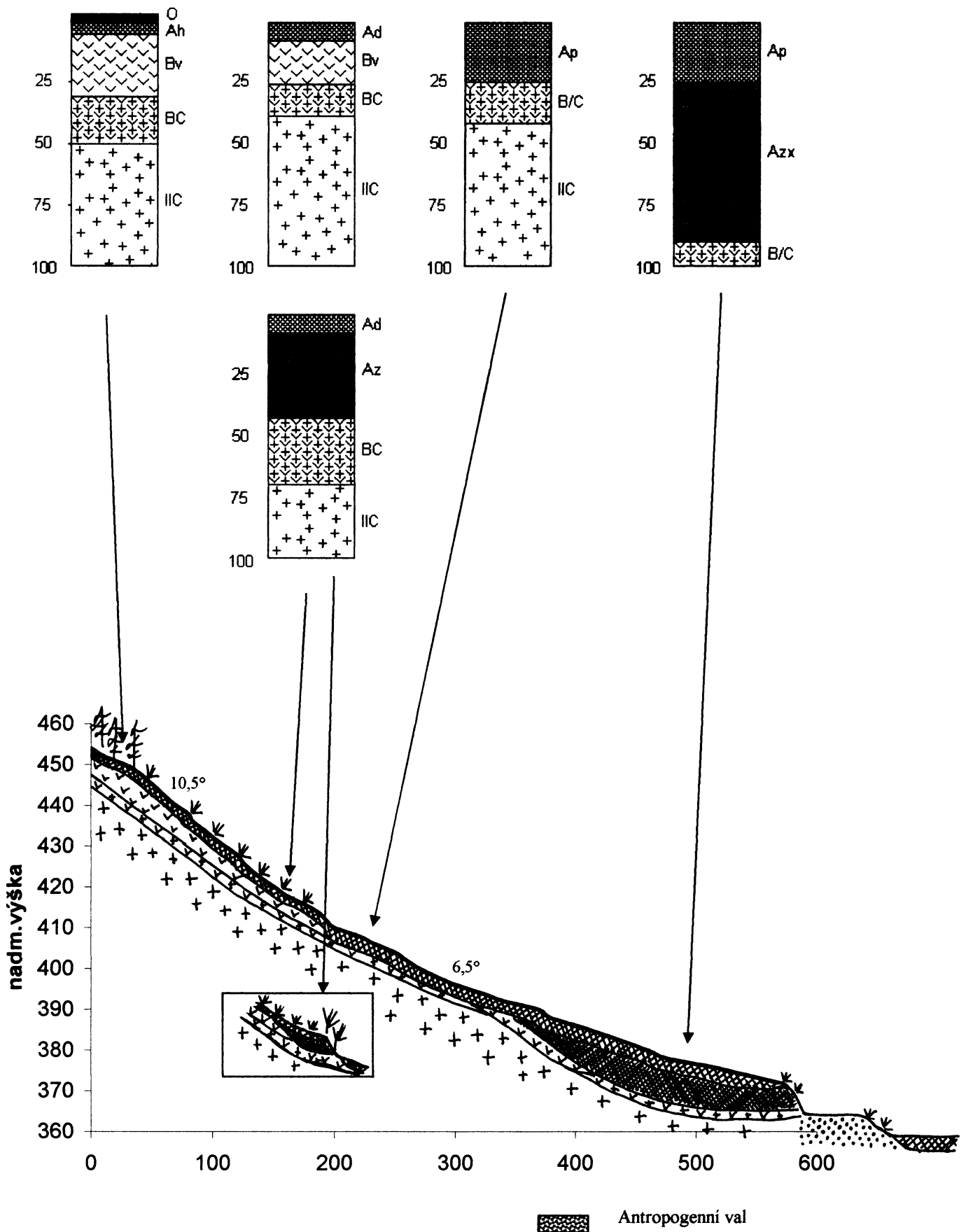
Obr. 34

*Akumulace probíhá v dolní části pozemku nad silnicí*



Obr. 35

Obr. 36 Příčný profil pozemku V dolících a schéma odebraných půdních profilů



## Chemické a fyzikální vlastnosti půdy

Ze svahu bylo odebráno celkem šest půdních vzorků pro další laboratorní analýzu:

1. Kambický horizont Bv ze sondy č.1 z horní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
2. Drnový horizont Ad ze sondy č.3 ze střední části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
3. Akumulační horizont Az ze sondy č.3 ze střední části svahu v hloubce 0,3-0,4 m
4. Orniční horizont Ap ze sondy č. 4 ze střední části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
5. Orniční horizont Ap ze sondy č. 5 z dolní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
6. Akumulační horizont Azx ze sondy č. 5 z dolní části svahu v hloubce 0,5-0,6 m

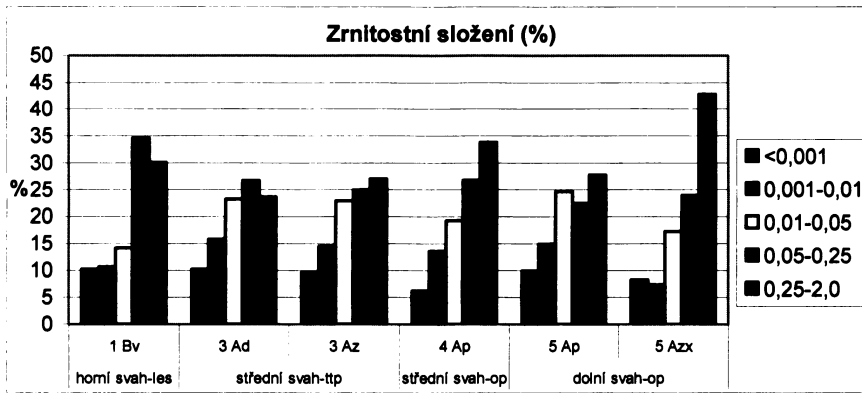
### Zrnitostní složení

	<0,001 mm	<0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,25 mm	0,25-2,0 mm
<b>1 Bv</b>	10,3	21	14,2	34,6	30,2
<b>3 Ad</b>	10,3	26,3	23,3	26,7	23,7
<b>3 Az</b>	9,7	25	23	25	27
<b>4 Ap</b>	6,3	19,9	19,4	26,8	33,9
<b>5 Ap</b>	10	25	24,7	22,5	27,8
<b>5 Azx</b>	8,3	15,7	17,4	24	42,9

Tab. 13 Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech

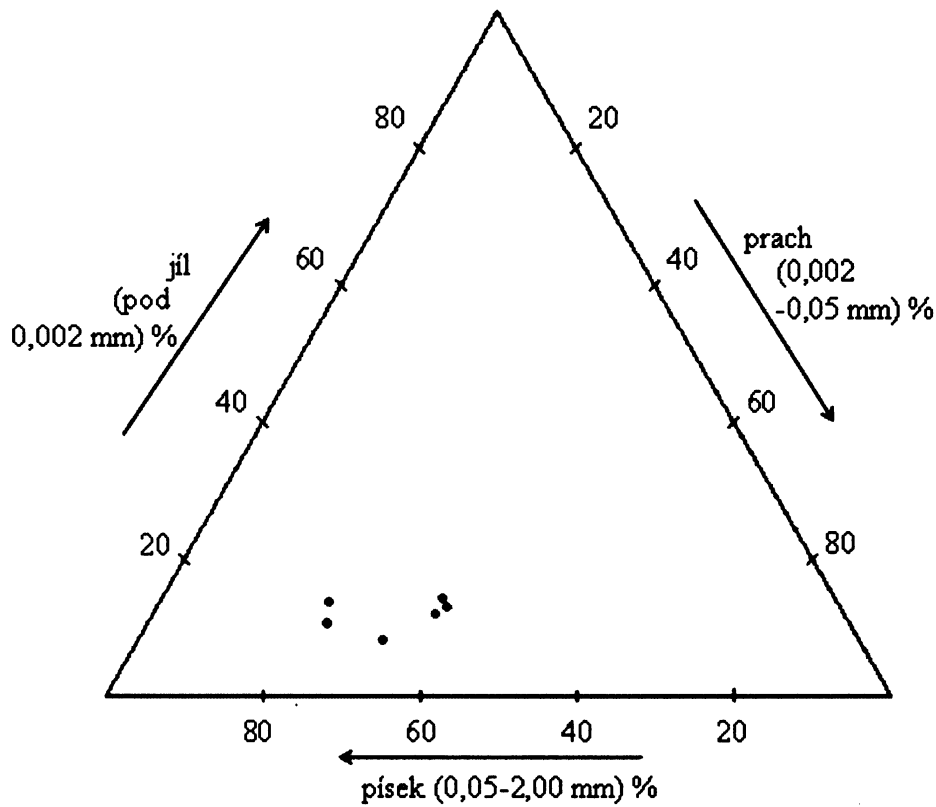
V případě lokality V dolících je zřetelně vidět, že rozdíly v zrnitostním složení jsou dány nejen polohou půdy na svahu, ale i druhem využívání půdy. Z hlediska zrnitostního složení se celkově jedná o půdy střední (písčitohlinité), resp. lehké (hlinitopísčité) zrnitosti. Největší podíl jílových zrn mají horizonty ve vrcholové části svahu, které jsou kryty lesem, resp. trvalým travním porostem, takže nedochází ke zvýšenému odnosu jemných částic. Naopak o jíl značně ochuzený je orniční horizont v horní části obdělávaného pozemku. Na úpatí svahu je opět podíl jílu vyšší (graf 29). To ovšem platí pouze pro horizont Ap, do hloubky se podíl jílu i prachu výrazně snižuje, takže akumulovaný horizont má lehké zrnitostní složení (podíl písku 67%, z toho přes 40% hrubého písku). Přitom nejvyšší podíl jílových a prachových částic (50% pod 0,05 mm) má půda ze sondy č. 3 odebrané nad mezí, což dokazuje zvýšený přenos jemnějších zrn z prostoru pod lesem.





Graf 29

Obr. 37 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd

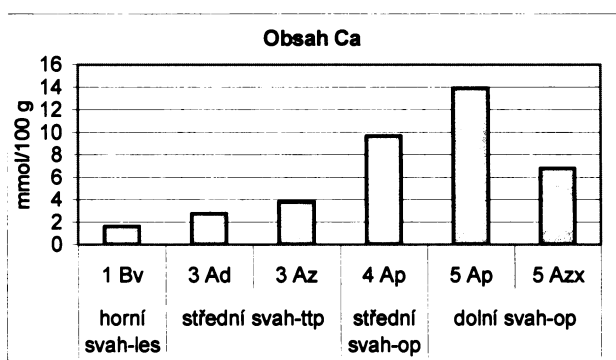


- 1- Bv (0,1-0,15m)
- 3A - Ad (0,1-0,15m)
- 3B - Az (0,3-0,4m)
- 4 - Ap (0,1m)
- 5A - Ap (0,1-0,15m)
- 5B - Azx (0,5-0,6m)

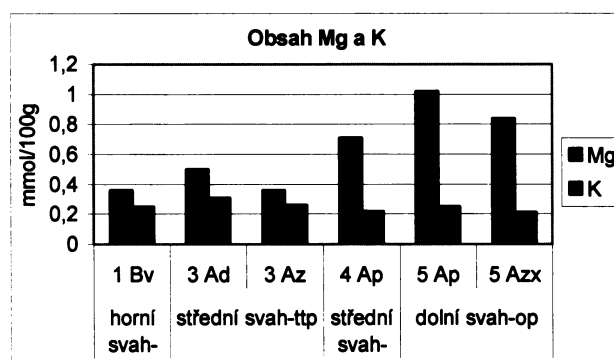
## Obsah iontů a sorpční komplex

	vým. H <sup>+</sup>	vým. Ca	vým. Mg	vým. K	vým. Al
<b>1 Bv</b>	9,5	1,66	0,36	0,25	0,9
<b>3 Ad</b>	16,5	2,8	0,5	0,31	2,7
<b>3 Az</b>	11	3,82	0,36	0,26	1,9
<b>4 Ap</b>	3,5	9,71	0,71	0,22	0,9
<b>5 Ap</b>	2	13,91	1,02	0,25	0,15
<b>5 Azx</b>	2	6,84	0,84	0,21	0,15

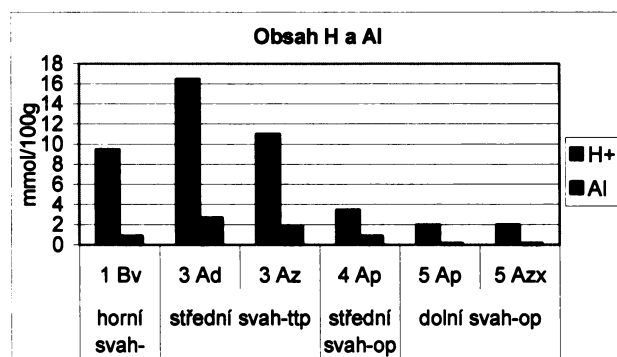
Tab.14 Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů



Graf 30



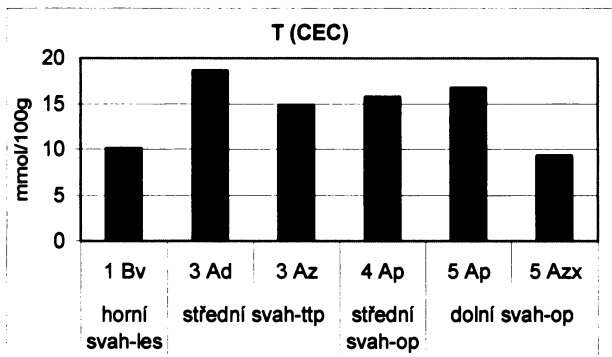
Graf 31



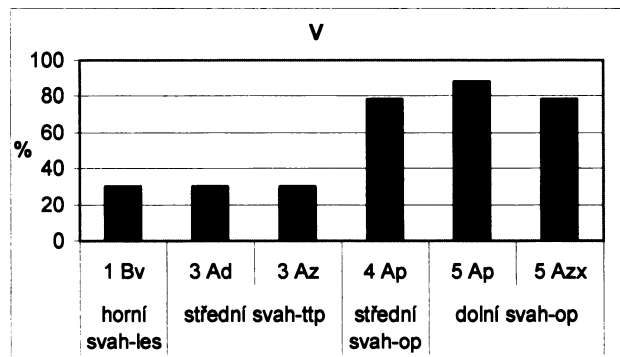
Graf 32

	T (CEC) (mmol/100g)	V (%)	pH vým.
<b>1 Bv</b>	10,1	>30	3,73
<b>3 Ad</b>	18,6	>30	3,64
<b>3 Az</b>	14,8	>30	3,9
<b>4 Ap</b>	15,7	78	5,41
<b>5 Ap</b>	16,7	88	6,62
<b>5 Azx</b>	9,3	78	6,17

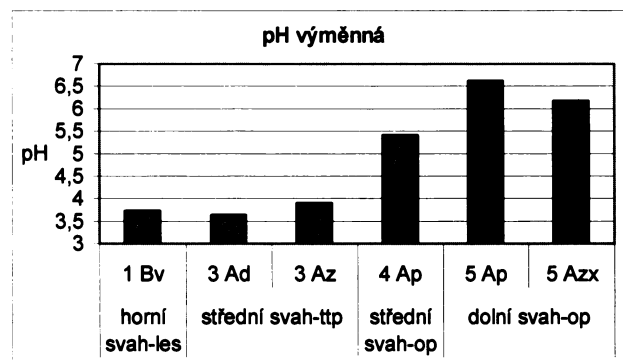
Tab.15 Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce



Graf 33



Graf 34



Graf 35

V chemických vlastnostech, zejména v obsahu některých kationtů sorpčního komplexu pozorujeme v této lokalitě vývoj odlišný od ostatních pozemků. Dobře je to vidět na příkladu vápníku (graf 30). Zatímco v horní části svahu, a to zejména pod lesem a ttp je jeho podíl malý, zvyšuje se postupně až ke svému maximu v orníčním horizontu na úpatí (v ostatních lokalitách byl obsah Ca naopak vyšší v erozí ochuzené horní části svahu díky odnosu odvápněné spodiny). Obsah hořčíku má v podstatě stejný vývoj jako v případě vápníku (graf 31).

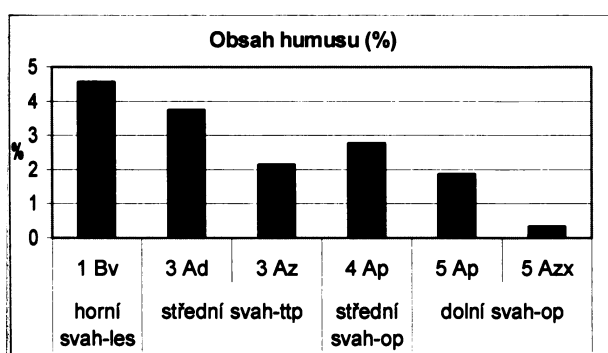
Spíše než v neobdělávané části, kde je celkově eroze a transport zrn výrazně méně intenzivní a proto nedochází k výraznému posunu v obsahu iontů, je zajímavý značný rozdíl v obsahu vápníku i hořčíku v horní a dolní části zemědělského pozemku, kde dochází k viditelné akumulaci těchto iontů v dolní při úpatí. Naopak obsah kationtu vodíku (graf 32) je nejnižší v orné půdě a výrazně se zvyšuje pod lesem a ttp (podobně je tomu i v případě hliníku).

S obsahu iontů i zrnitostí pak souvisí i další vlastnosti, zejména sorpce a půdní reakce. Sorpční kapacita (graf 33) je na svahu poměrně vyrovnaná (nízká až střední), nejnižší je v akumulovaném horizontu na úpatí v důsledku lehčí zrnitosti. Díky vysokému obsahu bazických iontů v obdělávané části svahu je zde i výrazně vyšší sorpční nasycenost (sorpční komplex nasycený), naopak pod lesem i loukou je sorpční komplex extrémně nenasycený (graf 34). Podobně je tomu i s výměnnou půdní reakcí, která je v horních polohách silně kyselá, na úpatí pouze slabě kyselá (graf 35).

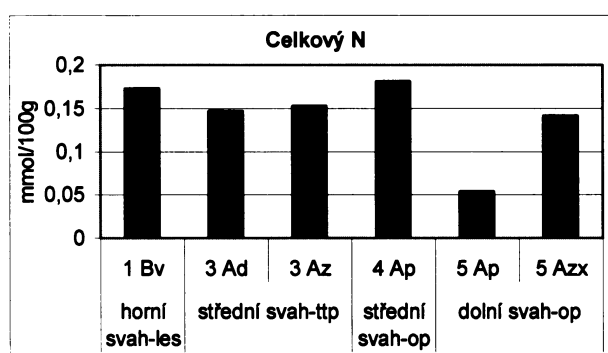
## Obsah humusu a celkový dusík

	Obsah humusu (%)	N tot
<b>1 Bv</b>	4,573	0,173
<b>3 Ad</b>	3,74	0,147
<b>3 Az</b>	2,159	0,153
<b>4 Ap</b>	2,771	0,181
<b>5 Ap</b>	1,87	0,054
<b>5 Azx</b>	0,34	0,141

Tab. 16 Obsah humusu a celkový dusík v jednotlivých horizontech



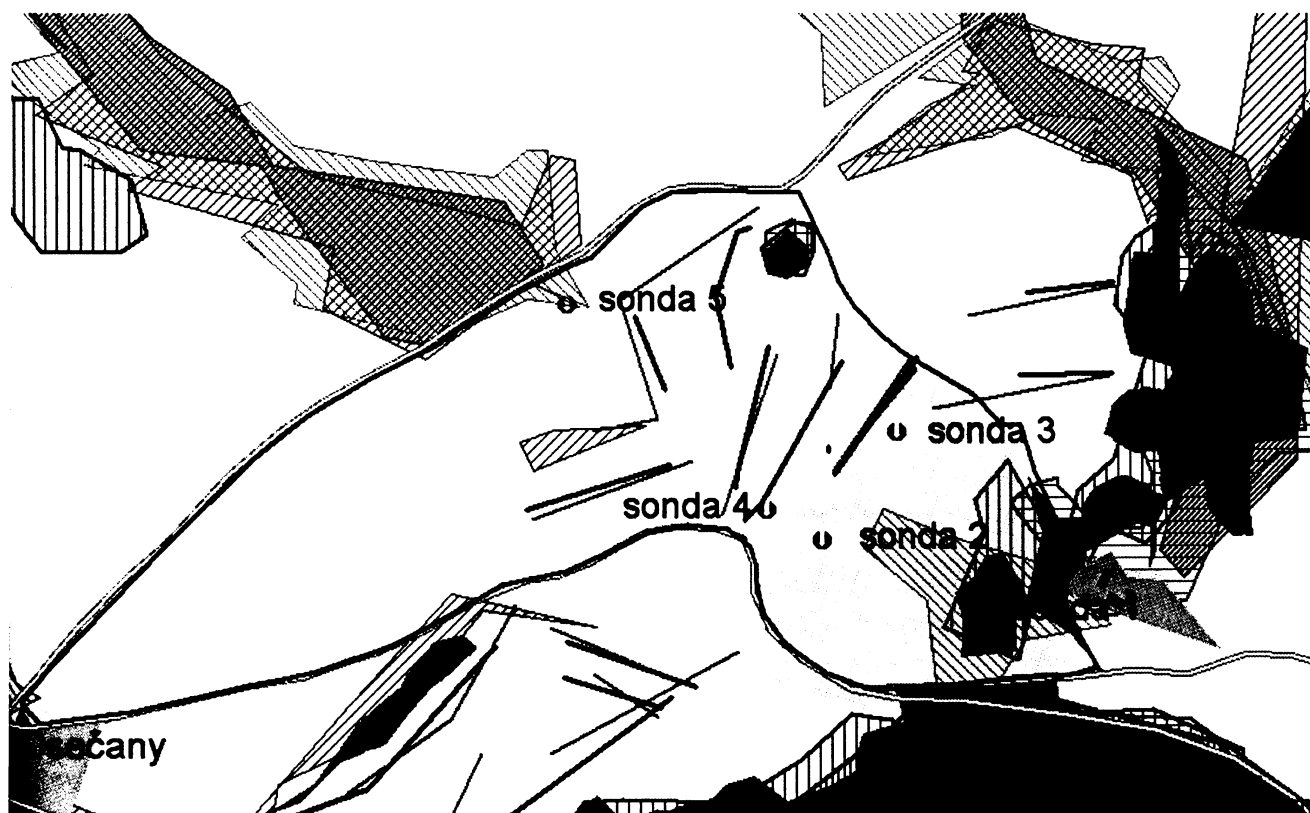
Graf 36



Graf 37

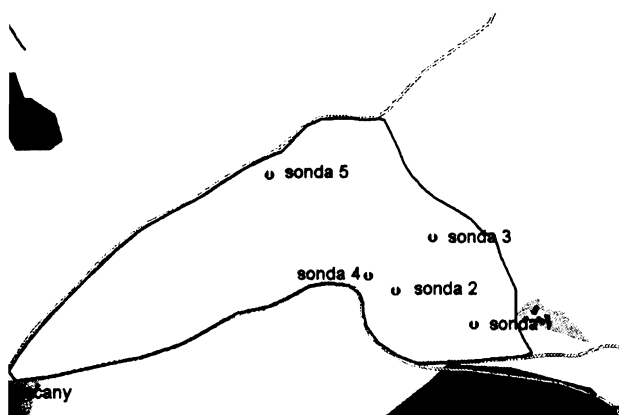
Obsah humusu se snižuje směrem k úpatí svahu (graf 36). Nejvyšších hodnot dosahuje pod lesem (ovšem jeho kvalita je nižší; C:N = 15,5) a pod trvalým travním porostem, v obou případech je jeho obsah vysoký. V horní části obdělávaného pozemku je obsah humusu střední a k úpatí se oproti předpokladům snižuje. Za pozornost stojí zejména velmi nízký obsah humusu v horizontu Azx vzniklém koluviací. V tomto případě by mohl být vysvětlením intenzivní charakter eroze daný poměrně značnou délkou svahu a strmým sklonem zejména v jeho horní části. Do odnášené vrstvy se tak dostává skeletovitý materiál z podorničí, často se jedná o části zvětralé matečné horniny. Tento fakt má za následek intenzivní odnos materiálu obsahujícího velké množství minerálních látek a méně organiky. Tato masa s malým obsahem humusu se poté kumuluje v dolní části svahu. Obsah dusíku se udržuje na přibližně stejné hodnotě, velmi výrazně klesá pouze v ornici na úpatí svahu (graf 37). Tento pokles je ovšem vázán pouze na horizont Ap, protože v akumulované části profilu se hodnota N opět zvyšuje.

## Historický vývoj způsobu využití zájmového pozemku V dolcích

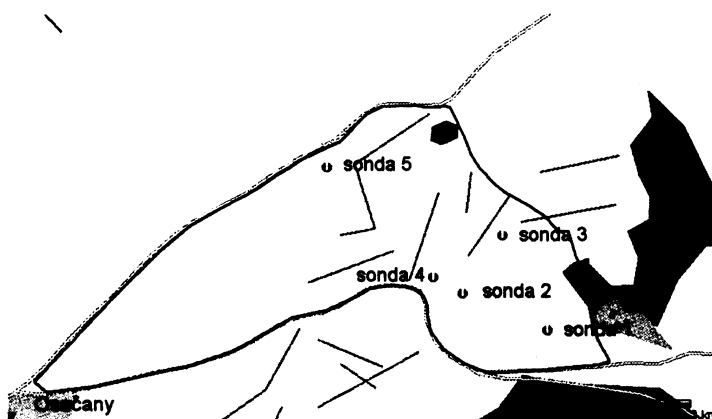


Mapa 19 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené 1:5 000

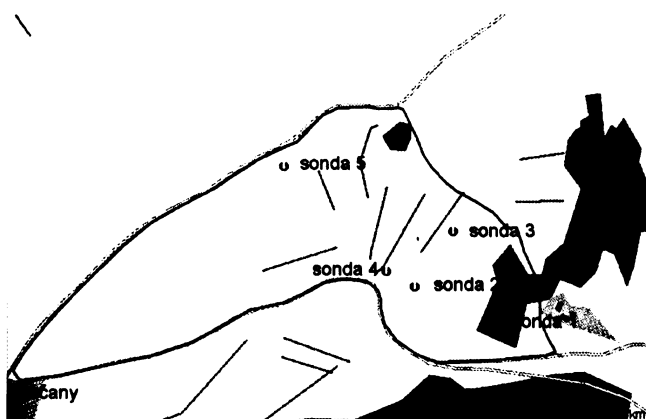
⊕ sonda		
▭ zájmová lokalita	▨ trvalý travní porost (1.vojenské mapování)	— meze (2.vojenské mapování)
▨ lesy (1.vojenské mapování)	▨ trvalý travní porost (2.vojenské mapování)	— meze (3.vojenské mapování)
▨ lesy (2.vojenské mapování)	▨ trvalý travní porost (3.vojenské mapování)	— vodní toky
▨ lesy (3.vojenské mapování)	▨ trvalý travní porost (současný stav)	▨ rybníky
▨ lesy (současný stav)	▨ orná půda (současný stav)	— silnice (současný stav)
		▨ sídla (současný stav)
		▨ zahrady a sady (současný stav)



Mapa 20 Využití půdy (1.vojenské mapování)



Mapa 21 Využití půdy (2.vojenské mapování)



Mapa 22 Využití půdy (3.vojenské mapování)

—	vodní toky	—	orná půda
—	silnice	■	lesy a rozptýlená zeleň
■	sídla	□	louky a pastviny
■	rybníky	■	zahrady a sady
—	meze	⊙	půdní sondy
		□	zájmový pozemek

Pozemek byl již v době 1.vojenského mapování ohraničen ve své dolní části komunikací, z tohoto hlediska se tedy akumulční poměry v lokalitě nezměnily. Zajímavý je však vývoj protierozních prvků, v tomto případě ve formě křovinatých mezí. Vzhledem k vysokému sklonu v horní části pozemku byl svah v minulosti rozčleněn řadou terénních překážek. Tím byl snížen objem přemísťovaného materiálu. V současnosti zůstala z této soustavy na celém pozemku pouze jedna souvislá mez, která ohraničuje louku od obdělávané části svahu. Pozitivní změnou je naopak zatravnění nejstrmější části svahu pod lesem, která byla dříve využívána jako orná půda. Přesto odstranění překážek zřejmě vedlo ke zvýšení akumulace na úpatí svahu, v prostoru nad komunikací. Koluviační horizont zde dosahuje mocnosti až 0,8m.

### 4.3. Mělnicko

#### 4.3.1. *Fyzickogeografická charakteristika*

##### **Geomorfologická charakteristika**

Zájmové území se nachází v prostoru Košátecké tabule, která je součástí Dolnojizerské tabule. Košátecká tabule je tvořena členitou pahorkatinou na středněturonských písčítých slínovcích a pískovcích v povodí Jizery, Košáteckého potoka a Pšovky. Představuje sedimentární strukturní stupňovinu pliocenních a staropleistocenních plošin krytých sprášení, svědeckých pahorků, odlehlíků, kaňonových, neckovitých a úvalovitých údolí většinou bez stálých toků. (Demek 1987).

##### **Geologická charakteristika**

Širší okolí zájmové oblasti je budováno souborem druhohorních a kenozoických hornin uložených přes starší, variským vrásněním konsolidované podloží. Celá oblast povodí Pšovky je tvořena středněturonskými kvádrovými pískovci kaolinitickými a jílovitými pískovci. Horniny patří k tzv. jizerskému souvrství. V místech oddálených od písčítých zdrojů převažovalo ukládání vápnitých jílovců, slínovců a opuk, v dosahu přítomnosti hrubšího materiálu se za pokračující subsidence hromadila mocná tělesa kvádrových pískovců. Místy se vyskytují písčité slepence, vápnité a slínité pískovce, slínité prachovce a prachové slínovce. Nejvyšší polohy spodního turonu a bazální polohy středního jsou vyvinuty jako slínité sedimenty často prachové nebo písčité. Vyšší část středního turonu je vyvinuta v písčité facii. Naopak svrchní turon je ve vývoji pelitickém. Faciálně převládají na mělnicku horniny peliticko-psamitické (slínité prachovce), které ve vyšší části přecházejí v pískovce. V přechodných oblastech jsou ve spodní části středního turonu šedavé slínité prachovce se slabými vložkami jemně písčítých vápenců. Na území východně od Mělníka se do prachových souvrství vkládají vložky kvádrových pískovců (kokořínské kvádry).

V pleistocénu se na kvádrových pískovcích vytvořily mocné polohy spraší a sprašových hlín (Chlupáč a kol. 2002, Geologická mapa 1:200 000, 1963).

##### **Klimatická charakteristika**

Zájmové území spadá do klimatického okrsku mírně teplého, mírně suchého s mírnou zimou. Roční úhrn srážek dosahuje podle meteorologické stanice Mšeno 640 mm. Nejvíce srážek spadne v červenci (750mm), nejméně v únoru (39 mm). Dlouhodobý roční průměr teploty vzduchu činí 7,6°, přičemž nejteplejším měsícem je červenec (17,5°), nejchladnějším leden (-2,5°). Délka vegetačního období je 159 dní. Průměrná teplota za vegetační období činí 13,7°, úhrn srážek je 372 mm. Větry vanou ponejvíce západní a severní, nejméně jsou zastoupeny jižní směry (Demek 1987, Zprávy KPP).

## **Hydrologická charakteristika**

Zájmové území náleží do povodí středního toku Labe. v přímé blízkosti zájmového pozemku protéká Pšovka. Vodní režim na spraši je poměrně příznivý. Půdy mají dobrou vodopropustnost, dobře poutají vláhu, kapilární zdvih vláhy umožňuje stejnoměrné zásobování rostlin během vegetačního období. Půdy vytvořené na pískovcích jsou dokonale propustné pro vodu, která tak rychle zasakuje do hloubky. Vzlínavost a vododržnost je malá a půdy jsou náchylné k přesýchání (Zprávy KPP).

## **Pedogeografická charakteristika**

Podle Geografie půd ČSR řadíme oblast do regionální struktury pokryvu černozemí, hnědozemí a ilimerizovaných půd oblastí eolických sedimentů (spraši a prachovic), konkrétněji do pedoasociace kombinovaných půd s vůdčími hnědozeměmi (Němeček, Tomášek 1983).

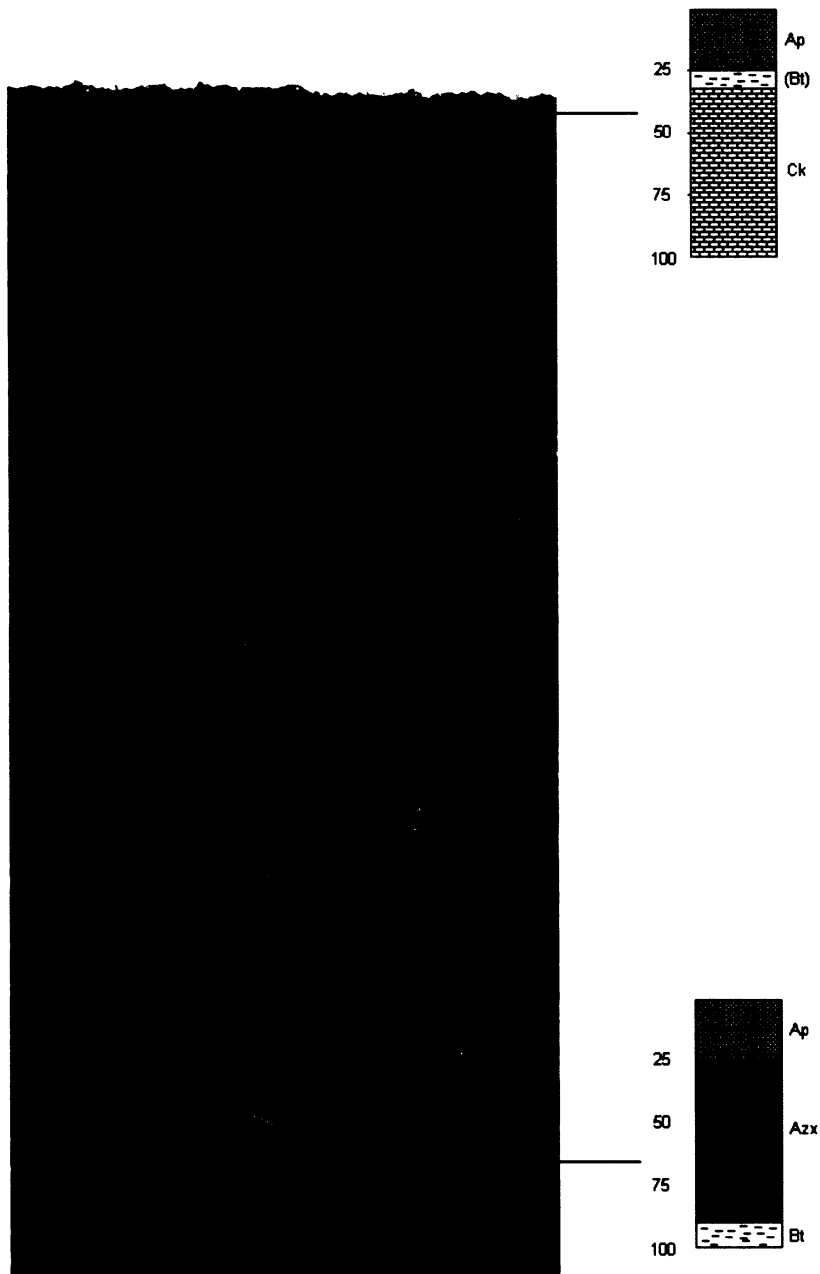
Vlivem relativně vyšších atmosférických srážek se projevuje intenzivnější proplachování do spodiny. Na spraších v rovinném terénu se vyskytují šedozemě a hnědozemě. Na svažitéch polohách dochází k intenzivnímu smyvu svrchních horizontů a k degradaci profilu. Všechny půdy jsou středně těžkého zrnitostního složení. Pouze na rozpadech vápnitých a nevápnitých pískovců se vytvořily lehčí půdy s vysokou propustností a provzdušněním. Území trpí nedostatkem spodních vod, takže je veškerá vegetace závislá na srážkové vodě (Zprávy KPP).

## **Biogeografická charakteristika**

Původním společenstvem byla na většině území černýšová dubohabřina s dominantním dubem zimním a habrem, s častou příměsí lípy a dubu letního. Vyskytuje se ve výškách 250-450 m n.m. a představuje klimaxovou vegetaci plenárního až suprakolinního stupně. Osidluje různé tvary reliéfu (nížinné roviny, různě orientované svahy i mírné terénní deprese). V současné době jsou tyto porosty plošně velmi omezené, odlesnění je postihlo již v neolitu. Velká část plochy je využívána zemědělsky pro pěstování náročných druhů obilnin a cukrovky, částečně jako řepková pole. Náhradními společenstvy jsou i nevhodné smrkové monokultury (Neuhauslová a kol. 2001).



### 4.3.2. Lokalita Bosyně



Obr. 38 Zájmový pozemek v lokalitě Bosyně s naznačenými půdními profily v odběrových místech



Mapa 23 Mapa využití půdy v lokalitě Bosyně (zájmový pozemek Babí rokle) (podklad SMO 1:5000, ortfoto)



## **Fyzickogeografická charakteristika**

### Geomorfologické poměry

Širší zájmové území je charakterizováno členitým terénem s plošinami. Průměrná nadmořská výška je 300 m (nejvyšší kóta je 320 m na severozápadě území, nejnižší bod 220 m n.m. je v jihovýchodní části u Kroužeckého mlýna). Hluboká terénní rýha prochází od sz k jv. Západní část území je rovinná. Severní část je tvořena svahy, které klínovitě zabíhají do oblasti Kokotína. Východní a jižní část území je charakterizována svažitým reliéfem s četnými terénními stupni, roklemi a stržemi, které jsou kryty menšími lesními celky. Vlivem svažitosti terénu zde došlo k narušení půdotvorného procesu vodní erozí (Demek 1987, Zpráva KPP 1956).

Zájmový pozemek je součástí větší plochy kontinuální orné půdy v blízkosti obce Vysoká. Pole přiléhá přímo k rozsáhlé soustavě strží a skalních výchozů nazvaných Babí rokly, které jsou kryty rozmanitou stromovou a keřovitou vegetací. Svah se táhne velmi mírným sklonem z nadm. výšky 306 m (lokality Na zdolínách) až k údolí Pšovky (230 m n.m.). jako ucelený erozní systém lze ovšem považovat pouze dolní část svahu od nadm. výšky cca 298 m, protože dolní část svahu je rozdělena na výběžkem lesa na dvě části, z nichž menší a mírně odkloněná sousedí s Babí roklí. Větší část materiálu je proto zřejmě z horní partie svahu odváděna přímo po spádnicích. Hranice zemědělské půdy je v nadm. výšce 260 m, odtud pokračuje příkrý svah s keřovitou vegetací až k údolí Pšovky. Sledovaná část svahu je dlouhá přibližně 600 m (298 m n.m. – 260 m). Svah je charakteristický tím, že ve své horní části dosahuje pouze velmi mírného sklonu (0,5-1°), který se směrem k úpatí neustále zvyšuje (až na 9°). Konkávní část svahu při úpatí je poměrně krátká a je ukončena výraznou hranicí ve formě terénního stupně oddělující pole od zalesněného příkrého svahu.

### Geologické poměry

Zájmové území leží v oblasti kvádrových pískovců překrytých sprašovými sedimenty v průběhu pleistocénu. Spraše se vyznačují vysokým obsahem prachových částic (47-54%). Z minerálních součástí převládá křemen a jiné horninotvorné nerosty. Obsah karbonátů je různý a jeho množství se během půdotvorného procesu změnilo. Došlo k postupnému vyplavování do spodních vrstev, kde se sráží ve formě pseudomycelií a kongrecí. V zájmové oblasti tvoří spraše mocné krátké závěje na svazích s východní inklinací. Severně od obce Vysoká vystupují na povrch nevápnité i vápnité pískovce. Dobře zvětrávají na velmi lehkou propustnou a minerálně chudou zvětralínu (Chlupáč 2002, Zpráva KPP 1956, Geologická mapa 1:200 000, 1963).

### Půdní typy nacházející se v zájmové lokalitě Babí rokly

V rámci komplexního průzkumu půd byly na zájmovém pozemku vyčleněny následující půdní typy.

V konvexní části svahu byla diagnostikována hnědozem smytá. Jedná se o velmi hlubokou, středně těžkou půdu. Humusový horizont je totožný s ornicí (0-0,25 m). Ornice je hnědošedé barvy, drobtovité struktury a hlinité textury. Ostře přechází do matečného substrátu, ektrým je karbonátová spraš. V celém půdním profilu jsou zastoupeny karbonáty, kterých s postupující hloubkou přibývá.

Hlavním půdním typem oblasti je hnědozem modální. Jedná se o velmi hlubokou půdu, v jejímž profilu dochází k posunu jílových zrn z humusového horizontu do spodiny a tím i k méně výraznému texturnímu rozčlenění profilu. Ornice je barvy hnědošedé nebo šedohnědé, drobtovité struktury a hlinité zrnitosti. Zřetelně přechází do horizontu obohaceného o koloidy, který má šedohnědou barvu a polyedrickou strukturu. Tento horizont přechází do iluviálního horizontu barvy rezivěhnědé s kostkovou strukturou. Přechodný horizont se vyskytuje v hloubce 0,7-1 m a přechází do vápnitého substrátu. V úpatních polohách jsou okrsky hnědozemí, kde došlo v půdním profilu ke zvětšení mocnosti humusového horizontu.

## **Odběr vzorků a jejich analýza**

### Sondy

První sonda byla lokalizována do konvexní části svahu v nadm.výšce 280 m, další vzorky byly odebrány na úpatí svahu, v přímé blízkosti hranice srázu. Půda v horních částech svahu je mírně vysvětlená, ovšem známky zamokření nejsou patrné v žádné části svahu.

- *Sonda č. 1*

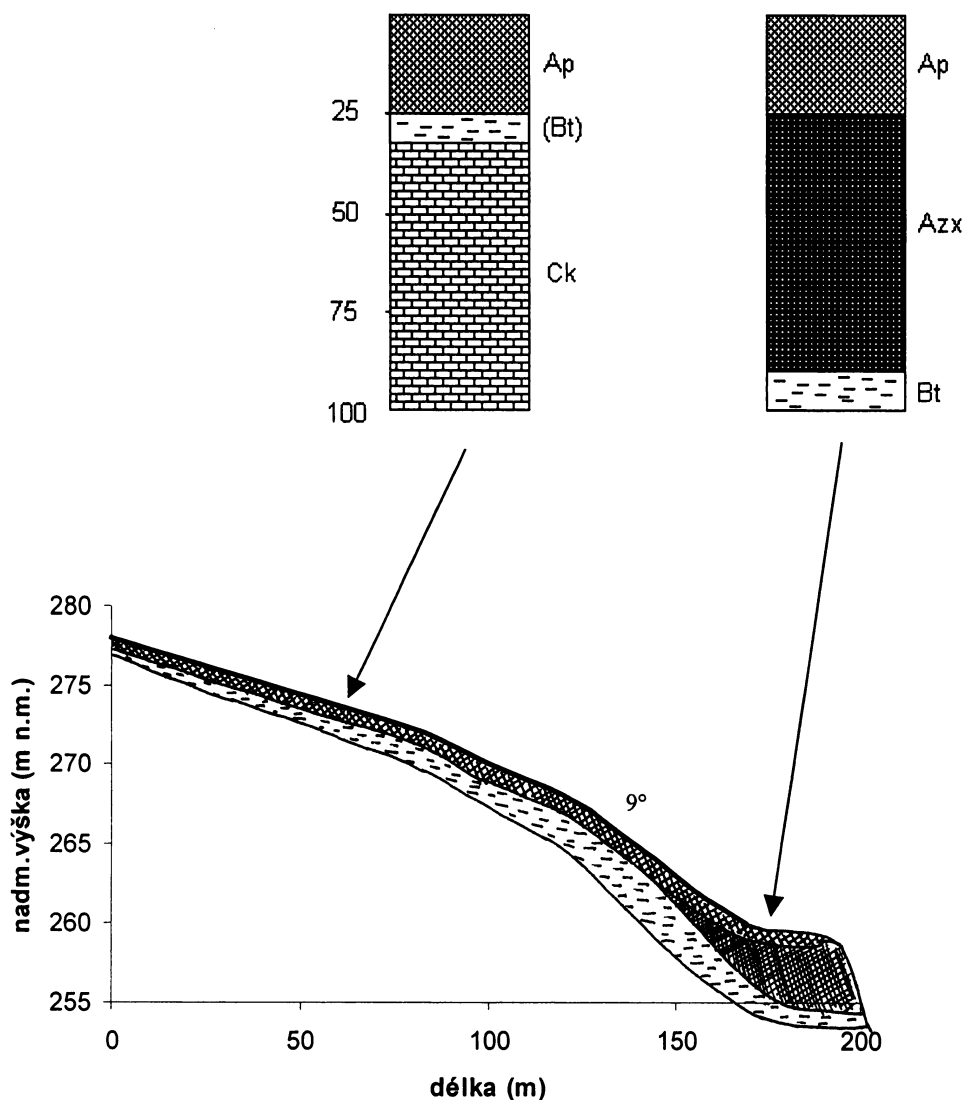
Sonda odebraná v konvexní části svahu. Horizont Ap (do 0,25 m) je struktury drobtovité, drobné konzistence. Textura se makroskopicky jeví jako hlinitá. Pod humusovým horizontem pokračuje úzkým pruhem nepříliš dobře vyvinutý hnědý Bt horizont polyedrické struktury s povlaky jílu bez viditelného posunu zrnitostního složení. Reakce s HCl pro určení přítomnosti karbonátů byla ohodnocena stupněm 1-2. Tento horizont přechází v 0,35 m poměrně ostře do půdotvorného substrátu s lehčí zrnitostí a vyšším obsahem karbonátů než v případě nad ním ležících horizontů (bouřlivá reakce s kyselinou).

- *Sonda č. 2*

Pro porovnání se vzorky z horní části svahu byly odebrány vzorky z úpatí v místě předpokládané nejintenzivnější akumulace půdního materiálu (před výrazným terénním předělem v mírné depresi). Horizont Ap je struktury drobtovité, zrnitost je dle makroskopického pozorování podobně jako v první sondě hlinitá. Horizont je bez karbonátů. Pod orníčním horizontem následuje mocná vrstva akumulovaného materiálu v souvislém

humusovém horizontu, který lze bezpečně identifikovat jako koluviální horizont Azx. Horizont má v celé své mocnosti v podstatě neměnné půdní znaky (drobtovitá struktura, hlinitá zrnitost), výrazným znakem je potom vrstevnatost profilu (postupné ukládání humózního materiálu). Horizont nevykazuje známky přítomnosti karbonátů. V hloubce 0,9 m akumulovaný horizont naléhá na přechodný horizont polyedrické struktury, který přechází do půdotvorného substrátu.

Obr. 39 Příčný profil pozemku Babí rokle a schéma odebraných půdních profilů



## Chemické a fyzikální vlastnosti půdy

Ze svahu bylo odebráno celkem pět půdních vzorků pro další laboratorní analýzu.

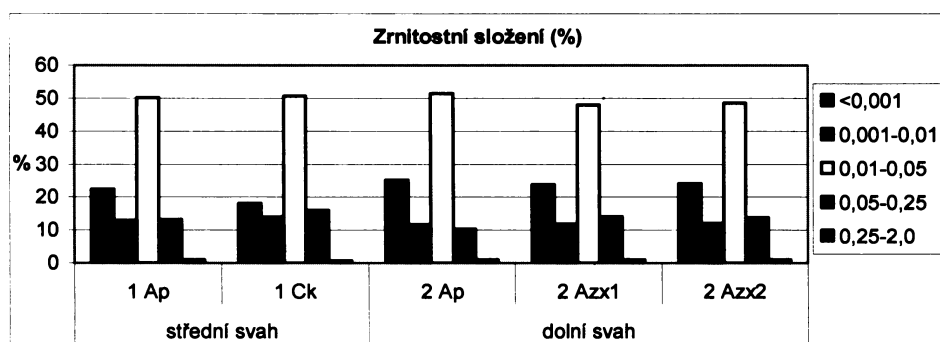
1. Orniční horizont Ap ze sondy č.1 ze střední části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
2. Horizont Ck ze sondy č. 1 ze střední části svahu v hloubce 0,35-0,4 m
3. Orniční horizont Ap ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m
4. Akumulovaný horizont Azx ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,4-0,5 m
5. Akumulovaný horizont Azx ze sondy č.2 z dolní části svahu v hloubce 0,6 m

### Zrnitostní složení

	<0,001 mm	< 0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05-0,25 mm	0,25-2,0 mm
<b>1 Ap</b>	22,5	35,5	50,2	13,3	1
<b>1 Ck</b>	18,3	32,4	50,7	16,1	0,8
<b>2 Ap</b>	25,3	37,1	51,4	10,5	1
<b>2 Azx<sub>1</sub></b>	23,9	36,8	48	14,2	1
<b>2 Azx<sub>2</sub></b>	24,3	36,4	48,6	13,9	1,1

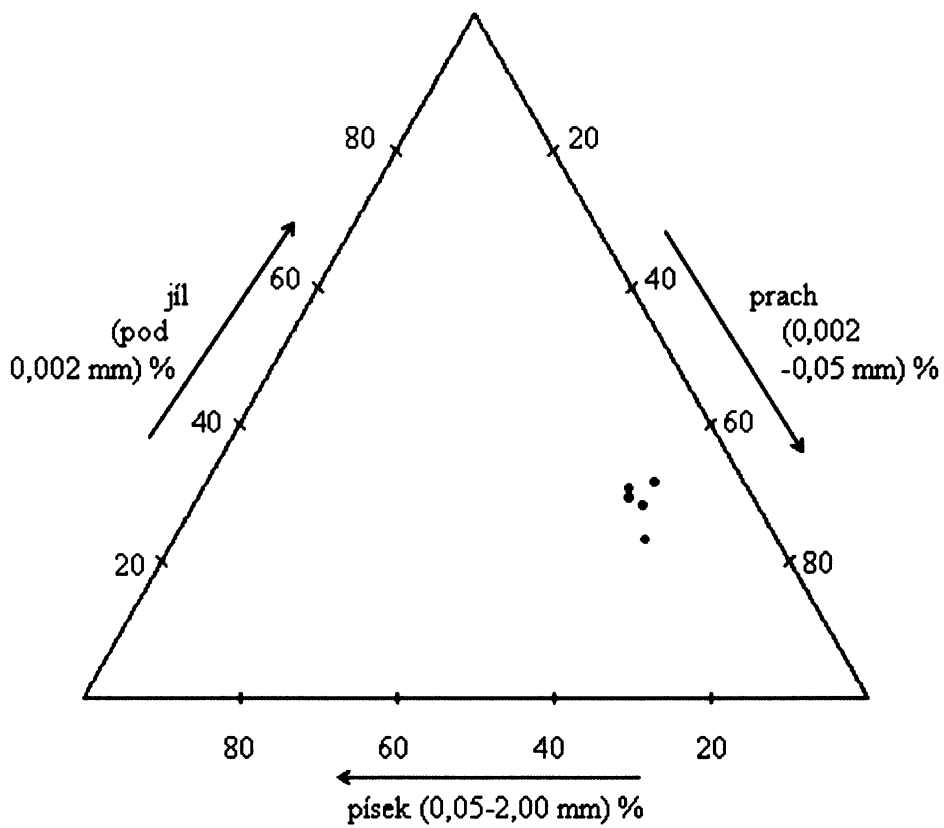
Tab. 17 Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech

Zrnitost půd v této lokalitě zcela odpovídá charakteru matečného substrátu, kterým jsou spraše. Půda je ve všech odebraných vzorcích textury hlinité a poskytuje tak zrnitostně velmi příznivé poměry. Mírně kolísá podíl jílové frakce, která má větší zastoupení v profilu v dolní části svahu, konkrétně v jeho orničním horizontu, pod 20ti procentní podíl se dostává pouze v horizontu Ck v sondě č.1. Podíl hrubého písku je minimální, největší zastoupení má prachová frakce. V akumulované části profilu sondy č. 2 se zrnitostní poměry s hloubkou prakticky nemění. Celkově tedy můžeme říci, že vývoj zrnitosti půdy v závislosti na poloze ve svahu není příliš výrazný, nastává pouze mírný posun (o 2-3%) ve prospěch nejjemnější zrnitostní frakce (graf 38).



Graf 38

Obr. 40 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd

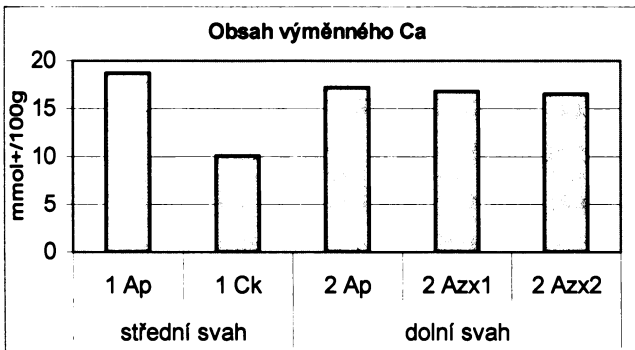


- 1A – Ap (0,1-0,15m)
- 1B – Ck (0,35-0,4m)
- 2A – Ap (0,1-0,15m)
- 2B – Azx (0,4-0,5m)
- 2C – Azx (0,6m)

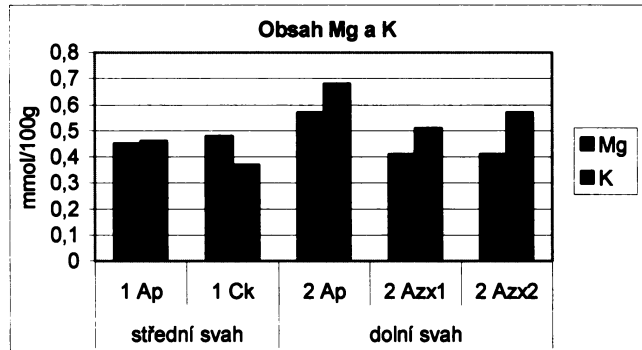
Obsah iontů a sorpční komplex

	vým. H <sup>+</sup>	vým. Ca	vým. Mg	vým. K	vým. Al
1 Ap	1,5	18,74	0,45	0,46	<0,01
1 Ck	<0,5	10,06	0,48	0,37	<0,01
2 Ap	<0,5	17,22	0,57	0,68	<0,01
2 Azx <sub>1</sub>	<0,5	16,85	0,41	0,51	<0,01
2 Azx <sub>2</sub>	<0,5	16,55	0,41	0,57	<0,01

Tab. 18 Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů



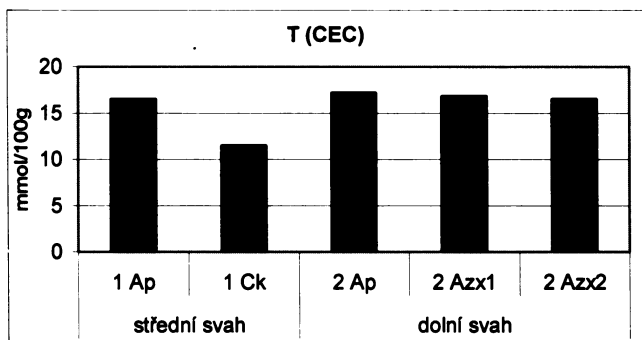
Graf 39



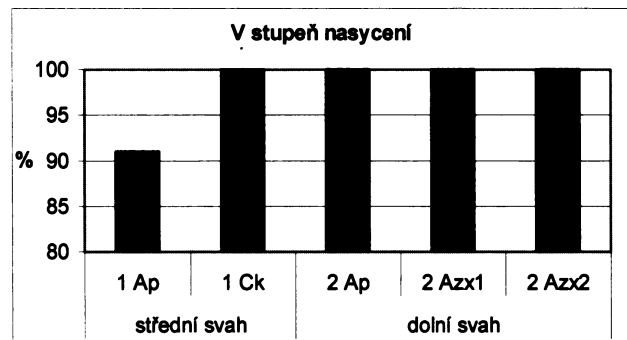
Graf 40

	T (CEC) (mmol/100g)	V (%)	pH vým.
1 Ap	16,5	91	7,16
1 Ck	11,5	100	7,36
2 Ap	17,2	100	7,05
2 Azx <sub>1</sub>	16,8	100	7,06
2 Azx <sub>2</sub>	16,5	100	7

Tab. 19 Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce

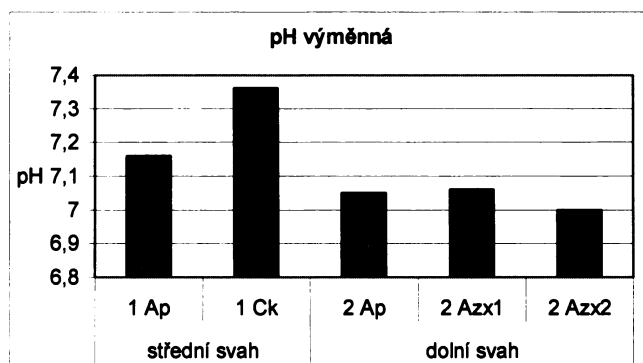


Graf 41



Graf 42





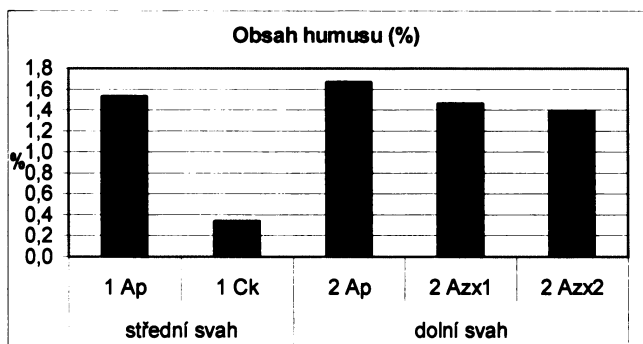
Graf 43

Chemické vlastnosti půdy opět odpovídají charakteru substrátu. Sorpční komplex je nasycen zejména vápníkem (graf 39), podíl hořčíku a draslíku je výrazně nižší (graf 40). V obsahu vápníku můžeme pozorovat mírný vývoj, nejvyšší výskyt je v orničním horizontu na středním svahu, v profilu z dolní partie svahu je vápník rozložen rovnoměrně. Naopak ionty přispívající ke kyselosti půdy se vyskytují pouze v nepatrných množstvích (hliník téměř není přítomen). Sorpční kapacita (graf 41) je ve všech vzorcích střední (pouze v horizontu 1 Ck je nízká, což souvisí s mírně lehčí zrnitostí). Sorpční komplex (graf 42) je v celém svahu plně nasycený (nejnižší hodnoty, odpovídající mírně zvýšenému podílu H<sup>+</sup> v sorpčním komplexu, se vyskytují v orničním horizontu ve střední části svahu). Výměnná půdní reakce je neutrální, pouze sprašový půdotvorný substrát Ck je alkalický (graf 43).

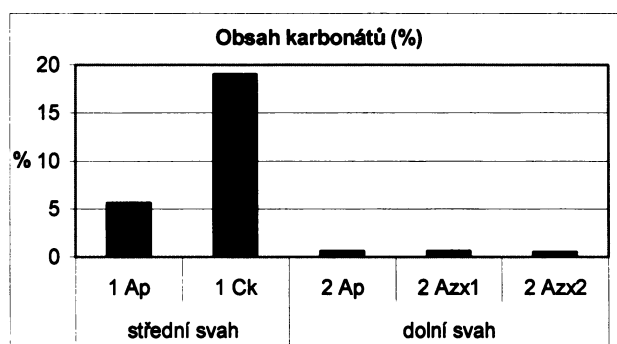
#### Obsah humusu a karbonátů

	Obsah humusu (%)	Obsah karbonátů (%)
<b>1 Ap</b>	1,53	5,6
<b>1 Ck</b>	0,34	19
<b>2 Ap</b>	1,67	0,6
<b>2 Azx<sub>1</sub></b>	1,46	0,6
<b>2 Azx<sub>2</sub></b>	1,39	0,5

Tab. 20 Obsah humusu a karbonátů v jednotlivých horizontech



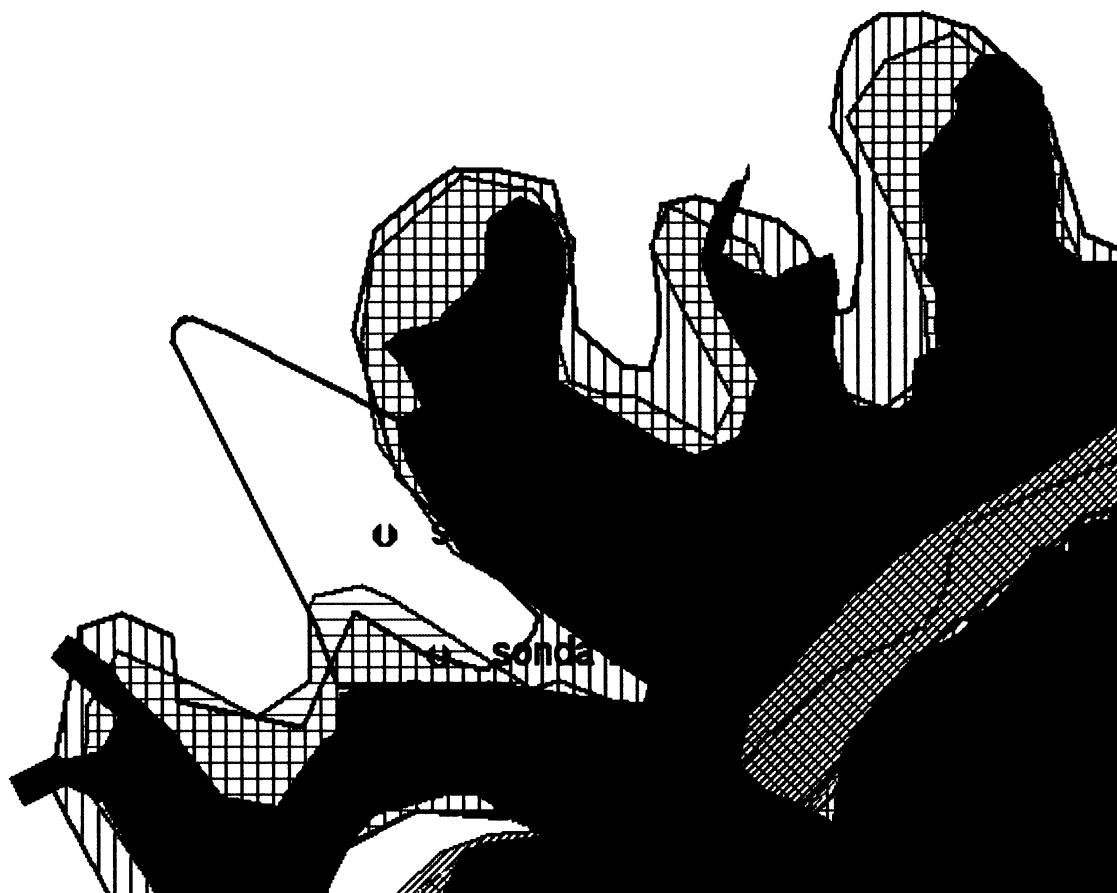
Graf 44



















Graf 45

Obsah humusu (graf 44) je v organominerálních horizontech nízký. Povšimněme si, že v dolní části klesá obsah humusu s hloubkou jen velmi pozvolna a i v hloubce pod 0,6 m dosahuje téměř stejné hodnoty jako v ornici. Tento jev svědčí o intenzivní akumulaci humózních materiálů na úpatí svahu. Karbonáty jsou ve větším množství obsaženy pouze ve střední části svahu (horizont Ap je v blízkém kontaktu se sprašovým substrátem), z profilu v dolní partii svahu jsou téměř vylouženy (graf 45).

## Historický vývoj způsobu využití pozemku v lokalitě Bosyně

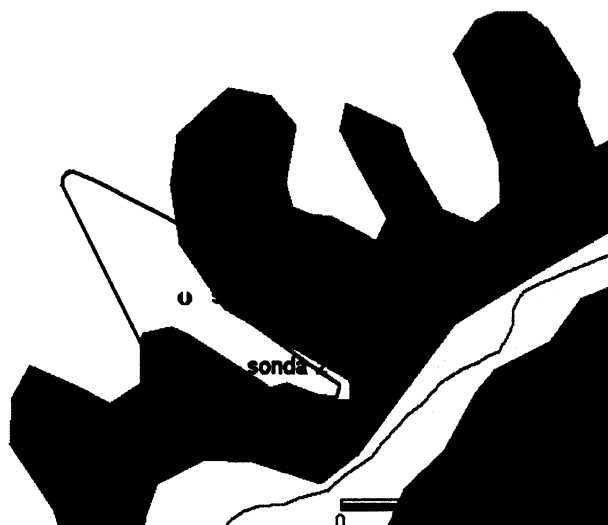


Mapa 24 Využití půdy podle map 1. a 2. vojenského mapování a Státní mapy odvozené 1:5 000

	sonda		trvalý travní porost (1.vojenské mapování)		vodní toky
	zájmová lokalita		trvalý travní porost (2.vojenské mapování)		rybníky
	lesy (1.vojenské mapování)		trvalý travní porost (3.vojenské mapování)		silnice (současný stav)
	lesy (2.vojenské mapování)		trvalý travní porost (současný stav)		sídla (současný stav)
	lesy (3.vojenské mapování)		orná půda (současný stav)		zahrady a sady (současný stav)
	lesy (současný stav)				



Mapa 25 Využití půdy (1.vojenské mapování)



Mapa 26 Využití půdy (2.vojenské mapování)

Mapa 3. vojenského mapování nebyla k dispozici

—	vodní toky	orná půda
—	silnice	lesy a rozptýlená zeleň
■	sídla	louky a pastviny
■	rybníky	zahrady a sady
⊙	půdní sondy	
□	zájmový pozemek	

Pozemek v lokalitě Bosyně byl kontinuálně obděláván bez větších zásahů do velikosti či tvaru pozemku. Vývoj je patrný pouze v dolní části, která byla dříve částečně kryta lesem. Ten se v současnosti omezuje pouze na prostor Babí rokle, která s pozemkem sousedí. Dlouhodobý nepřerušovaný erozně-akumulační proces spolu s nezpevněným charakterem substrátu a intenzivním obděláváním vytvořily vhodné podmínky pro vznik mocných poloh půdních sedimentů na úpatí. Akumulovaný horizont Azx dosahuje v dolní části svahu mocnosti 0,8m.

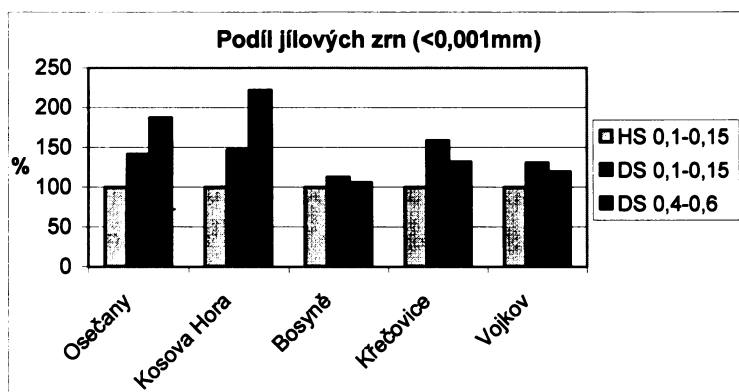
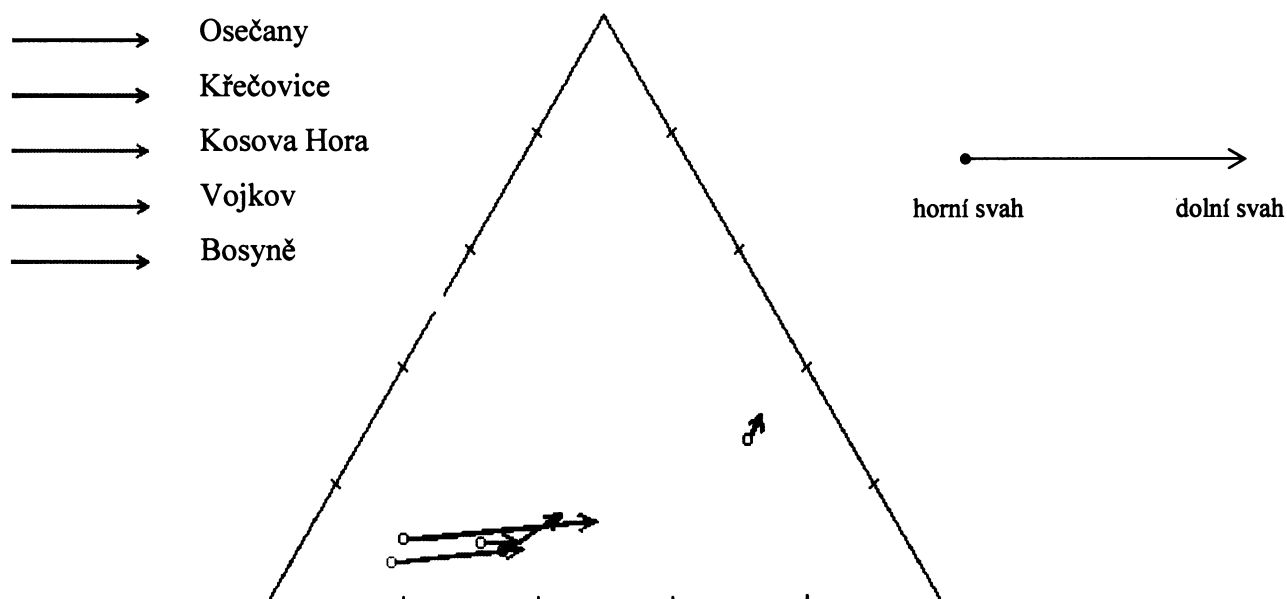
#### 4.4.

### Shrnutí výsledků terénního výzkumu

V této kapitole je podán stručný souhrn výsledků terénního průzkumu i laboratorní analýzy odebraných vzorků a jejich možná interpretace. V závěru je připojena i výpočet ztráty půdy vodní erozí pro každou lokalitu.

#### Zrnitostní složení

Obr. 41 Posun v zrnitostním složení mezi horní a dolní částí svahu (v hloubce 0,1-0,15m)



Graf 46

Zrnitostní složení je jednou z půdních charakteristik, která má ve všech lokalitách v podstatě shodný vývoj, který se liší v jednotlivých místech pouze svou intenzitou a drobnými

odchylkami. Půda odebraná v horní části svahu, kde vzhledem ke konvexní konfiguraci terénu působí vodní eroze nejvýrazněji, je ve všech případech ochuzená o nejjemnější zrnitostní frakce (jílovou, částečně i prachovou), které jsou naopak zastoupeny ve výraznějším množství v dolní části svahu. Zrnitost se mění na úpatí i v závislosti na hloubce profilu. Zatímco v lokalitách, kde jsou zaznamenány znaky hydromorfismu (Osečany, Kosova Hora), je podíl jílu výrazně vyšší než v orničním horizontu, za anhydromorfních podmínek se naopak jeho procento s hloubkou snižuje.

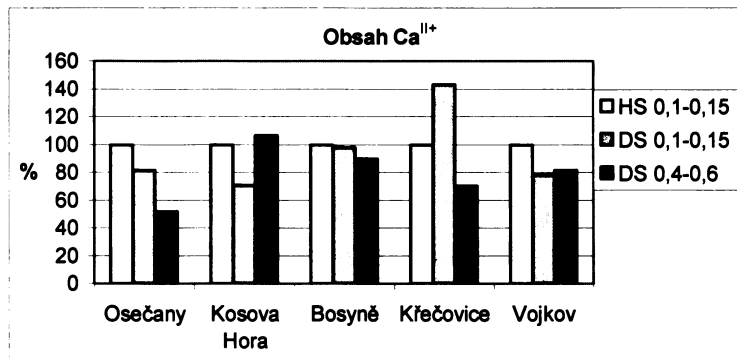
Chemické vlastnosti jsou závislé na širší škále faktorů a podmínek než zrnitostní složení. Mění se často i na základě jemných změn ve stanovištních poměrech a způsobu obdělávání. Proto i výsledky vyplývající z chemických analýz nejsou tak průkazné a jednotné jako v případě půdní textury a pro dosažení skutečně reprezentativních výsledků ve vývoji v jednotlivých charakteristikách by bylo zapotřebí odebrat a analyzovat o poznání větší množství vzorků. Dále je třeba uvědomit si skutečnost, že všechny odebrané vzorky se nacházejí na zemědělsky využívaných pozemcích a proto může být řada ukazatelů ovlivněna dodatečným antropogenním zásahem (vápnění, hnojení). I z takto omezeného výběru je však možné vypočítat řadu zajímavých fakt. Pro srovnání chemických vlastností jsem z každé lokality vybrala vždy orniční horizonty z horní a dolní části svahu v hloubce 0,1-0,15 m a vzorek horizontu z hloubky 0,4-0,6 m (jedná se o akumulovaný horizont, pouze v případě lokalit Kosova Hora a Osečany horizont kambický, protože v těchto profilech se koluviální horizont buď vůbec či v této hloubce nevyskytuje).

- V sorpčních vlastnostech jednotlivých horizontů byly zaznamenány četné výkyvy. Tyto charakteristiky jsou závislé na konkrétních stanovištních poměrech, a proto jsou citlivé i na drobnou změnu prostředí, např. na nerovnoměrné antropogenní ovlivnění ve formě přidávání jednotlivých látek do půdního profilu (hnojení, vápnění...), je nutno také poznamenat, že při tomto srovnání zohledňuji zejména orniční horizonty, kde musíme počítat s výrazným vlivem orby.

V obsahu jednotlivých výměnných iontů v sorpčním komplexu si (pokud pomine možnost analytické chyby, která je při takto jemných rozdílech možná, a vliv zcela specifických stanovištních podmínek jako je lokální zvýšení koncentrace daných prvků v důsledku lidského zásahu) je možné povšimnout si několika základních trendů:

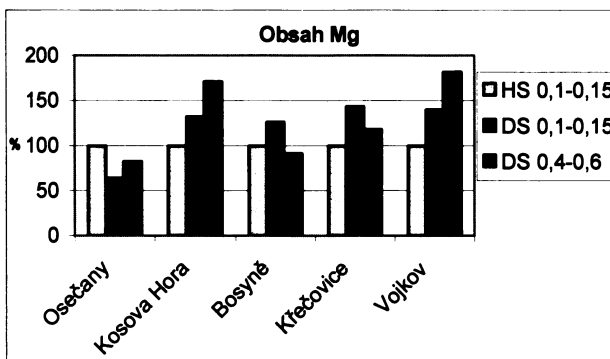
- Obsah výměnného  $\text{Ca}^{\text{II}+}$  (graf 47), který je hlavní součástí sorpčního komplexu, je až na jednu výjimku vždy vyšší v horní, erozně zasažené části svahu. Vysvětlení je možné hledat ve výstupu matečné horniny, bohatší na vápník, blíže k povrchu či dokonce v jejím částečném přiorání do orničního horizontu. Naopak akumulace jemnějšího odvápněného materiálu na úpatí svahu vede i k nižším hodnotám  $\text{Ca}^{\text{II}+}$  v sorpčním komplexu. Obsah vápníku v akumulovaném horizontu je kolísavý, ale ve většině případů je nižší než v nad ním ležícím horizontu či se udržuje na téměř stejné hodnotě. Výjimkou je lokalita Kosova Hora, kde si můžeme všimnout

signifikantního nárůstu vápníku směrem do hloubky, v tomto případě se ovšem nejedná o vzorek z akumulovaného, nýbrž kambického horizontu.

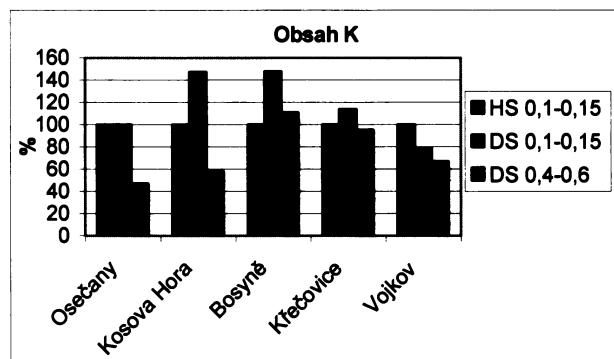


Graf 47

- V případě dalších sorpčních bází, Mg<sup>II+</sup> a K<sup>+</sup>, je posun značně různorodý, ve většině případů se ale jejich obsah směrem po svahu zvyšuje (grafy 48 a 49).

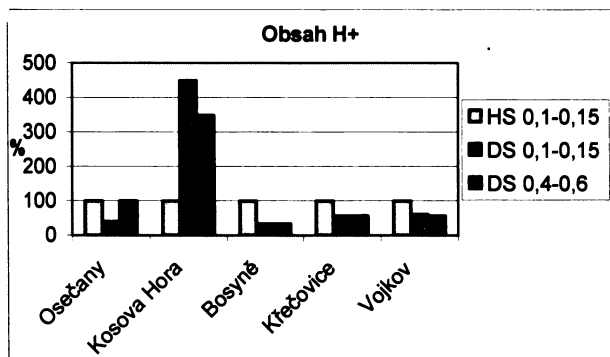


Graf 48

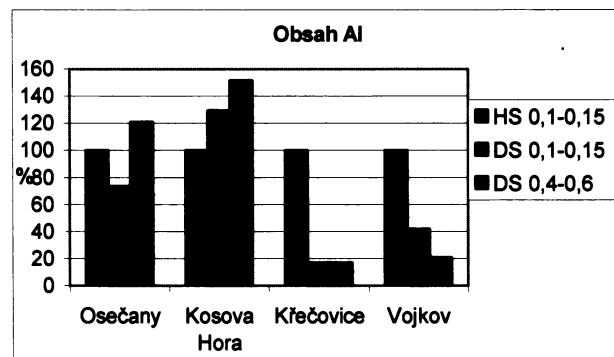


Graf 49

- Opačný trend nastává dle předpokladu u iontů H<sup>+</sup> a Al<sup>III+</sup>. Jejich podíl se směrem k úpatí ve většině případů snižuje a v sorpčním komplexu jsou nahrazovány bázemi. S tím souvisí i další půdní vlastnosti, zejména nasycení sorpčního komplexu a výměnná půdní reakce.

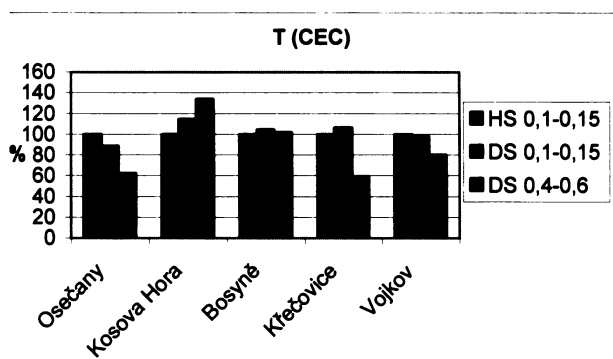


Graf 50

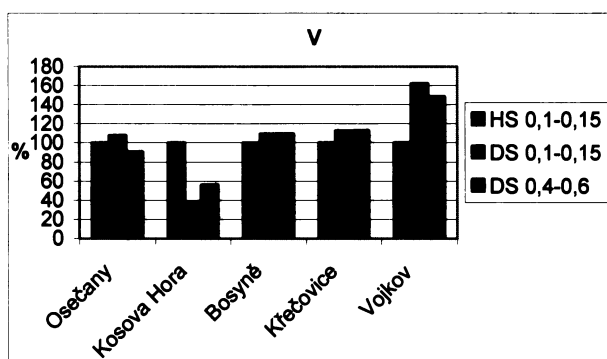


Graf 51

- Výměnná sorpční kapacita T (graf 52) je ve třech případech vyšší a ve dvou nižší na úpatí, pokaždé se ovšem hodnoty z horní a dolní části svahu neliší o více než 10%. Vzhledem k odlišným zrnitostním poměrům (v tomto případě je důležitý podíl jílové frakce), které výslednou hodnotu T značně ovlivňují jsem předpokládala výraznější nárůst sorpční kapacity u půd v dolní části svahu. S hloubkou sorpční kapacity většinou klesá (v lokalitě Křemelky roste díky výraznému zajilení profilu).
- Nasycení sorpčního komplexu (graf 53) obecně na dolním svahu roste, a to díky menšímu podílu H a Al v sorpčním komplexu. Opět se ovšem nejedná o velké rozdíly. Hodnoty v hloubce 0,4-0,6 m téměř kopírují výsledky z orničního horizontu.



Graf 52

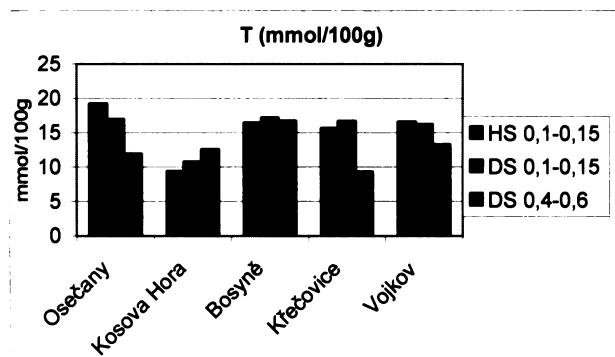


Graf 53

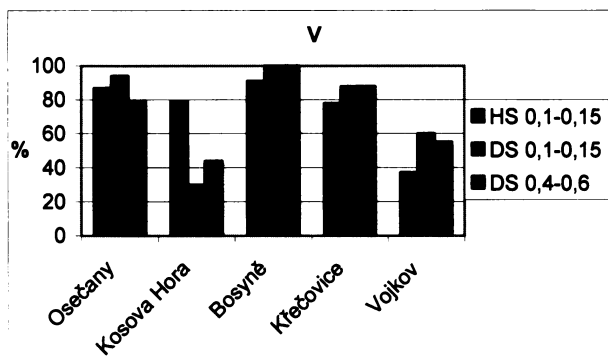
V případě těchto sorpčních charakteristik pozorujeme mezi jednotlivými lokalitami značné rozdíly. Proto je vhodné na tomto místě uvést tyto vlastnosti i v absolutních hodnotách.

- Výměnná sorpční kapacita (graf 54) se ve sledovaných lokalitách pohybuje od nízké po střední, nevybočuje ani lokalita Bosyně s výrazně větším podílem koloidního jílu. Nejnepříznivější sorpční vlastnosti mají lokality budované na kyselých, minerálně chudých granitoidech.
- Výměnná půdní reakce (graf 56) je do značné míry dána charakterem horniny a souvisí úzce i se sorpčními vlastnostmi. Nejnížší pH mají půdy na kyselých horninách, naopak slabě kyselé až neutrální jsou půdy na neutrálních granodioritech, neutrální na spraši. V rámci svahu se pH většinou zvyšuje směrem k úpatí, ale v případě, že se zásaditější substrát dostane do blízkosti ornice je tomu naopak (Babí rokle).

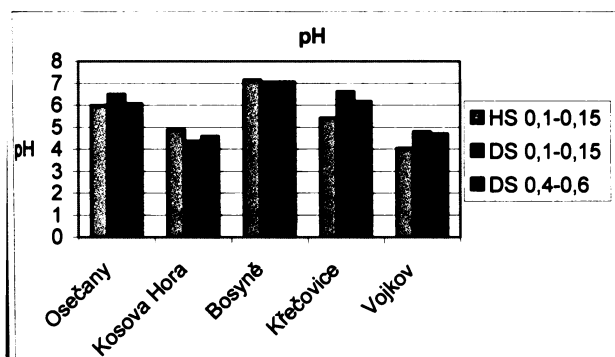




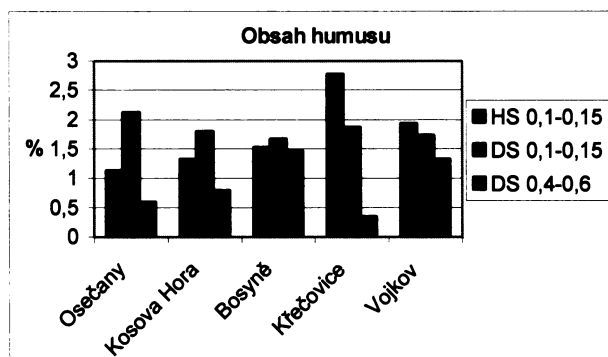
Graf 54



Graf 55



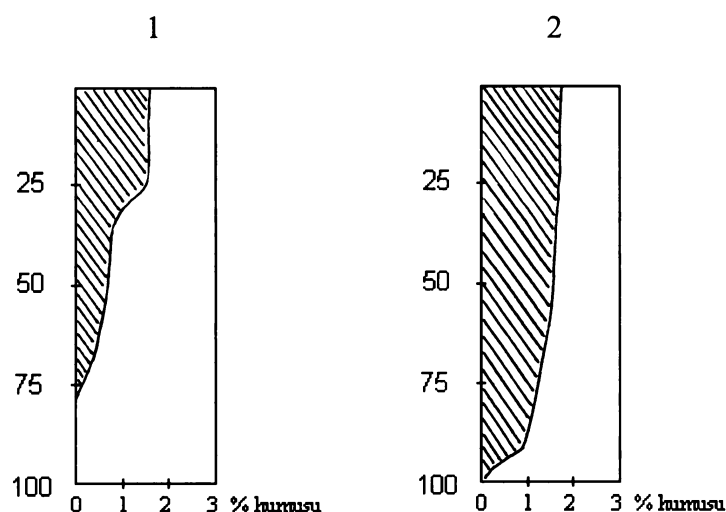
Graf 56



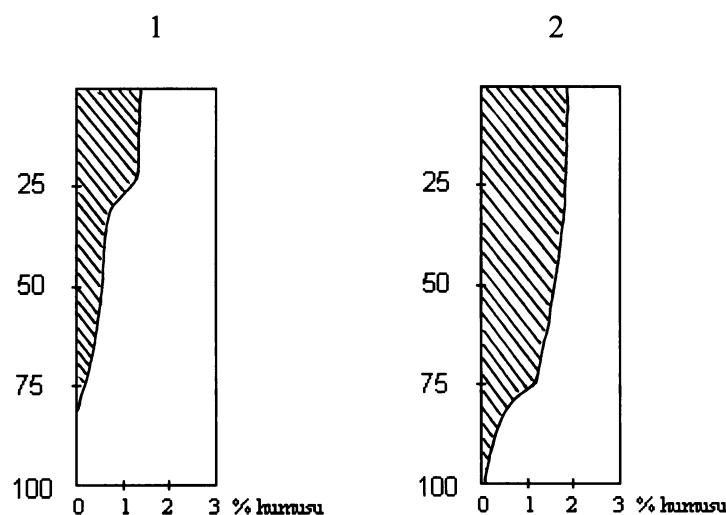
Graf 57

- Obsah humusu (graf 57) je důležitým ukazatelem při charakterizaci koluviálních horizontů. V ideálním případě by měl obsah organických látek klesat v koluvizemi směrem do hloubky jen velmi pozvolna. To platí v případě dvou lokalit (Bosyně a Vojkov), kde je obsah humusu v 0,5 m srovnatelný s obsahem v ornici. V případě lokalit Osečany a Kosova Hora odpovídá poloha v 0,5 m nikoliv akumulaci humózního materiálu, ale kambického horizontu, kde je obsah humusu logicky o poznání nižší. Překvapující je tento ukazatel pouze v případě lokality Křečovice, kde se v hloubce 0,4-0,6 m prokazatelně nachází akumulovaný horizont. Obsah humusu v tomto horizontu je však velmi nízký. V tomto případě se může jednat o odlišný charakter eroze, kdy je vzhledem k její značné intenzitě a mělkosti profilu v horní části svahu odnášen i materiál z minerálních horizontů a substrátu. Tomu odpovídá i snížený obsah humusu v ornici na úpatí.
- Pokud se zaměříme na srovnání obsahu organických látek v ornici v rámci svahu, pak ve většině případů roste podíl humusu na úpatí. Tento fakt odpovídá obecnému názoru o vymývání organických látek při půdní erozi a jejich transportu po svahu. Odlišné jsou opět výsledky v lokalitě Křečovice, kde je trend opačný.

Pro úplnost uvádím i schéma rozložení humusu v modelovém profilu na spraši a granitoidní hornině.



1. rozložení humusu v profilu hnědozemě na spraši ve střední části svahu se sledem horizontů Ap-Bt-Ck
2. rozložení humusu v profilu koluvizemě na spraši v dolní části svahu se sledem horizontů Ap-Azx-B/C

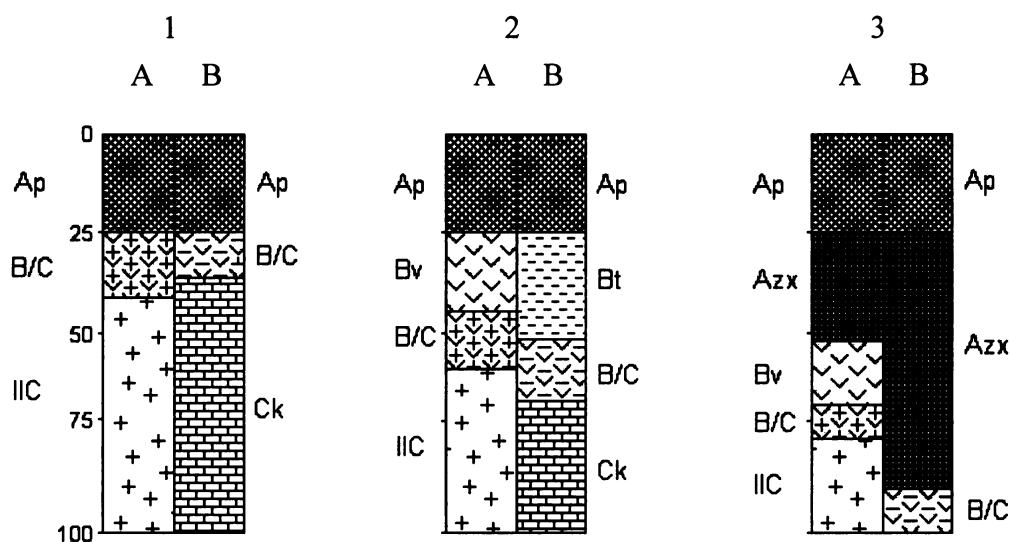


3. rozložení humusu v profilu kambizemě na granitoidu ve střední části svahu se sledem horizontů Ap-Bv-IIC
4. rozložení humusu v profilu koluvizemě (kambizemě koluviované) na granitoidu v dolní části svahu se sledem horizontů Ap-Azx-B/C-IIC

Obr. 42      *Obsah humusu (%) v modelových půdních profilech*

## Modelový transekt půdních profilů

Na následujícím schématu je zobrazen modelový sled profilů v horní konvexní, střední přímé a dolní konkávní části svahu. Nákresy jsou pouze zjednodušenou ukázkou toho, jak by mohl vypadat vývoj ve stratigrafii půdního profilu v závislosti na poloze půdy ve svahu a svahových procesech eroze–transport–akumulace. Ve schématu nejsou zohledněny specifické lokální procesy, které mohou působit na úpatí, například oglejení či glejové procesy. Ty jsou vzhledem ke konkávní poloze, potažmo blízkosti říční nivy, možné. Profily jsou rozděleny vždy na dvě části podle typu podloží, které je při stejném sklonu (8%), délce svahu (200 m), nadmořské výšce (400 m n.m.) a srážkách určujícím faktorem pro intenzitu koluviačního procesu a pro vlastnosti jednotlivých horizontů. Jako první matečnou horninu (A) uvažujeme rozpad kyselé až neutrální vyvěřeliny (granodiorit, syenit, žula) či metamorfitu (rula), druhým substrátem (B) je hornina bohatá na karbonáty s menší geomorfologickou hodnotou (spraš, sprašová hlína).



Obr. 43 Schéma modelových půdních profilů v různých částech svahu  
(1 – horní část svahu; 2 – střední část svahu; 3 – úpatí)

1A Orniční horizont Ap (do 0,25 m) se vyznačuje štěrkovitostí 10-15%. Zrnitostní složení je hlinitopísčité (podíl hrubého písku je přes 50%), horizont je ochuzen o jemné částice (jílové a prachové). Horizont může obsahovat i hrubší částice z přioraného horninového podkladu. Barva horizontu je 10YR 4/3, struktura většinou hůře vyvinutá drobtovitá či mikrostruktura, konzistence je rozsypavá. Horizont je slabě nasycený až nasycený, sorpční kapacita nízká až střední. Výměnná půdní reakce, závislá do značné míry na charakteru matečné horniny, je slabě kyselá až kyselá. Obsah humusu je nízký s nepříznivým složením.

Pod orníčním horizontem leží nepříliš mocný přechodný horizont B/C, který může v případě intenzivní eroze a ochuzování profilu i chybět. Horizont má nahnědlou barvu svědčící o procesech vnitropůdního zvětrávání. Zrnitostně je hlinitopísčité až písčité s příměsí částic skalního podkladu. Sorpční vlastnosti jsou méně příznivé než u nad ním ležícího horizontu. Na přechodný horizont navazuje skeletovitý rozpad matečné horniny světlejší barvy.

2A Horizont Ap (0-0,25 m) drobtovité struktury a hlinitopísčité až písčitohlinité zrnitosti je barvy 10YR 4/3. Štěrkovitost dosahuje maximálně 10%. Sorpční komplex je nasycený, sorpční kapacita střední. Půdní reakce se pohybuje od slabě kyselé ke kyselé. Obsah humusu je podobný jako u výše položeného profilu.

Orníční horizont ostře přechází do polohy vnitropůdního zvětrávání o mocnosti 0,2-0,3 m. Horizont Bv má polyedrickou strukturu a výrazně hnědou barvu, kterou se odlišuje od světlejších spodních horizontů.

Pod kambickým horizontem se nachází přechodná poloha B/C s vyšším obsahem skeletu, která navazuje na půdotvorný substrát.

3A Horizont Ap (0-0,25 m) má drobtovitou strukturu, konzistence je soudržnější než v horních partiích svahu. Výrazný je posun v zrnitosti, která je písčitohlinitá s výrazně menším podílem hrubého písku. Štěrkovitost je minimální (maximálně dosahuje 5%). Struktura je drobtovitá, poměrně dobře vyvinutá. Sorpční vlastnosti jsou na úpatí příznivější, nasycenost sorpčního komplexu se pohybuje od slabě nasycené (v méně případech) po plně nasycené, sorpční kapacita roste (většinou střední hodnoty). Obsah humusu může být mírně vyšší než u předchozích profilů, stále se však pohybuje v nízkých, výjimečně středních hodnotách. Půdní reakce je slabě kyselé až neutrální.

Pod orníci se nachází humusový horizont mocný 0,2-0,3 m tmavší barvy (10 YR 4/4) tvořený materiálem střední zrnitosti (ale lehčího složení než nadložní horizont Ap, struktura je drobtovitá). Rozložení organických látek je nepravidelné. Horizont může jevit známky navrstvení (jednotlivé vrstvy odděleny ostrými přechody). Nasycení sorpčního komplexu je různorodé, většinou je slabě nasycený až nasycený (obecně nižší hodnoty než v ornici), sorpční kapacita je nízká až střední. Půdní reakce je slabě kyselé až neutrální. Horizont může být oglejený, což mění jeho fyzikální i chemické vlastnosti.

Pod horizontem Azx následuje horizont Bv polyedrické struktury a lehčího až středního zrnitostního složení, často se znaky hydromorfismu v podobě rezivých skvrn, v případě většího zamokření může přecházet až do mramorovaného horizontu Bm.

Mezi horizontem Bv a rozpadem horniny je přechodná poloha B/C malé mocnosti.

1B Orniční horizont do 0,25 m je drobtovitě struktury a písčitohlinité, ale spíše hlinité zrnitosti, největší zastoupení má prachová frakce (až 50%), hrubý písek není téměř zastoupen. Konzistence je rozsypavá. Sorpční vlastnosti jsou velmi příznivé, sorpční komplex je nasycen až plně nasycen, a to téměř výhradně výměnným vápníkem. Sorpční kapacita je střední, pH neutrální. Obsah karbonátu je nízký (cca 5%)

Pod ornici se nachází málo mocný přechodný horizont pod nímž následuje půdotvorný substrát se středním až vysokým obsahem karbonátů a neutrální až alkalickou půdní reakcí.

2B Horizont Ap má velmi podobný charakter jako v horní části svahu, posun v zrnitosti směrem k těžšímu složení je minimální. Horizont má nižší obsah karbonátů. Sorpční komplex je plně nasycený, půdní reakce neutrální.

Horizont přechází do 0,2-0,3 m mocného polyedrického luvického horizontu hnědé barvy, obohaceného jílem s povlaky argilanů. Sorpčně je nasycený, půdní reakce je neutrální. Obsah karbonátů je nízký.

Bt ostře přechází do půdotvorného substrátu (může se vyskytovat přechodný horizont malé mocnosti) s nízkým až středním obsahem karbonátů.

2C Orniční horizont Ap (0-0,25 m) je barvy 10 YR 4/3. Oproti vyšším partiím svahu má mírně zvýšený podíl jílu (pouze minimální rozdíl), zrnitostně je hlinitý. Struktura je drobtovitá, konzistence drobná. Horizont je sorpčně plně nasycený, půdní reakce je neutrální (v porovnání s horní svahem je mírně nižší), sorpční kapacita střední. Obsah humusu je nízký, karbonátů velmi nízký.

Ap přechází ostře do horizontu Azx mocného až 0,7 m. Horizont má i do stejné znaky i vlastnosti, ale uchovává si vrstevnatost, která je patrná dobře odlišitelnými přechody mezi jednotlivě uloženými polohami. Struktura je špatně vyvinutá, spíše drobtovitá, texturně je hlinitý (obsah jílu mírně klesá). Obsah humusu je nízký, ale do hloubky téměř neklesá, sorpční komplex je plně nasycený, půdní reakce se neliší od horizontu Ap. Obsah karbonátů je velmi nízký.

Horizont přechází v hloubce 0,8-0,9 m do půdotvorného substrátu.

## Určení ohroženosti pozemků vodní erozí (použití Wischmeierovy rovnice podle Janeček a kol. 2002)

Zatím nejdokonalejší kvantitativní vyjádření součinnosti hlavních erozních faktorů představuje tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků dle Wischmeiera a Smithe z roku 1978:

$$G = R.K.L.S.C.P,$$

Aplikací této rovnice je možné zjistit pouze dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy z pozemku vodní erozí (nelze použít pro kratší než roční období ani pro zjištění okamžitých ztrát po jedné dešťové epizodě nebo odtokem z tajícího sněhu).

Wischmeierovu rovnici budu aplikovat postupně na všech zájmových lokalitách s různými geologickými, půdními morfologickými i vegetačními poměry. Vzhledem k nedostupnosti některých dat nutných k výpočtu přesné hodnoty u určitých faktorů jsem byla nucena přistoupit k jisté generalizaci a použití průměrných či tabulkových hodnot a proto i výsledky jsou pouze přibližné.

### 1. Faktor erozní účinnosti dešťových srážek R

Ve výpočetních metodách se pro stanovení kinetické energie deště nejčastěji používá vztah  $E = (206 + 87 \log i) \cdot H$ , kde E je kinetická energie deště, i je intenzita deště a H úhrn deště. Faktor erozní účinnosti deště definoval Wischmeier a Smith vztahem:  $R = (E/100) \cdot i_{30}$ ,

kde R je faktor erozní účinnosti, E je celková kinetická energie deště a  $i_{30}$  je max.30 minutová intenzita deště, přičemž se neuvažují deště o vydatnosti do 12,5 mm, jejichž maximální intenzita nepřekročí 24 mm/h (předpokládá se, že při nich nedochází k odtoku vody po povrchu pozemku. Pro získání reprezentativních údajů o maximálních ročních hodnotách R pro jednotlivá místa je třeba zpracovat úplné dlouhodobé údaje (min.z 50 let). V současné době se zpracovává regionalizace R faktoru při území ČR na základě údajů ČHMÚ. Pokud nejsou tyto údaje k dispozici, lze pro území ČR počítat s průměrnou hodnotou  $R = 20$ .

### 2. Erodivatelnost půdy

Vlastnosti půdy do značné míry ovlivňují její infiltrační schopnost a odolnost povrchu proti rozrušujícímu účinku dešťových kapek a následnému transportu povrchovým odtokem. Pokud obsah částic velikosti 0,002-0,1 mm nepřesahuje v půdě 70%, lze určit K ze vztahu:

$$100K = 2,1M^{1,14}10^{-4}(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3),$$

kde M - ((% částic 0,002-0,1mm) x (100 - % jílu (do 0,002mm))), a - % OL, b - třída struktury ornice, c - třída propustnosti půdního profilu.

Hodnoty K lze též určit z nomogramu či map BPEJ (K podle druhého a třetího místa pětímístného kódu).

### 3. Morfologické poměry

Vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu vyjádřili Wischmeier a Smith topografickým faktorem LS, který představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku. Pro přímé svahy se hodnota LS počítá ze vztahu:

$$LS = l_d^{0,5} (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2)$$

kde  $l_d$  je nepřerušená délka svahu a  $s$  je sklon svahu.

Hodnoty lze určit i samostatně:  $L = (l_d / 22,13)^p$ , kde  $l_d$  je nepřerušená délka svahu a  $p$  exponent zahrnující vliv sklonu svahu. Faktor S lze určit ze vztahu

$s = (0,43 + 0,30s + 0,04s^2) / 6,613$ , kde  $s$  je sklon svahu. Při proměnlivém sklonu je nutno počítat i s hodnotou vlivu.

### 4. Ochranný vliv vegetace C

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době největšího výskytu přívalových dešťů (duben-říjen). Nejlepší protierozní ochranou jsou porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny, stejně jako sady a vinice chrání půdu proti erozi nedostatečně.

Stupeň ochranného účinku plodin rozdělili autoři na 5 období (o.podmítka a hrubé brázdy, o.od přípravy pozemku k setí do 1.měsíce po zasetí, o.do konce 2.období do 30.4., o.do konce 3.období do sklizně, o.strniště). Faktor C se dále koreluje podle faktoru R a celková roční hodnota C je sumou těchto korelací za 5 období. Pro určení dlouhodobé erozní ohroženosti je třeba zjistit C pro celý osevní postup.

### 5. Faktor protierozních opatření

Mezi protierozní opatření zahrnuje autor maximální délku pozemku po spádnici při konturovém obdělávání, maximální šířku a počet pásů při pásovém střídání (okopanin s víceletými pícninami a okopanin s ozimými obilovinami), hrázkování (přerušované brázdování podél vrstevnic) a terasování. Kategorie jsou dále rozděleny podle hodnoty sklonu svahu. Pokud nejsou dodrženy podmínky, které jsou vyznačeny pro maximální délku a počet pásů, nelze počítat s účinností příslušného opatření a hodnotu faktoru P stanovujeme na 1.

### Dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí

Po dosazení jednotlivých faktorů do univerzální rovnice určíme dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy vodní erozí pro vyšetřovaný pozemek v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  při uvažovaném způsobu využívání. K posouzení míry erozního ohrožení pak slouží princip přípustné ztráty půdy, která je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Při určování tohoto kritéria se uvažuje hloubka půdního profilu a dlouhodobá průměrná ztráta půdy.

U půd mělkých (hloubka profilu do 30cm) je tato hranice stanovena na  $1 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ , u středně hlubokých (30-60 cm)  $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  a u hlubokých (nad 60 cm)  $10 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ .

Pokud je tato mez překročena, je zřejmé, že způsob využívání pozemku není z hlediska ochrany půdy před erozí vhodný. Proto je nutné uplatnit některé z protierozních opatření uvedených ve faktoru účinnosti protierozních opatření. Po dosazení vhodného opatření zpět do rovnice se můžeme přesvědčit, zda se koeficient změnil natolik, že ztráta půdy klesá pod hodnotu přípustné ztráty půdy.

Dílčí hodnoty byly získány následovně:

- Pro faktor erozní účinnosti deště bylo počítáno s hodnotou  $R = 20$
- Faktor erodovatelnosti půdy byl vypočítán pro každé území z hodnot zjištěných laboratorní analýzou (podle vzorku z horizontu  $A_p$  v konvexní části svahu)
- Faktor morfologických poměrů byl vypočítán s použitím sklonů odečtených v terénu a délky svahu vypočítané z mapy 1: 5000
- Faktor ochranného vlivu vegetace byl vypočítán s pomocí tabulek (Janeček a kol. 2002)
- Faktor protierozních opatření byl ponechán na hodnotě  $P = 1$  (na žádném z pozemků nedochází k významnější aplikaci protierozních opatření)

LOKALITA	R	K	LS	C	P	G
<b>VOJKOV</b>	20	0,195	2,212	0,314	1	<b>2,709</b>
<b>KOSOVA HORA</b>	20	0,130	2,578	0,314	1	<b>2,105</b>
<b>OSEČANY</b>	20	0,163	2,951	0,307	1	<b>2,953</b>
<b>KŘEČOVICE</b>	20	0,269	2,687	0,307	1	<b>4,438</b>
<b>BOSYNĚ</b>	20	0,32	4,305	0,307	1	<b>8,459</b>

Tab. 21 Hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí pro jednotlivé lokality

Žádná z vypočtených hodnot nepřesahuje hodnotu přípustné ztráty  $10 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ .

Přesto vykazují hodnoty značné odchylky. Nejvýrazněji se odlišuje ztráta v lokalitě Bosyně. Poměrně vysoká hodnota je dána jednak zrnitostním složením půdy (vysoké procento prachových částic), jednak nejdelším nepřerušným svahem (600m). Takto vysokou hodnotu



ztráty lze v tomto případě předpokládat vzhledem k charakteru substrátu (spraš). Poměrně vysokou ztrátu vykazuje i pozemek V dolících v lokalitě Křečovice. Zde je tato hodnota dána zejména půdní texturou, protože hodnota LS se výrazněji neodlišuje od ostatních lokalit. Další tři pozemky s podobným zrnitostním složením půdy (lehká textura), podobnou délkou i sklonem svahu mají poměrně nízké hodnoty ztráty půdního materiálu. Na závěr lze poznamenat, že vypočtené hodnoty korelují s charakterem půdních profilů pozorovaných v konkávních částech svahu. V lokalitách, které vykazují vysoké hodnoty půdní ztráty byly zjištěny i mocnější akumulace půdních sedimentů.

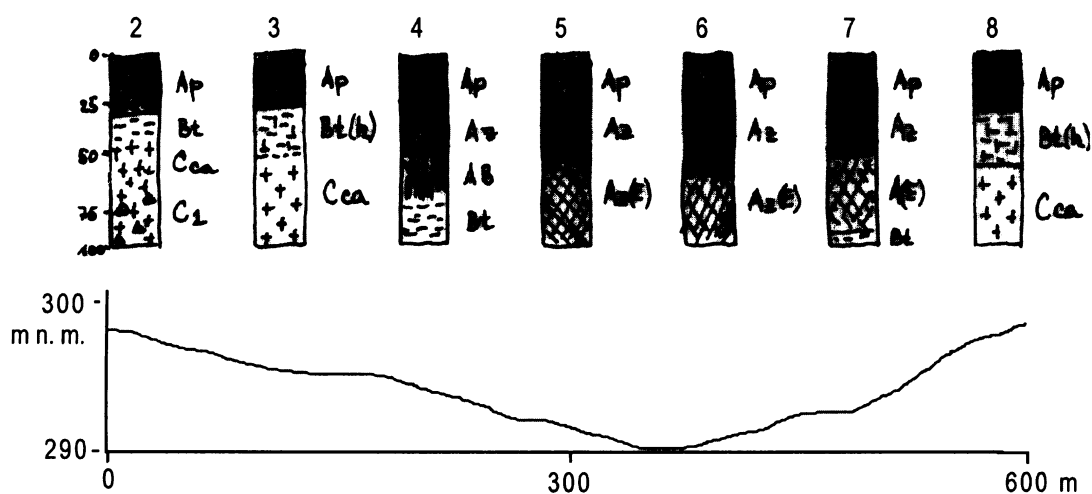
## 5. Diskuse

V závěrečné části práce se zaměřuji na porovnání výsledků půdního průzkumu z lokalit na Sedlčansku a Mělnicku s výsledky a závěry dalších výzkumných projektů zohledňujících téma půdní eroze a vzniku koluvizemí.

Za hlavní body považuji

- Fungování erozně akumulčních procesů na svahu a jejich vliv na vznik koluvizemí
- Změny v půdních vlastnostech v závislosti na pozici ve svahu (je možné je zobecnit či chápat pouze jako jevy závislé na místních podmínkách?)

Pedologický průzkum pozemků katastrálního území Ratboř (Šefrna, Engel 2004) byl prováděn v území budovaném karbonátovou spraší, tedy se substrátovými podmínkami srovnatelnými s lokalitou č.5 (Babí rokle na Mělnicku). Převážná část pozemku je kryta hnědozemí (ty jsou typické zejména pro rozvodní plošinu s převážně konvexními tvary mírných svahů). V konvexních částech se uplatňuje vodní eroze, která vede ke snižování mocnosti humusového horizontu (tomu odpovídá i barva 10YR3/3 – 10YR4/3 a zejména hloubka karbonátové spraše). V depresních polohách byly nalezeny až 1 m hluboké humusové horizonty s určitou diferenciací subhorizontů s tmavším podorničím. U některých z těchto nejlépe vyvinutých půd byly diagnostikovány iluviální jílové horizonty Bth (jeden ze znaků šedozemí). Chybí zde však výrazněji vyvinutý eluviovaný horizont E (AE). Barva akumulovaných horizontů svědčí o typologickém postavení blíže černickému horizontu.

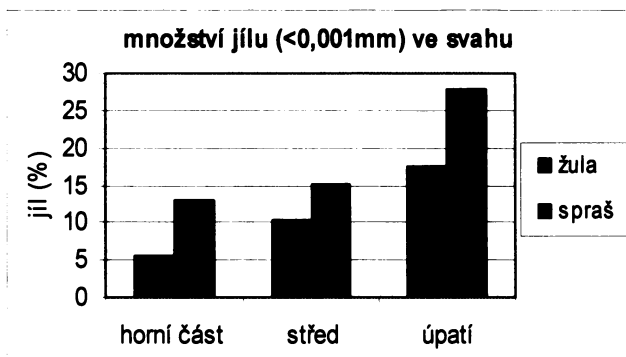


Obr. 44 Transekt půdních profilů k.ú.Ratboř (Šefrna, Engel 2004)

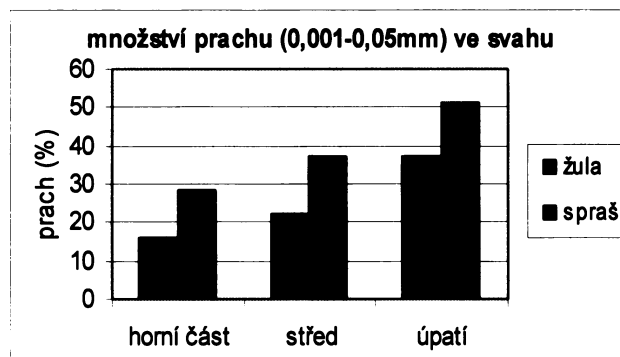
Při terénního průzkumu v lokalitě Bosyně v oblasti kokořínských karbonátových spraší bylo dosaženo podobných výsledků jako ve výše uvedeném případě. V depresních polohách byl popisován půdní profil blízký se svou morfologií (tmavý humusový horizont mocný 0,9 m

přecházející do luvického horizontu Bt) spíše degradovaným formám černozemí. Složitější je situace v případě lokalit ve středočeské oblasti budované převážně odolnými horninami. Ačkoliv se ve všech případech jednalo o svahy s poměrně velkým sklonem, které jsou dlouhodobě obdělávané, u některých z nich nebyl kumulovaný koluviální horizont vůbec diagnostikován (u půd s výraznými znaky redoximorfními až redukčními znaky, které v profilu stírají znaky akumulace), u dalších byla jeho mocnost výrazně nižší než v případě sprašových substrátů. Zcela opačná situace ovšem panuje v lokalitě Křečovice, kde byl popsán koluviální horizont mocnosti srovnatelné se sprašovými oblastmi. Zde můžeme rozdíly v intenzitě akumulace materiálu uspokojivě vysvětlit rozdílnými vlastnostmi půdotvorného materiálu či ještě spíše rozdílnými texturními charakteristikami půd z tohoto substrátu odvozenými. Jak vyplývá např. z Univerzální rovnice ztráty půdy, největší náchylnost k erozi projevují půdy s vysokým obsahem prachovitých částic (což beze zbytku splňují půdy vzniklé na spraši). Naopak půdy na zrnitostně hrubších materiálech (zvětraliny granitoidů) s vyšším podílem hrubého písku podléhají erozi poněkud méně, protože vodní erozí jsou selektivně odnášeny jemnější částice (Janeček a kol. 2002). Vliv textury pak zřejmě spolupůsobí i v případě lokality Křečovice, kde se ze zkoumaných pozemků budovaných odolnými horninami vyskytuje v půdě vůbec nejvyšší procento prachu a práškového písku.

Dalším jevem provázejícím půdní erozi a akumulaci je změna půdních vlastností (fyzikálních i chemických) v různých částech svahu. Z výsledků průzkumu v lokalitách na Sedlčansku a Mělnicku byl zjištěn jasný trend v zrnitostním složení. Ze všech vzorků je při postupu od vrcholové partie svahu k úpatí patrný posun zrnitosti humózních horizontů směrem k jemnozrnější textuře. Tento posun je výraznější v případě půd, jejichž výchozí textura je lehčího charakteru (např. na granitických horninách posun od hlinitopísčité půdy v konvexní části svahu k písčitohlinité na úpatí), naopak u půd středně těžkých s vysokým podílem prachu je rozdíl méně patrný. Akumulovaný humózní horizont má ve většině případů mírně lehčí zrnitost než ornice na úpatí, která je dotována sneseným jemnozrným materiálem, ale těžší než erodovaná ornice v horní části svahu. Ve výzkumném projektu Harmonizace povodí Kocáby (Bičík, Šefrna 1997), kde byl sledován vývoj půdní katény jak na granitoidech, tak na spraši, bylo dosaženo obdobných výsledků. Zatímco v horních partiích svahu je poměrně malý podíl jemných částic, postupným posunem sedimentů po svahu dochází k rozvolňování hrubších částic. Proto i půdy v konkávních částech obsahují větší podíl jílových (pod 0,001 mm) a prachových částic (0,001-0,05 mm). Tím se v zrnitostním složení posouvají od půd písčitých k hlinitopísčítým, v případě půd na spraši až k hlinitým půdám (graf 58-59). Pro upřesnění ještě uvádím, že kromě rozvolňování hrubozrných částic při transportu je těžší zrnitost dána i selektivním charakterem vodní eroze, která přednostně odnáší dobře uvolnitelná prachová zrna (Janeček a kol. 2002).

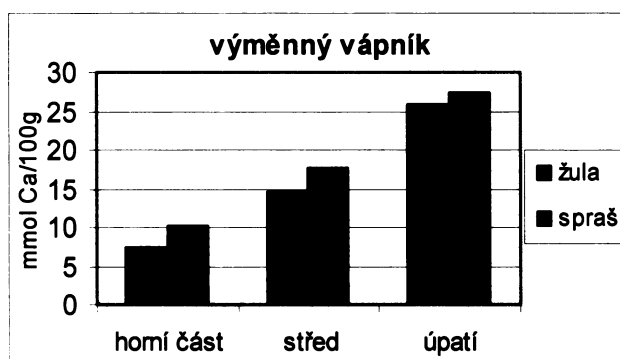


Graf 58

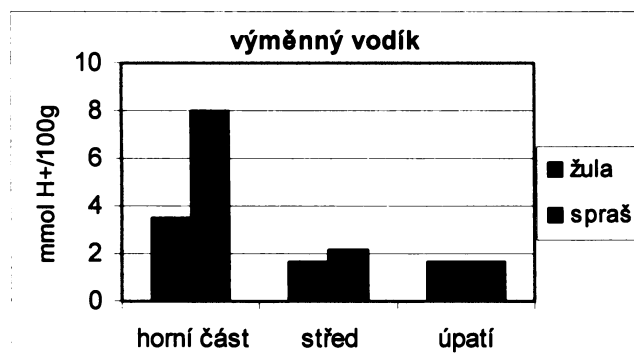


Graf 59

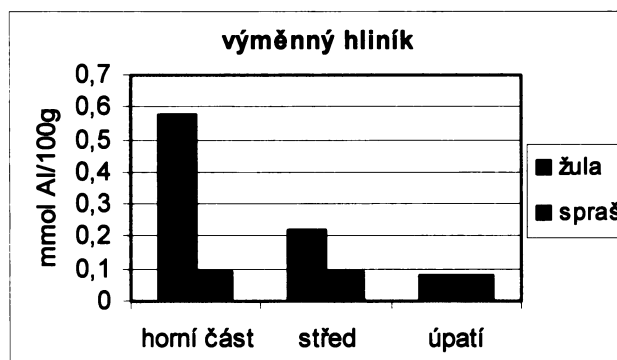
V případě chemických vlastností jsou výsledky méně jednoznačné. V tomto případě musíme brát v potaz zejména dlouhodobé antropogenní ovlivnění pozemků včetně introdukce různých chemických látek (hnojení, vápnění...). Obecně se předpokládá, že na úpatí se oproti hornímu erodovanému hornímu svahu hromadí ve zvýšené míře organické látky, bazické kationty a koloidní částice (Němeček, Smolíková, Kutílek 1991). Podle Janečka (2002) dochází erozí k selektivnímu vymývání organických látek a bazických prvků. Výzkum z povodí Kocáby toto tvrzení svými výsledky podporuje. V případě potenciální sorpční kapacity (graf 63) byl zjištěno díky vyššímu podílu jemných částic v půdě na všech substrátech zvýšení v dolní části svahu. Ve všech případech došlo též ke zvýšení hodnot nasycení sorpčního komplexu (graf 64) vlivem nahrazování výměnného vodíku a hliníku bazickými kationty, zejména vápníkem (graf 60-62).



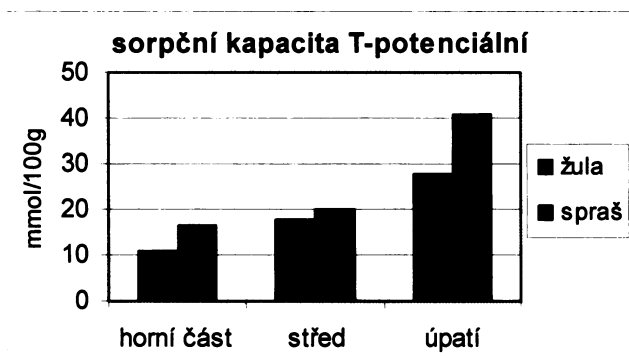
Graf 60



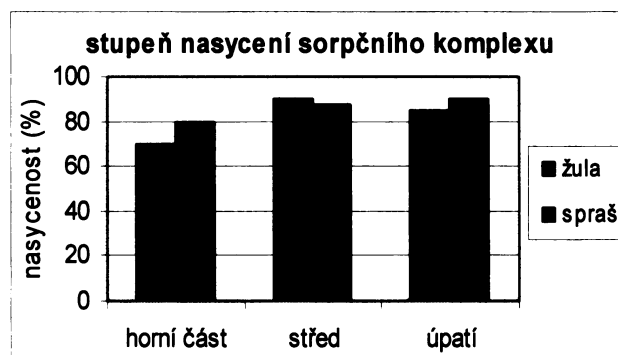
Graf 61



Graf 62

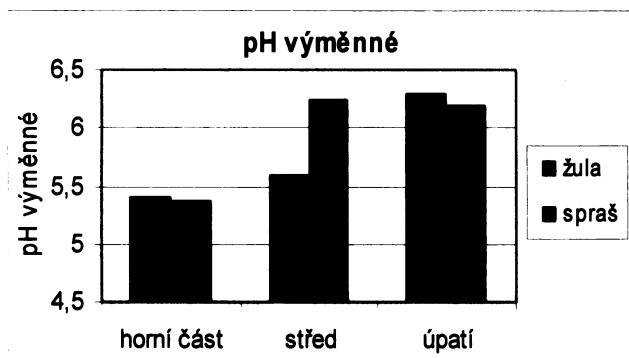


Graf 63

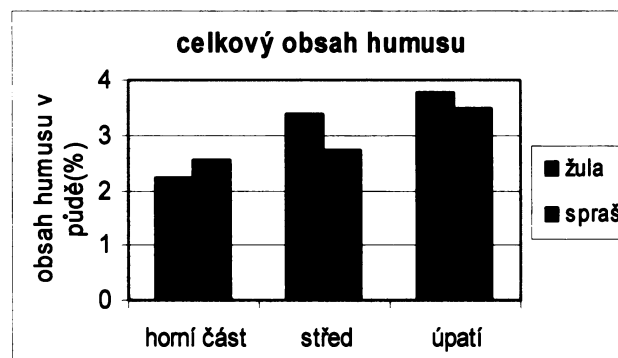


Graf 64

V návaznosti na tyto skutečnosti se na úpatí zlepšily i parametry charakterizující půdní aciditu (graf 65). Analýzy potvrdily i růst obsahu humusu směrem k úpatí (graf 66). Tento proces je podle výzkumné zprávy svázán s rostoucím podílem prachových částic, které sorbují relativně největší množství organických látek. Obsah humusu je též ovlivněn rostoucím stupněm hydromorfismu, který snižuje intenzitu mineralizace organických látek půdní mikroflórou díky nižšímu stupni provzdušnění. (Bičík, Šefrna 1997).



Graf 64



Graf 65

Z grafů je patrné, že sorpční kapacita vzhledem ke vzrůstajícímu podílu jemných částic, které se stávají součástí sorpčního komplexu, přechází od nízké k vysoké až velmi vysoké. Podíl sorbovaného vápníku výrazně roste na úkor výměnného vodíku a hliníku. Nasycení se na úpatí zvyšuje o jeden stupeň (od slabě nasyceného k nasycenému). Významný je také rozdíl v půdní reakci. Acidita klesá, v horních částech je reakce kyselá, v úpatí pouze slabě kyselá (Tomášek 2000).

V průzkumu ze lokalit na Sedlčansku a Mělnicku nebylo dosaženo takto přesvědčivých výsledků. Pokud se týká obsahu výměnných bází v horní části svahu a na úpatí, ty se ve většině případů chovají opačně, to znamená, že například obsah výměnného vápníku je vyšší v konvexních partiích svahu. Tento fakt lze vysvětlit periodickým smícháváním materiálu ornice a podorničí, kterým je vzhledem k menší mocnosti profilu často zvětralina matečné horniny. Tímto koloběhem je ornice "omlazována", dostávají se do ní nové živiny obsažené v substrátu a tak roste i obsah některých iontů. V případě výměnného

vodíku i hliníku byl zjištěn za normálních podmínek (v anhydromorfních půdách) výrazný pokles, který se shoduje se závěry výzkumného projektu z povodí Kocáby.

Změny v potenciální sorpční kapacitě T byly přes zvýšený podíl jemných částic v dolní části svahu zaznamenány poměrně malé. Výraznější růst T byl analyzován v profilech se znaky hydromorfismu (těžší zrnitostní složení). Nasycení sorpčního komplexu mírně roste směrem k úpatí díky menšímu zastoupení  $H^+$  a Al v sorpčním komplexu. Výměnná půdní reakce závisující na vlastnostech substrátu a celkových chemických poměrech v půdě (zejména nasycení sorpčního komplexu) se směrem k úpatí zvyšuje na granitoidních substrátech, na spraši se naopak mírně snižuje. Vzhledem k tomu, že v tomto případě má půdotvorný substrát vyšší hodnotu pH než samotná ornice, může být zvýšené pH vyvoláno jeho mírným přioráním. Zajímavý je vývoj obsahu humusu v ornici. Zde se analýzy neshodují v některých případech s obecným přesvědčením o zvýšení obsahu organických látek v místě depozice půdního materiálu. Janeček a kol.(2002) uvádí, že v důsledku ztráty povrchové vrstvy půdy se snižuje celkový obsah organických látek (tento jev postihuje půdu v horní části svahu). Vzhledem ke snižování mocnosti povrchové vrstvy půdy vlivem eroze dochází při zpracování půdy k mísení podorniči a ornice, čímž dochází k ředění obsahu organických látek. Navíc má eroze tendenci selektivně vymývat organické látky. V analýze ze sledovaných pěti lokalit je zvýšení organiky v konkávní části svahu pozorováno pouze v případě zvýšeného hydromorfismu a v důsledku toho snížené mineralizace organických látek. V případě, kdy profil na úpatí nenese známky zvodnění je obsah humusu mírně nižší než na horním svahu. Stejně výsledky byly zaznamenány i v případě obsahu celkového dusíku, který je též vyšší v horní části svahu, v ornici na úpatí se mírně snižuje a opět roste v akumulovaném horizontu. Wezel (2002) tento jev pozoruje na pozemku osetém kukuřicí. Ve spodní části svahu dochází ke snížení podílu organických látek, dusíku i fosforu ve srovnání s horní částí svahu, což neodpovídá obecnému přesvědčení o vzrůstajícím množství organiky, živin a tím i úrodnosti směrem k úpatí. Tato zvýšená degradace ve spodní části je zde připisována zvýšené mineralizaci a odpovídá častějšímu historickému využití spodní části svahu. Dalším faktorem je frekvence obdělávání, která je vyšší u nižších částí, z toho vyplývá i zvýšená mineralizace. Snížení úrodnosti tedy souvisí s vyšším využíváním v dolních částech. Tento faktor by mohl hrát roli i u zmíněných lokalit.

Závěrem tedy můžeme říci, že z uvedených výsledků vyplývá následující:

- Koluviální horizonty se lépe vyvíjejí na určitých typech substrátů, které ovlivňují i texturní složení půdy. Rozhodující je podíl prachových částic, které nejnanežněji podléhají půdní erozi. V případě těžší zrnitosti je půda kompaktnější a tedy vůči erozi i odolnější. Koluvizemě jako takové tedy můžeme najít přednostně v lokalitách na spraších, sprašových hlínách, prachovicích a slínech, kde jako

hlavní půdní typ převládají černozemě, hnědozemě, případně luvizemě a kambizemě ze středně těžkých substrátů. Zrnitost je ovšem pouze jedním z faktorů, ke kterému se přidávají i morfometrické charakteristiky svahu, délka a způsob obdělávání a další.

- Posun zrnitosti je směrem k těžšímu složení je patrný u všech analyzovaných vzorků, největší nárůst byl zaznamenán u prachové frakce, což odpovídá selektivnímu charakteru eroze.
- U chemických vlastností se jednotlivé výsledky do značné míry liší, což je dáno rozdíly v lokálních podmínkách i antropogenními vlivy. Ve většině případů platí, že se sorpční vlastnosti půdy směrem k úpatí zlepšují, což je dáno nahrazováním výměnného vodíku a vápníku bazickými kationty. Toto tvrzení nelze příliš zobecňovat. Jednak se báze, zejména vápník do půdy dostávají ve velkém množství i sekundárně, jednak může být jejich obsah zvýšen i v horní části svahu díky priorání minerálně silného substrátu.
- Hodnoty pH závisí do značné míry na charakteru matečné horniny. Díky zlepšeným sorpčním vlastnostem by měla klesat acidita směrem k úpatí. Ovšem v případě, kdy má substrát vyšší pH než ornice, může být při zapracování podorničí do Ap horizontu vyšší pH v horních částech svahu.
- Organické látky a živiny jsou z půdy selektivně vymývány, proto je jejich obsah většinou vyšší při úpatí, kde je tento jev podpořen i častým zvodněním profilu. Obsah humusu však může být ovlivněn i delší a intenzivnější kultivací v dolních částech svahu, která může vést ke zvýšené mineralizaci. Dalším vlivem působícím na obsah organických látek a živin při úpatí je charakter eroze. Pokud se jedná o pokročilejší stadium rýhové eroze, může mít transportovaný a ukládaný materiál značný obsah minerálních látek a obsah humusu v akumulovaném sedimentu se nezvyšuje.

## 6. Závěr

Proces koluvie je specifickým jevem, úzce spojeným s určitými způsoby využívání krajiny. Jako takový si zaslouží pozornost, a to zejména dnes, kdy problém zrychlené půdní eroze a degradace ohrožuje většinu zemědělských pozemků. Ve své magisterské práci jsem se snažila o charakterizaci několika lokalit, které svými geomorfologickými či geologickými poměry a historickým i současným způsobem využívání splňují podmínky pro formaci koluviálních půd. Vzhledem k nízkému počtu zkoumaných lokalit i odebraných vzorků nelze získané informace generalizovat. Přesto bylo dosaženo několika zajímavých výsledků, které jsou shrnuty v předchozích částech.

K dosažení reprezentativních výsledků, které je možné zobecnit a aplikovat při řešení konkrétních projektů, by bylo třeba rozšířit síť zájmových pozemků. Zejména by bylo vhodné získat informace z oblastí s různým geologickým podložím, geomorfologickými poměry a způsoby hospodaření, aby bylo možné lépe zhodnotit důležitost těchto faktorů při vzniku koluvizemí. Další progresivní cestou je využití izotopu cesia 137 pro měření intenzity půdní eroze. Na základě hromadění tohoto prvku v půdě můžeme s vysokou přesností zjistit hodnoty objemu materiálu přemístěného po svahu od doby prvního nukleárního spadu. Pozornost si zaslouží i vztah procesu koluvie a zvyšování úrodnosti půd. Ačkoliv se obecně předpokládá, že směrem k úpatí se bonita půd zvyšuje (zejména díky přínosu organických látek a živin a zlepšování sorpčních vlastností půd), existuje i řada příkladů, kdy je tomu naopak. Zatímco v otázce půdní textury existuje jasný trend zvyšování podílu jemnějších frakcí směrem k dolní části svahu, u chemických vlastností (pH, sorpční vlastnosti i obsah humusu) nejsou výsledky jednoznačné. Další zásadní součástí zkoumání půdní eroze je aplikace digitálních modelů terénu, které by přispěly k lepšímu pochopení prostorového rozmístění koluvizemí.

Koluvizemě jsou jedním ze svébytných půdní typů a zároveň specifickým pozůstatkem lidské činnosti. Podrobné vymezení a stanovení celkového rozšíření koluviálních půd na našem území nám může pomoci při určení původního zalesnění a stanovení intenzity skutečné eroze. Tyto poznatky mohou být velmi nápomocné při řešení různých projektů zaměřených na ochranu půdního fondu, snížení intenzivní eroze v krajině i opětné zalesnění některých oblastí, ke kterému se v poslední době přistupuje.



## 7. Seznam literatury

- Baize, D., Jabiol, B. (1995): Guide pour la description des sols. INRA, Paris, 352 s.
- Bedrna, Z. (2002): Environmentálne podoznalectvo. Veda, Bratislava, 352 s.
- Demek, J. (1987): Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 476 s.
- Demek, J. a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny. Academia, Praha, 345 s.
- Duchaufour, P. (1991). Pedologie. Sol, végétation, environnement. Mason, Paris, 289 s.
- Eriksson, M. a kol. (2000): Soil erosion history in central Tanzania based on OSL dating of colluvial and alluvial hillslope deposits. *Geomorphology*, 36, s. 107-128
- Horník, S. (1982): Základy fyzické geografie. SPN, Praha, 398 s.
- Horník, S. a kol. (1984): Fyzická geografie II. SPN, Praha, 328 s.
- Gouveia, S, Pessenda, L. (2000): Datation par le 14C de charbons inclus dans le sol pour l'étude du role de la remontée biologique de matiere et du colluvionnement dans la formation de latosols de l'état de Sao Paulo, Brésil. *Science de la Terre et des planetes*, 330, s. 133-138
- Chlupáč, I. a kol. (2002): Geologická minulost České republiky. Academia, Praha, 436 s.
- INRA (1995): Référentiel pédologique. INRA, Paris, 332 s.
- Janeček, M. a kol. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV, Praha, 201 s.
- Lang, A. (2003): Phases of soil erosion-derived colluviation in the loess hills of South Germany. *Catena*, 51, s. 209-221
- Lang, A., Honscheidt, S. (1999): Age and source od colluvial sediments at Vaitingen-Enz, Germany. *Catena*, 38, s. 89-107
- Lang, A., Wagner, G. (1997): Infrared stimulated luminiscence dating of holocene colluvial sediments using 410 nm emission. *Quaternary Science Reviews*, 16, s. 393-396
- Lal, R. (2001): Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12, s. 519-539

- Ložek, V. (1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Okno do minulosti-klíč k problémům současnosti. Ochrana přírody, 54, č.1, s. 7-12
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Vývoj současných Ekosystémů. Ochrana přírody, 54, č.1, s. 35-40
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody- Poslední interglaciál a glaciál a jejich poselství dnešku. Ochrana přírody, 54, č.3, s. 67-72
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Ústup zalednění. Ochrana přírody, 54, č.4, s. 99-104
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Holocén a jeho problematika. Ochrana přírody, 54, č.5, s. 131-136
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Velké migrace, ústup lesa a teplomilných druhů. Ochrana přírody, 54, č.6, s. 163-168
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Postglaciální klimatické Optimum. Ochrana přírody, 54, č.7, s. 195-200
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Zemědělská kolonizace a její dopad. Ochrana přírody, 54, č.8, s. 227-233
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Po klimatickém optimu-mladý holocén. Ochrana přírody, 54, č.9, s. 259-264
- Ložek, V.(1999): Ochranařské otázky ve světle vývoje přírody-Dnešní příroda a krajina ve světle nejmladší minulosti. Ochrana přírody; 54, č.10, s. 291-297
- Ložek, V.(1973): Příroda ve čtvrtohorách. Academia, Praha, 372 s.
- McDonald, M., Healey, J., Stevens, P. (2002): The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion losses and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. Agriculture, Ecosystems and Environment, 92, s. 1-19
- Němeček, J. a kol. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Academia, Praha, 76 s.
- Němeček, J., Smolíková, L., Kutílek M. (1990): Pedologie a paleopedologie. Academia, Praha, 546 s.
- Němeček, J., Tomášek, M. (1983): Geografie půd ČSR. Academia, Praha, 98 s.

- Neuhauslová, Z. a kol. (2001): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha, 341 s.
- Porto, P., Walling, D.E. a kol (2003): Relating cesium -137 and soil loss from cultivated land. Catena, 53, s. 303-326
- Příbyl, V. (2002): Strukturní geomorfologie, soubor přednášek. Praha, 47 s.
- Růžičková, E., Růžička M. (2001): Quarternary clastic sediments of the Czech Republic. ČGÚ, Praha, 68 s.
- Smolíková, L. (1982): Pedologie I.-II.. SPN, Praha, 294 s.
- Šefrna, L., Bičík, I. a kol.(1998): Harmonizace regionálního rozvoje povodí Kocáby, výzkumný projekt PřFUK. Praha, 173 s.
- Šefrna, L., Engel, Z. (2004): Pedologický průzkum pozemků k. ú. Ratboř, výzkumný projekt PřFUK. Praha
- Štych, P. (2001): Hodnocení dlouhodobých změn využití půdy ve vybraných územích Sedlčanska, magisterská práce, Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje. Praha, 150 s.
- Tatumi, S., Peixoto, M. a kol (2003): Optical dating using feldspar from Quaternary alluvial and colluvial sediments from SE Barazilian Plateau, Brazil. Journal of Luminiscence, 102-103, s. 566-570
- Tomášek, M. (2000): Půdy České republiky. ČGÚ, Praha, 67 s.
- Vlček, V. a kol.(1984): Zeměpisný lexikon ČSR, Vodní toky a nádrže. Academia, Praha, 284 s.
- Wezel, A. a kol (2002): Slope position effects on soil fertility and crop productivity and implications for soil conservation in upland northwest Vietnam. Agriculture, Ecosystems and Environment, 91, s 113-126

## Ostatní zdroje

Atlas podnebí ČSR (1970). Severografia, Turnov

Hydrologické poměry ČSR (1958). Kartografie Praha, Praha

Geologická mapa ČR 1:50 000 (1991), ČGÚ, Praha

Mapa prvního vojenského mapování 1:28 800, listy C057A, C160, C177

Mapa druhého vojenského mapování 1:28 800, listy O\_6\_II, O\_6\_III, O\_11\_II

Mapa třetího vojenského mapování 1:25 000, list 4156-1

Ortofotosnímky: Sedlčany 7-5, 9-3, 8-2, 6-6, Mělník 1-4 (2001), ČÚZK, Praha

Přehledná geologická mapa ČSSR 1:200 000, M-33-XXI (1963), Geofond, Praha

Přehledná geologická mapa ČSSR 1:200 000, M-33-XV (1963), Geofond, Praha

Státní mapa odvozená 1:5 000, listy Sedlčany 7-5, , 9-3, 8-2, 6-6, Mělník 1-4 (1999), ČÚZK,  
Praha

Turistická mapa 1: 50 000, Sedlčansko (2000), Kartografie Praha

Turistická mapa 1:50 000, Mělnicko (2000), Kartografie Praha

Základní mapa ČR 1:10 000, listy 22-22-08, 12-44-22

Zemědělské regiony ČSR 1:500 000, GÚ ČSAV, Brno, 1972

Zprávy komplexního průzkumu půd: Osečany, Kosova Hora, Podolí, Bosyně (1956), VÚMOP

## 8. Seznam obrázků, map a tabulek

### Seznam obrázků

- Obr. 1 Kamenná lavina vzniklá rozsáhlým sesuvem, Dolní Zálezly
- Obr. 2 Bloky smíšené s písčitou hmotou přemístěné sesuvem, recentní, Hutisko-Solanec
- Obr. 3 Smytý materiál uloženy po jedné srážkové epizodě, Vážany nad Litavou
- Obr. 4 Sedimenty přemístěné do ronové deprese, Vážany nad Litavou
- Obr. 5 Zvýšená ronová eroze na odlesněném svahu s kulturou kukuřice
- Obr. 6 Rozsah neolitického osídlení Čech
- Obr. 7 Rozsah osídlení Čech v pozdní době bronzové
- Obr. 8 Vliv zrychlené eroze na diferenciaci půdního pokryvu
- Obr. 9 Časový vývoj erozně-sedimentačního cyklu koluvia
- Obr. 10 Zájmový pozemek Křemelky s naznačenými půdními profily v odběrových místech, Kosova Hora
- Obr. 11 Plošný smyv po jedné srážkové epizodě, Kosova Hora
- Obr. 12 – 13 Akumulace materiálu a stagnace srážkové vody na úpatí svahu, Kosova Hora
- Obr. 14 Příčný profil pozemku Křemelky a schéma odebraných půdních profilů, Kosova Hora
- Obr. 15 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd, Kosova Hora
- Obr. 16 Zájmový pozemek v lokalitě Vojkov s naznačenými půdními profily v odběrových místech
- Obr. 17 Vysoká šterkovitost v horní části svahu, Vojkov
- Obr. 18 Na svahu se vytvářejí rýhy trvalého charakteru, Vojkov
- Obr. 19 Jemnozrný materiál akumulovaný na úpatí, Vojkov
- Obr. 20 Dolní část pozemku tvoří niva Mastníku, Vojkov
- Obr. 21 Příčný profil pozemku Vojkov a schéma odebraných půdních profilů
- Obr. 22 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd, Vojkov
- Obr. 23 Zájmový pozemek Na spálenkách s naznačenými půdními profily v odběrových místech, Osečany
- Obr. 24-27 Erozně-akumulační procesy na svahu a tvorba erozních rýh, Osečany
- Obr. 28 Příčný profil pozemku Na spálenkách a schéma odebraných půdních profilů, Osečany
- Obr. 29 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd, Osečany
- Obr. 30 Zájmový pozemek V dolících s naznačenými půdními profily v odběrových místech, Křečovice

- Obr. 31 Horní část svahu je pokryta lesem a trvalým travním porostem, Křečovice
- Obr. 32 V prostoru za terénní překážkou jsou vhodnější podmínky k akumulaci, Křečovice
- Obr. 33 V horní části obdělávaného pozemku se nacházejí i větší horninové bloky, Křečovice
- Obr. 34-35 Akumulace probíhá v dolní části pozemku nad silnicí, Křečovice
- Obr. 36 Příčný profil pozemku V dolících a schéma odebraných půdních profilů, Křečovice
- Obr. 37 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd, Křečovice
- Obr. 38 Zájmový pozemek v lokalitě Bosyně s naznačenými půdními profily v odběrových místech
- Obr. 39 Příčný profil pozemku Babí rokle a schéma odebraných půdních profilů, Bosyně
- Obr. 40 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd, Bosyně
- Obr. 41 Posun v zrnitostním složení mezi horní a dolní částí svahu (v hloubce 0,1-0,15m)
- Obr. 42 Obsah humusu (%) v modelových půdních profilech
- Obr. 43 Schéma modelových půdních profilů v různých částech svahu
- Obr. 44 Transekt půdních profilů k.ú.Ratboř

### **Seznam map**

- Mapa 1 Rozmístění zájmových lokalit, Sedlčansk
- Mapa 3 Využití půdy v lokalitě Kosova Hora
- Mapa 4 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené, Kosova Hora
- Mapa 5 Využití půdy (1.vojenské mapování), Kosova Hora
- Mapa 6 Využití půdy (2.vojenské mapování), Kosova Hora
- Mapa 7 Využití půdy (3.vojenské mapování), Kosova Hora
- Mapa 8 Využití půdy v lokalitě Vojkov
- Mapa 9 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené, Vojkov
- Mapa 10 Využití půdy (1.vojenské mapování), Vojkov
- Mapa 11 Využití půdy (2.vojenské mapování), Vojkov
- Mapa 12 Využití půdy (3.vojenské mapování), Vojkov
- Mapa 13 Využití půdy v lokalitě Osečany
- Mapa 14 Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené, Osečany
- Mapa 15 Využití půdy (1.vojenské mapování, Osečany
- Mapa 16 Využití půdy (2.vojenské mapování), Osečany
- Mapa 17 Využití půdy (3.vojenské mapování), Osečany

Mapa 18	Využití půdy v lokalitě Křečovice
Mapa 19	Využití půdy podle map 1., 2. a 3. vojenského mapování a Státní mapy odvozené, Křečovice
Mapa 20	Využití půdy (1.vojenské mapování), Křečovice
Mapa 22	Využití půdy (3.vojenské mapování), Křečovice
Mapa 23	Využití půdy v lokalitě Bosyně
Mapa 24	Využití půdy podle map 1. a 2. vojenského mapování a Státní mapy odvozené, Bosyně
Mapa 25	Využití půdy (1.vojenské mapování), Bosyně
Mapa 26	Využití půdy (2.vojenské mapování), Bosyně

### **Seznam tabulek**

Tab. 1	Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech, Kosova Hora
Tab. 2	Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů, Kosova Hora
Tab. 3	Výměnná sorpční kapacita, sycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce, Kosova Hora
Tab. 4	Obsah humusu a celkový dusík, Kosova Hora
Tab. 5	Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech, Vojkov
Tab. 6	Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů, Vojkov
Tab. 7	Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce, Vojkov
Tab. 8	Obsah humusu a celkový dusík, Vojkov
Tab. 9	Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech, Osečany
Tab. 10	Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů, Osečany
Tab. 11	výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce, Osečany
Tab. 12	Obsah humusu a celkový dusík, Osečany
Tab. 13	Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech, Křečovice
Tab. 14	Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů, Křečovice
Tab. 15	Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce, Křečovice
Tab. 16	Obsah humusu a celkový dusík v jednotlivých horizontech, Křečovice
Tab. 17	Podíl zrnitostních frakcí (%) v jednotlivých horizontech, Bosyně

- Tab. 18      Obsah výměnných iontů (mmol/100g) v sorpčním komplexu jednotlivých horizontů, Bosyně
- Tab. 19      Výměnná sorpční kapacita, nasycení sorpčního komplexu, výměnná půdní reakce, Bosyně
- Tab. 20      Obsah humusu a karbonátů v jednotlivých horizontech, Bosyně
- Tab. 21      Hodnoty průměrné dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí pro jednotlivé lokality