

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Využití dat Komplexního průzkumu zemědělských půd
pro sledování změn půdních vlastností**

Diplomová práce

Autor práce: Patrik Čermák

Obor studia: Hodnocení a ochrana půdy

Vedoucí práce: doc. Ing. Vít Penížek, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití dat Komplexního průzkumu zemědělských půd pro sledování změn půdních vlastností" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.7.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Vítu Penížkovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a také za zprostředkování exkurzí a laboratorních prací během studia, jež byly nad rámec běžné výuky. Výzkumnému ústavu meliorací a ochrany půdy patří díky za provedené laboratorní rozborů i za zpřístupnění historických půdních dat.

Využití dat Komplexního průzkumu zemědělských půd pro sledování změn půdních vlastností

Souhrn

Tématem práce je zhodnocení možnosti využití dat Komplexního průzkumu půd (KPP) z let 1966 – 1967 pro posouzení změn půdních vlastností za 50 let a následný popis těchto změn v 50 sondách v okolí města Krásná Hora nad Vltavou. V literární rešerši jsou popsány vlivy antropogenních zásahů na půdní vlastnosti, jejich vývoj v českých půdách a data KPP. V práci byly popsány limity těchto dat a změny půdních vlastností v závislosti na změnách hospodaření a úpravě půdních režimů. K popisu změn byla pro zohlednění změn stratigrafie půdních profilů použita experimentální metoda virtuálních horizontů. Výsledky poukázaly na redistribuci půdní organické hmoty v rámci profilu vlivem změny hospodaření a změnu jejího obsahu v důsledku úpravy vodního režimu půd. Změny pH a obsahu živin pod jednotlivými kulturami odpovídají vývoji spotřeby minerálních hnojiv v Česku v době od provedení KPP. Byla formulována doporučení pro další podobné využití databáze KPP, tedy především potřeba co nejpřesněji charakterizovat vývoj vnějších faktorů.

Klíčová slova: průzkum půd, půdní vlastnosti, land use, spotřeba hnojiv

Large-scale mapping of agriculture soils: a data source for soil properties changes description

Summary

The topic is assessment of the possibility of using historical data from large-scale mapping of agriculture soils from the years 1966 - 1967 as a data source for description of soil properties change in 50 years and description of these changes in 50 soil probes located around the city of Krásná Hora nad Vltavou. The thesis contains a search for information on the influence of anthropogenic intervention in soil properties, their development in Czech soils and the historical soil data. The constraints of these data were described together with changes in soil properties coupled with the change of land use and agricultural practices as well as the change of soil regimes. Experimental method using a virtual soil horizons was used in purpose to describe soil changes with regard to change in stratigraphy of soil profile. The results imply redistribution of soil organic matter within the profile as consequence of agriculture practice shift and change in its content due to change of different water regime. The content changes of nutrients and change of pH reflect the development of the use of mineral fertilizers and lime since the original soil survey. Suggestions for further use of the data were articulated with proposal of the most exact characterization of the development of external factors.

Keywords: soil survey, soil properties, land use, fertilizer consumption

Obsah

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Úvod | 10 |
| 2. | Cíl práce a hypotéza..... | 11 |
| 3. | Literární rešerše | 12 |
| 3.1. | Antropogenní zásahy a půdní vlastnosti | 12 |
| 3.1.1. | Meliorace | 12 |
| 3.1.2. | Způsob obdělávání | 14 |
| 3.1.3. | Skladba plodin | 15 |
| 3.1.4. | Hnojení..... | 18 |
| 3.2. | Půdní vlastnosti | 20 |
| 3.2.1. | Půdní reakce a meliorační vápnění | 20 |
| 3.2.2. | Živiny | 21 |
| 3.2.3. | Obsah půdní organické hmoty | 24 |
| 3.3. | Data Komplexního průzkumu zemědělských půd | 26 |
| 3.3.1. | Půdní legacy data | 26 |
| 3.3.2. | Komplexní průzkum půd a jeho organizace | 26 |
| 3.3.3. | Specifika databáze KPP | 29 |
| 3.3.4. | Využití databáze KPP | 29 |
| 4. | Materiál a metody | 30 |
| 4.1. | Vymezení a popis přírodních podmínek zájmového území..... | 30 |
| 4.2. | Charakteristika území a hospodaření dle dokumentace KPP..... | 34 |
| 4.2.1. | Hospodaření v subjektech v období KPP..... | 35 |
| 4.3. | Hospodaření v současnosti..... | 38 |
| 4.4. | Terénní práce..... | 38 |
| 4.5. | Laboratorní práce | 39 |
| 4.6. | Metody zpracování dat..... | 39 |
| 5. | Výsledky a diskuse | 42 |
| 5.1. | Popis půdních vlastností v období KPP | 42 |
| 5.1.1. | Půdní reakce v období KPP | 42 |
| 5.1.2. | Zásoba rostlinám přístupného draslíku v době KPP | 43 |
| 5.1.3. | Zásoba rostlinám přístupného fosforu v době KPP | 44 |
| 5.1.4. | Obsah organického uhlíku v době KPP | 45 |
| 5.2. | Popis dat 2017..... | 45 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2.1. | Výměnná půdní reakce v současnosti | 46 |
| 5.2.2. | Zásoba rostlinám přístupného draslíku v současnosti..... | 47 |
| 5.2.3. | Zásoba rostlinám přístupného fosforu v současnosti | 47 |
| 5.2.4. | Obsah organického uhlíku v současnosti | 48 |
| 5.3. | Vyhodnocení změn KPP - současnost..... | 49 |
| 5.3.1. | Změny využití území | 49 |
| 5.3.2. | Změna půdních vlastností | 52 |
| 5.3.3. | Změna obsahu organického uhlíku | 52 |
| 5.3.4. | Změna pH..... | 58 |
| 5.3.5. | Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu..... | 60 |
| 5.3.6. | Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku | 61 |
| 5.4. | Lokální půdní variabilita | 63 |
| 5.5. | Diskuze..... | 64 |
| 6. | Závěr | 66 |
| 7. | Literatura..... | 67 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 3.1 Intenzita výstavby odvodňovacích zařízení (Kulhavý et al. 2017) | 13 |
| Obr. 3.2 Efekt změny kultury na obsah C_{org} v půdě | 15 |
| Obr. 3.3 Vývoj osevních ploch zemědělských plodin (Sálusová 2018) | 16 |
| Obr. 3.4 Vývoj osevní plochy a výnosu řepky a brambor (Sálusová 2018) | 17 |
| Obr. 3.5 Vývoj osevních ploch a výnosu obilovin (Sálusová 2018) | 17 |
| Obr. 3.6 Způsob hnojení a dlouhodobá bilance uhlíku (Gerzabek 2007) | 19 |
| Obr. 3.7 Vývoj spotřeby minerálních hnojiv (Sálusová 2018) | 20 |
| Obr. 3.8 Hodnocení půdní reakce a intenzita vápnění (Smatanová 2018) | 21 |
| Obr. 3.9 Vývoj obsahu fosforu v orné půdě a spotřeba fosforečných hnojiv v ČR (ÚKZÚZ 2009) | 22 |
| Obr. 3.10 Vývoj obsahu draslíku v orné půdě a spotřeba draselných hnojiv v ČR (ÚKZÚZ 2009) | 23 |
| Obr. 3.11 Polní půdní záznam KPP - druhá část (VÚMOP 2019) | 28 |
| Obr. 4.1 Přehled zájmového území | 30 |
| Obr. 4.2 Geomorfologie zájmového území | 31 |
| Obr. 4.3 Geologie zájmového území | 32 |
| Obr. 4.4 Klimatické členění zájmového území | 33 |
| Obr. 4.5 Kopaná sonda na lokaci 57617, určena jako luvizem modální, slabě oglejená na břidlici | 39 |
| Obr. 4.6 Virtuální směsné horizonty pro účely porovnání | 40 |
| Obr. 5.1 Výměnná půdní reakce zjištěná během KPP | 42 |
| Obr. 5.2 Zásoba draslíku během KPP | 43 |
| Obr. 5.3 Zásoba fosforu během KPP | 44 |
| Obr. 5.4 Obsah C_{ox} zjištěný během KPP | 45 |
| Obr. 5.5 Výměnná půdní reakce zjištěná během aktuálního průzkumu | 46 |
| Obr. 5.6 Zásoba draslíku v současnosti | 47 |
| Obr. 5.7 Zásoba fosforu v současnosti | 48 |
| Obr. 5.8 Obsah C_{ox} v současnosti | 48 |
| Obr. 5.9 Kartogram změn využití půd | 50 |
| Obr. 5.10 Kartogram výstavby odvodňovacích zařízení | 51 |
| Obr. 5.11 Změna mocnosti povrchového horizontu dle změny využití půdy | 52 |
| Obr. 5.12 Změna obsahu C_{ox} v povrchovém horizontu - dle změny využití | 53 |
| Obr. 5.13 Změna obsahu C_{ox} ve virtuálním povrchovém horizontu - dle změny využití | 54 |
| Obr. 5.14 Změna obsahu C_{ox} v podpovrchovém horizontu - dle změny využití | 55 |
| Obr. 5.15 Změna obsahu C_{ox} ve virtuálním podpovrchovém horizontu - dle změny využití | 55 |
| Obr. 5.16 Závislost změny obsahu C_{ox} v ornici na změně stupně hydromorfismu | 57 |
| Obr. 5.17 Závislost změny obsahu C_{ox} v podorniči na změně stupně hydromorfismu | 57 |
| Obr. 5.18 Závislost změny klasifikace orné půd na změně obsahu C_{ox} v ornici | 58 |
| Obr. 5.19 Změna výměnného pH v povrchovém horizontu | 59 |
| Obr. 5.20 Změna výměnného pH v podpovrchovém horizontu | 59 |
| Obr. 5.22 Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu v povrchovém horizontu | 60 |
| Obr. 5.23 Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu v podpovrchovém horizontu | 61 |
| Obr. 5.25 Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku v povrchovém horizontu | 62 |
| Obr. 5.26 Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku v podpovrchovém horizontu | 62 |
| Obr. 5.27 Variační koeficient C_{ox} | 63 |
| Obr. 5.28 Variační koeficient pH | 63 |
| Obr. 5.29 Rozdíl obsahu C_{ox} v sondě a okolí | 64 |
| Obr. 5.30 Rozdíl pH v sondě a okolí | 64 |

Seznam Tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 3.1 Hodnocení obsahu P v půdách (Prášková & Němec 2016) | 22 |
| Tab. 3.2 Hodnocení obsahu K ve středně těžkých půdách (Prášková & Němec 2016) | 23 |
| Tab. 3.3 Přístupné živiny v zemědělských půdách po roce 1990 (Smatanová 2018) | 24 |
| Tab. 3.4 Hodnocení obsahu C _{ox} v půdě (Sáňka & Materna 2004). | 24 |
| Tab. 4.1 Charakteristiky hospodařících subjektů | 35 |
| Tab. 5.1 Souhrn výsledků laboratorních rozborů v rámci KPP | 42 |
| Tab. 5.2 Souhrn výsledků laboratorních rozborů v rámci současného půdního průzkumu | 45 |
| Tab. 5.3 Změny využití půdy na lokacích | 49 |
| Tab. 5.4 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu Cox v OP a TTP | 53 |
| Tab. 5.5 Wilcoxonův nepárový test změny pH v OP a TTP | 58 |
| Tab. 5.6 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu P v OP a TTP | 60 |
| Tab. 5.7 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu K v OP a TTP | 61 |

Seznam příloh

Příloha 1: Záznam profilu sondy v databázi KPP

Seznam zkratek

| | |
|------------------|--|
| AZZP | Agronomické zkoušení zemědělských půd |
| C _{org} | Organický uhlík |
| C _{ox} | Oxidovatelný uhlík |
| GAK | Geneticko-agronomická klasifikace půd |
| JZD | Jednotné zemědělské družstvo |
| KPP | Komplexní průzkum zemědělských půd |
| LULCC | Land Use / Land Cover Change |
| MZe | Ministerstvo Zemědělství |
| OP | Orná půda |
| POH | Půdní organická hmota |
| SS | Státní statek |
| TKSP | Taxonomický systém klasifikace půd |
| TTP | Trvalý travní porost |
| ÚKZÚZ | Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský |
| VÚMOP | Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy |
| ZPF | Zemědělský půdní fond |

1. Úvod

Půdní vlastnosti nejsou neměnné a v čase se neustále mění a vyvíjejí. U některých půdních vlastností jsou změny pozvolné, jiné jsou naopak velmi dynamické a mění se v krátkých časových úsecích. Změny v půdních vlastnostech jsou způsobovány jednak přirozeným vývojem půd, to znamená působením půdotvorných faktorů, ale také do nich může výrazným způsobem zasahovat člověk. Takový případem jsou samozřejmě zemědělské půdy. Hospodaření na nich způsobuje širokou paletu změn jak chemických, fyzikálních, tak i biologických vlastností. Obecnou snahou člověka je na zemědělské půdě zvyšovat její úrodnost. Způsoby zvyšování výnosů zemědělských plodin byly v rámci vývoje zemědělství odlišné a to s ohledem na možné prostředky, technologickou vyspělost a hospodářskou organizaci práce. Zemědělská výroba zaznamenala v posledních desetiletích velmi výrazné změny, které se dají logicky očekávat i projevem ve změnách půdních vlastností.

Vývoj půdních vlastností v delších časových úsecích je možné sledovat na základě porovnání historických a současných dat. Zdrojem informací tak mohou být historické půdní průzkumy, nebo data z průběžného sledování půd, tedy monitoringu. Výhodou dat z monitoringu je dostupnost časových řad s určitou periodicitou, která může lépe vystihovat trendy. V podmínkách ČR byl monitoring zemědělských půd, sledující základní půdní vlastnosti založen v roce 1992 a v periodických cyklech dochází k analýze půdních vzorků na celkem 214 lokalitách.

Velmi významnou datovou bází, je v našem státě Komplexní průzkum zemědělských půd (Němeček 1967). Jedná se v evropském ale i celosvětovém měřítku o unikátní dílo. V rámci tohoto průzkumu, který proběhl na celém území Československa mezi lety 1961-1971) bylo realizováno přibližně 700 000 sond, odebrány vzorky na kterých bylo provedeno asi 2 000 000 rozborů byly sestaveny podrobné půdní mapy v měřítku 1: 10 000. V posledních letech byla těmto datům věnována zvýšená pozornost a Ministerstvo zemědělství zajistilo proces digitalizace těchto dat. V první fázi došlo k naskenování originálů pedology ručně kreslených map. V současné době došlo a dochází k digitalizaci údajů z půdních sond a polygonových map.

Rozsah tohoto půdního průzkumu samozřejmě vede k myšlence o možnostech a způsobech využití těchto dat pro hodnocení změn půdních vlastností. Takové hodnocení pak může sloužit jak k pohledům na celkové změny v krajině, vývoji zemědělství, ale může také sloužit k aktualizaci původních dat do nových mapových produktů s využitím pedometrických postupů.

Časový záběr dat KPP nás vrací do období, kdy se zemědělství nacházelo po relativně nedávné výrazné transformaci. Násilná kolektivizace v 50.tých letech znamenala odnětí půdy tradičním hospodářům a převod půdního fondu pod jednotná zemědělská družstva a státní statky a nastolení nových hospodářských praktik, postupů a technologií. Jde také o období, kdy do zemědělství teprve začínají ve větší míře pronikat průmyslová hnojiva a těžší zemědělská technika.

2. Cíl práce a hypotéza

Cílem práce je zhodnotit možnosti použití dat Komplexního průzkumu zemědělských půd (KPP) pro posouzení změn půdních vlastností v posledních padesáti letech (1967 – 2017) a vyhodnotit změny půdních vlastností porovnáním dat KPP a dat získaných z aktuálního půdního průzkumu na zájmovém území v okolí města Krásná Hora nad Vltavou.

Hypotéza: Data Komplexního průzkumu zemědělských půd mohou sloužit jako srovnávací báze pro posouzení změn půd za posledních 50 let.

3. Literární rešerše

3.1. Antropogenní zásahy a půdní vlastnosti

Působení člověka na změnu půdních vlastností je možné rozdělit do široké škály zásahů. Některé ze zásahů jsou méně výrazné, jiné mohou půdy ovlivnit v krátké době výrazným způsobem. Změny mohou být patrné jak ve formě změn fyzikálních, chemických, biologických vlastností, nebo jejich kombinací.

V našich podmínkách lze hlavní vliv člověka na změny v rámci zemědělských půd vidět v způsobu obhospodařování, tedy kultivace půd, skladby pěstovaných plodin, intenzity používání hnojiv (statkových i minerálních) a melioračních zásahů – především odvodňování převlhčených pozemků.

Z hlediska chemických změn, kterými se tato práce především zabývá, je možné hlavní pozornost věnovat změnám týkajících se půdní reakci, obsahu živin v půdě a organické půdní hmoty.

3.1.1. Meliorace

Pod pojmem meliorace je možné rozumět všechny zásahy, které zlepšují půdu z hlediska její úrodnosti a lepšího obhospodařování. Jedním z hlavních zásahů, které se v minulosti uplatňovaly, bylo systematické odvodňování půd pomocí trubkové drenáže. Pojem meliorace se tak nejen pro laickou veřejnost stal synonymem právě pro tento druh opatření. Půdní meliorace jsou výraznými antropogenními zásahy do chodu půdních režimů a tedy toků látek a energie. Asi nejrozšířenějším způsobem vylepšení půdních podmínek pro obdělávání je výstavba odvodňovacích zařízení, přičemž více než 10 % světové orné a permanentně obdělávané půdy je odvodněno (Montagne et al. 2009). V podmínkách ČR byla v minulosti odvodněno více než 1 mil ha zemědělské půdy, tedy přibližně čtvrtina její rozlohy. Odvodňovací práce vedou primárně k zabránění trvalého přemokření a zajištění optimální vlhkosti půdy pro plodiny a tedy i dřívějšímu zpřístupnění půdy pro jarní obdělávání (Vaška 2000).

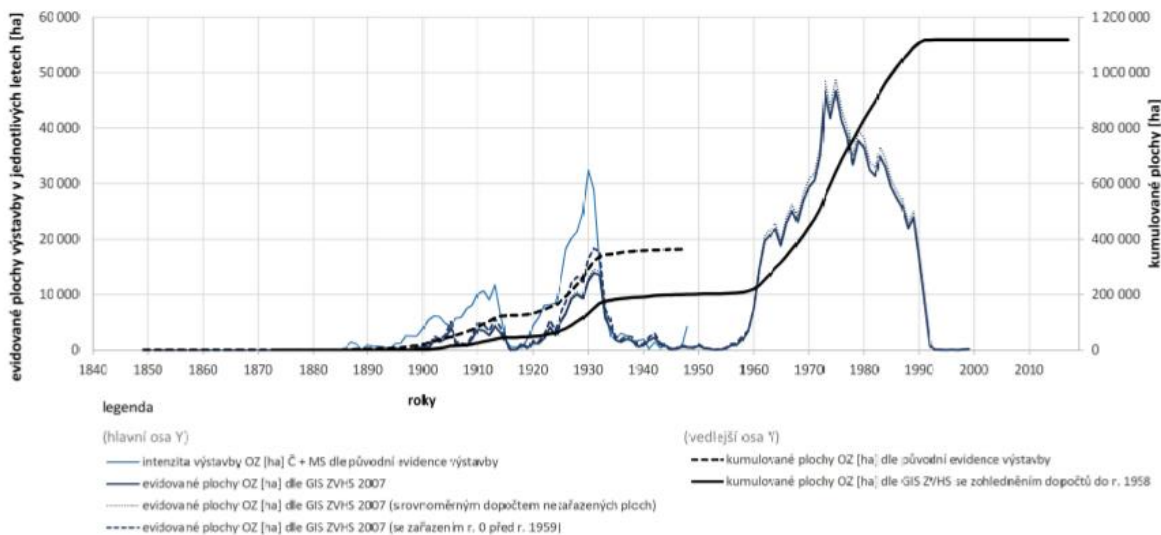
Procesy v půdách způsobené antropogenními změnami hydrologických režimů, které jsou úzce spojeny se sekundárními půdotvornými procesy popisuje Zaidel'man (2009). Periodické, či trvalé snížení hladiny podzemní vody pod úroveň horizontů akumulace organických látek může vést k urychlené mineralizaci této vysoušené organické hmoty. Odvodnění strukturních glejových půd záplavových oblastí a následné kolejové pojezdy těžkých strojů má za následek silné utužení podorničí a tedy opětovnou stagnaci vody nad těmito horizonty. Případné ucpání trubkové drenáže vymytými usazeninami hydroxidů železa pak potenciálně vede k lokálnímu zvýšení hladiny podzemní vody obohacené o železnaté ionty.

Zaidel'man (2009) dále zmiňuje příčinnost změny bažinného či nivního vodního režimu neutrálních a kyselých půd bohatých na pyrit na režim promyvný a oxidace značných množství pyritu za tvorby kyseliny sírové, a tedy dalšího silného okyselování těchto půd. Stejná změna vodního režimu půd na neutrálních či kyselých horninách může pak být předpokladem k

intenzivnímu vymývání Ca, Mg, Fe, Al, Mn a organických látek či jílových částic a tvorby albických a spodických horizontů či zvyšování jejich mocnosti.

Studie zabírající se vymýváním minerálních částic jako důsledkem podpovrchové drenáže půdní vody analyzoval Montagne (2009), který vyhodnocuje výsledná množství odneseného materiálu a uzavírá, že odnos drenáží větší než 1 t/ha/rok nastává pouze u těžkých jílnatých půd. K tomuto odnosu, který nastává i na nivních půdách s téměř nulovým sklonem, také přispívá rozrušování půdního povrchu orbou a ploužením, jelikož v drenážních trubkách byly zjištěny i půdní částice nesoucí adsorbované obsahy fosforu a organické hmoty krátce po aplikaci hnojiv. Nicméně celkový odnos jemné minerální složky, může pro některé půdní horizonty ve výhledu desítek let dosahovat až několika desítek procent oproti původnímu obsahu.

Období od 60. do 90. let 20. století představovalo pro českou vesnici intenzivní výstavbu rozsáhlých odvodňovacích zařízení, jako důsledku hospodářského plánu majícího za cíl československou potravinovou soběstačnost. Průvodní zprávy KPP ze zájmového území obsahují v případě dřívější realizace jejich rozlohy, avšak rozšíření, prohloubení nebo zcela nové vybudování těchto drenáží doporučuje pověřený půdoznalec v každé z těchto zpráv. Takováto strategie vedla k odvodnění marginálních a méně produkčně významných půd. Celková výměra ploch s vybudovanou drenáží se odhaduje na více než 1,1 mil. ha (Kulhavý et al. 2017), tedy více než čtvrtinu zemědělsky obhospodařované půdy v Česku. Část těchto zařízení byla, jak znázorňuje Obr. 3.1, vystavěna ještě dříve roku 1940 a přetrvání jejich funkčnosti do dnešní doby je tedy diskutabilní.



Obr. 3.1 Intenzita výstavby odvodňovacích zařízení (Kulhavý et al. 2017)

Obr. 3.1 dále porovnává nesoulad v různých evidencích, jelikož jednotná evidence podrobných odvodňovacích zařízení zřízena nikdy nebyla a tak je přímočaré dohledání meliorovaných ploch znemožněno. Archivy bývalé Státní meliorační správy, jež spravovala hlavní odvodňovací zařízení, přešly po jejím zrušení v roce 2000 pod působnost Zemědělské vodohospodářské zprávy, jejíž zánik v roce 2011 však následovala delimitace těchto archivů a tedy další ztráta informací. Prostřednictvím Portálu farmáře na webových stránkách MZe poskytuje vektorová

data vytvořená digitalizací dostupných papírových map meliorovaných pozemků pro jednotlivé okresy (eagri.cz 2016). Z důvodu zmíněné absence jednotné evidence nemůže poskytovatel garantovat kompletnost geometrického, ani atributového rozsahu.

3.1.2. Způsob obdělávání

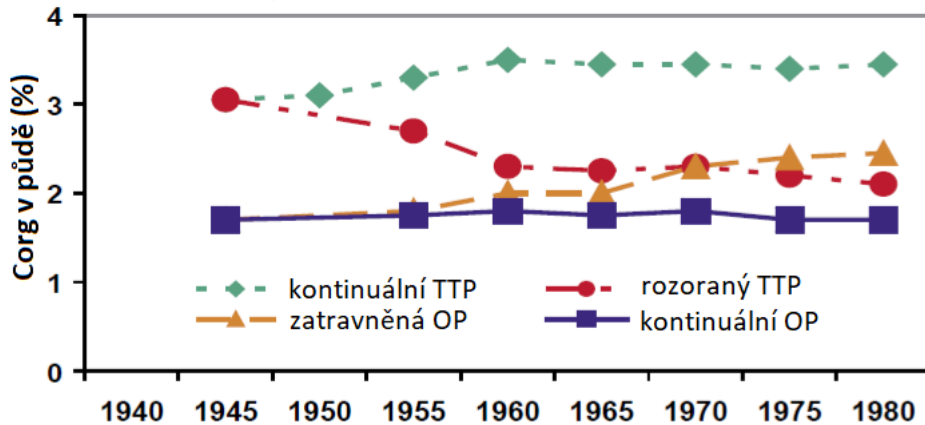
Mezi nejvýznamnější faktory moderující vlastnosti zemědělských půd patří způsoby jejího obdělávání. Jednak se jedná o pravidelnou kultivaci jednoletých a dvouletých plodin, ale také přeměnu trvalých porostů na ornou půdu.

Co se týče orné půdy, její kultivace byla v minulosti prováděna především klasickou orbou. Její hloubka často závisela na mechanizačních možnostech. V současné době jsou způsoby kultivace půd velice široké. Stále se používá klasická orba, často sahající do větších hloubek, ale zároveň se rozšiřují a jsou v čím dál tím ve větší míře uplatňovány i další kultivační postupy, jako jsou minimalizační a bezorebné technologie.

Hloubka orby, ale i použití odlišných technologií zpracování půdy vedou k odlišné distribuci živin a půdního uhlíku v profilu. Efekt hluboké (24-29 cm) a mělké (12-15 cm) orby na distribuci uhlíku v půdním profilu byl zhodnocen po ukončení polního experimentu na švédských jílovitých, prachovitohlinitých a písčitoohlinitých půdách, které byly těmito způsoby zpracovávány po dobu 15-20 let (Etana et al. 1999). Z výsledků této studie vyplývá, že mimo předpokládanou tvorbu zhutnělých a kompaktních vrstev půdy v odpovídajících hloubkách měla mělká orba za následek zvýšení obsahu C_{org} v ornici a jeho snížení v podorničí oproti půdě orané hluboce. Celkový obsah uhlíku v půdě se pak ovšem mezi oběma variantami nelišil. K podobným výsledkům ve své studii dospěli i Mary et al. (2020) kteří prokázali výrazné odlišnosti v distribuci C_{org} v profilu při různých způsobech kultivace, ale celková zásoba zůstávala stejná.

V posuzování vlivu rozlišných zemědělských praktik z hlediska změn půdních vlastností jsou nezastupitelné dlouhodobé polní pokusy. Jejich význam vyzdvihuje Goulding (2007), který představuje hodnocení dlouhodobých (1940' – 1980') vlivů změny kultury na obsah půdní organické hmoty (POH), které bylo provedené na polních experimentech v anglickém Rothamstedu. (Obr. 3.2).

EFEKT ROZORÁNÍ TRAVNÍHO POROSTU ČI ZATRAVNĚNÍ ORNÉ PŮDY NA OBSAH ORGANICKÉHO UHLÍKU V PŮDĚ



Obr. 3.2 Efekt změny kultury na obsah C_{org} v půdě

Půdy zde hodnocených pozemků vykazují dlouhodobou akumulaci POH po zatravnění orné půdy, či při kontinuálním udržování travního porostu. Po rozorání travních ploch se obsah C_{org} snižuje a při nepřetržité orbě je hladina POH udržována na iniciálních hodnotách, tedy v rovnovážném stavu. K tomuto se blíží také varianta s kontinuálním travním porostem, kde navyšování obsahu uhlíku probíhá po dobu 15 let a po zbytek sledování ustává v rovnovážném bodě (Goulding & Poulton 2007). Jiné studie (Auerswald & Fiener 2019; Don et al. 2009) naopak ukazují, že k poklesu POH v důsledku rozorání TPP a přeměnu využití na ornou půdu nemusí dojít, respektive, že při konverzi na TPP z orné půdy nemusí docházet k nárůstu POH. Obě studie ale nicméně ukázaly na výraznou změnu obsahu POH v rámci profilu.

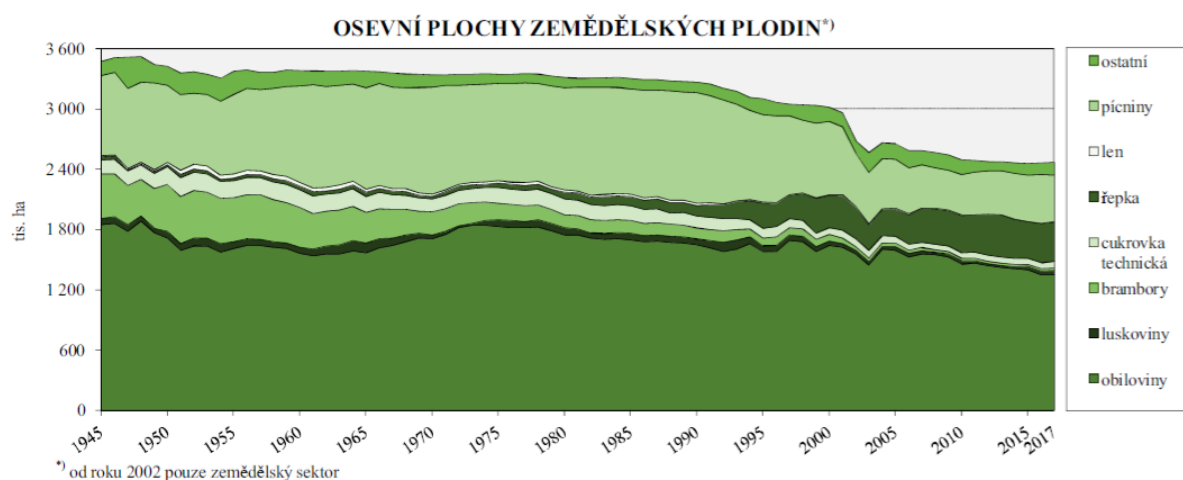
3.1.3. Skladba plodin

Zdrojem organického uhlíku v půdě jsou rostliny. Jeho vnos je dán odumíráním jejich těl – kořenů, ale i nadzemních částí, které se mohou dostat do půdy. Inkorporace může být přirozená, například v důsledku působení edafonu (žížaly) nebo jsou zapravovány člověkem při kultivaci půd. Dalším zdrojem jsou kořenové exudáty. Množství, které je každou rostlinou (plodinou) produkováno je odlišné a má tedy i různý vliv na množství organického uhlíku v půdě. U rostlin s mohutným kořenovým systémem a relativně větším podílem nadzemních posklizňových zbytků je obvykle větší potenciál ukládání uhlíku v půdě. Některé studie, ale na druhou stranu ukázaly, že i u produkčně odlišných plodin (travní společenstvo x obiloviny) může být výsledná produkce C_{org} velmi podobná (Kuzyakov & Domanski 2000).

Sled a zastoupení zemědělských plodin daný osevními postupy tak může výrazně ovlivňovat půdní vlastnosti. Skladba plodin, která je u nás pěstována se během minulosti výrazně měnila. Příčiny můžeme sledovat ve výrazných transformačních změnách, ke kterým docházelo v zemědělství (kolektivizace, pád socialistického hospodářství) a také poptávce po produktech na trhu a konkurenceschopnosti naší zemědělské produkce. Některé dříve tradiční plodiny byly výrazně redukovány, naopak jiné zažívají vzestup. Výrazně do transformace skladby plodin zasáhl i radikální pokles živočišné výroby v 90. letech minulého století, který v některých sektorech (výroba vepřového masa) pokračuje dodnes.

Zemědělství v Česku procházelo od 60. let minulého století vývojem v podobě dokončení celkové mechanizace práce a obecné intenzifikace. Zmenšování plochy zemědělské půdy na úkor zastavěných ploch bylo doprovázeno strukturálními změnami zemědělské produkce, které byly nejakcentovanější po transformaci národního hospodářství v 90. letech.

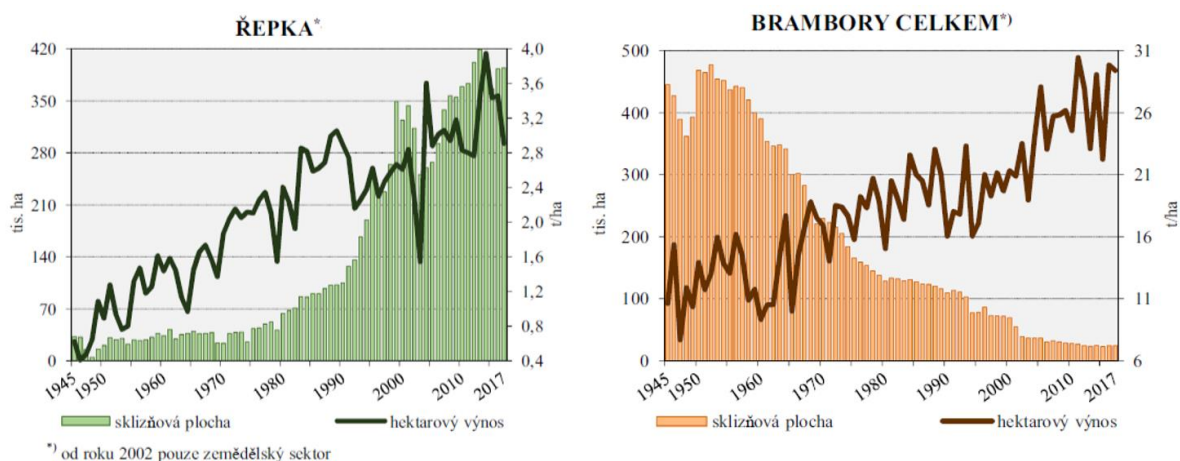
Změny skladby osevních ploch (Obr. 3.3) korespondovaly s nižší potřebou píce danou snižováním živočišné produkce, jak ji popisují data ČSÚ (Sálusová 2018), kdy počet skotu 3 mil. ks z 60. let narostl postupně na 3,5 mil. ks na začátku let 90. s následujícím propadem na stabilních 1,5 mil. ks v letech 2005 – 2017. Za stejnou dobu chov prasat kolísavě rostl z 3 mil. ks na 4,5 mil. ks během privatizace sektoru s následným lineárním poklesem na 1,5 milionu v roce 2012, se stabilním průběhem do roku 2017.



Obr. 3.3 Vývoj osevních ploch zemědělských plodin (Sálusová 2018)

Oproti tomu chov koní se od druhé poloviny 50. let propadl ze stabilních 235 tis. ks na 75 tis. ks v roce 1970, což vypovídá o průběhu kolektivizace, kdy koně ze soukromých stájí byli tracení z důvodu nastupující mechanizace v rámci družstva (Blažek 2004).

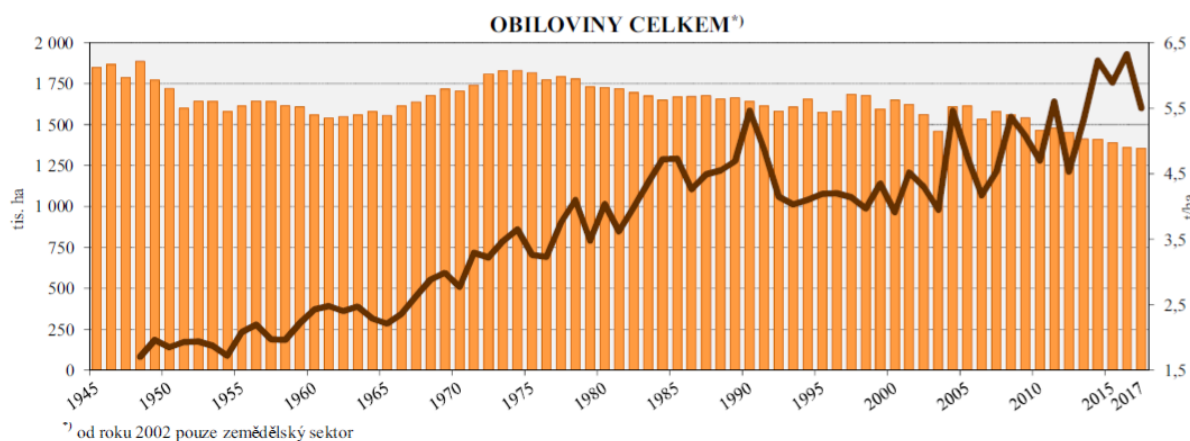
Dalším výrazným jevem ve vývoji rostlinné produkce bylo postupné omezování osevu okopaninami, kdy např. brambory, jejichž plochy byly v recesi již od poloviny století (Obr. 3.3), se dostaly z výměry téměř 470 tis. ha na dnešních 23 tis. ha a plochy technické cukrovky, v závislosti na postupné uzavírání provozů v českých cukrovarech především během 90. let se ztenčily ze 146 tis. ha z roku 1967 na 66 tis. ha v roce 2017. V prokazatelně vyšší míře než v letech 60. se naopak vysévá řepka (37 tis. ha v 1967 a 394 tis. ha v 2017) a kukuřice na zrno (13 tis. ha v 1967 a 84 tis. ha v 2017) (Sálusová 2018).



Obr. 3.4 Vývoj osevní plochy a výnosu řepky a brambor (Sálusová 2018)

Co se týče změn týkajících se samotných plodin - šlechtitelské práce a změny zemědělských praktik ústily v radikální zvýšení hektarových výnosů, jež se u řepky (Obr. 3.4) během 50 let více než zdvojnásobily. Stejný trend opisuje hektarový výnos také u obilovin (Obr. 3.5), vyjma stagnace v letech 90., zapříčiněné nejen výkyvy počasí, ale zejména vlivem neuspokojivého využívání pěstebních technologií vedoucím k vyššímu zaplevelení porostů a k šíření chorob a škůdců (Novák 2002). Tento úspěch obilné produkce s počátky v tzv. zelené revoluci v polovině století byl umožněn vyšlechtěním trpasličích kultivarů obilí, majících kratší a silnější, tedy proti polehání odolnější, stéblo. V případě pšenice se dnes kultivary tohoto typu vysévají až na 99 % jí osetých ploch (croplife 2016). Z hlediska bilance POH je důležité upozornit na fakt, že hmotnost podzemní kořenové biomasy těchto rostlin je pak až o třetinu menší oproti původním domestikovaným varietám (Waines & Ehdaie 2007).

V korespondenci s již popsaným propadem chovu koní a především skotu lze předpokládat snížení potřeby posklizňových zbytků, tedy slámy po obilninách v provozech a jejich ponechávání na polích s následným zapravováním do půdy. Takovýto předpoklad je v souladu s dobrými zemědělskými praktikami vedoucími k udržení hladiny půdní organické hmoty, návratu plodinou odčerpaných živin a k využití dalších ekosystémových služeb, které slámy poskytují k zachování půdních kvalit (Lal & Pimentel 2007).



Obr. 3.5 Vývoj osevních ploch a výnosu obilovin (Sálusová 2018)

3.1.4. Hnojení

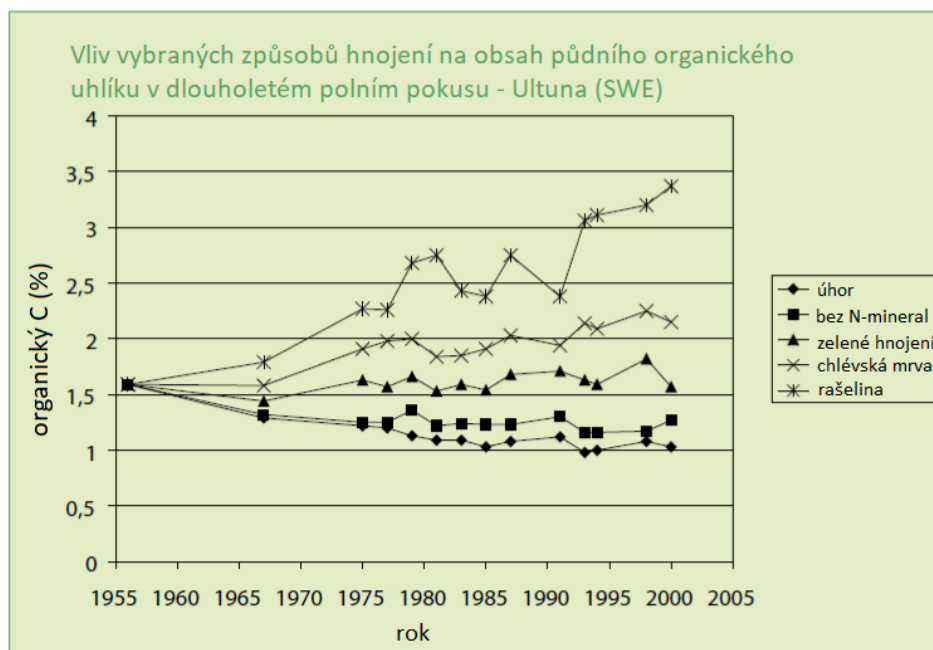
Intenzita zemědělské produkce je z velké míry závislá na používání hnojiv. Ta můžeme rozdělit na dvě základní skupiny, tedy statková hnojiva a minerální hnojiva. První skupina pochází z živočišné produkce, druhá je produktem průmyslové výroby. Aplikace hnojiv vede k zvýšení zásoby živin v půdě, které dále využívají rostliny. Znamená to jednak přímé zvyšování obsahu živin v půdě, ale také intenzivnější produkci biomasy a tím další nepřímé ovlivňování systému a dalších vlastností půd. Aplikace statkových hnojiv přispívá nejen k zvyšování živin v půdě (jako jsou N,P, K) ale také kladně ovlivňuje obsah C_{org} .

Nejdůležitějšími (a také na objem nejvíce aplikovanými) jsou hnojiva dusíku, draslíku a fosforu. Obsah dusíku v půdě je velice labilní a vykazuje vysoké výkyvy v půdě, respektive v systému půda-rostlina. Oproti tomu obsahy K a P jsou stabilnější a jejich obsah v půdách je lépe zachytitelný a může vypovídat o dlouhodobějších trendech.

3.1.4.1. Vliv hnojení na obsah půdní organické hmoty

Půdní organická hmota (POH) je jedním z hlavních ukazatelů kvality půdy. Základní složkou organické hmoty v půdě je uhlík – ten ji tvoří asi z 58 %. Obsah organické hmoty v půdě tihne k rovnovážnému stavu, který je dán uplatňovaným managementem půdy, množstvím do ní zapravované organické hmoty a rychlostí rozkladu této, ale také texturní charakteristikou a klimatickými podmínkami. Předpokladem je, že většina půd se v takto definovaném rovnovážném bodě nenachází, ale jejich obsah POH se zvyšuje či snižuje, v závislosti na jmenovaných faktorech. (Goulding & Poulton 2007)

Dlouholetý polní pokus ve Švédské Ultuně, prováděný po 2. polovinu minulého století měl za cíl zhodnotit vliv rozdílných forem hnojení (vždy 2000 kg C/ha/rok) na množství akumulované organické hmoty v půdě ($POH \sim 1,72 * C_{org}$). Během 44 let se obsah organického uhlíku při hnojení mrvou dostal na o více než třetinu vyšší hodnotu, kdežto při praktikování zeleného hnojení zůstal na iniciálních hodnotách. Rašelina, jakožto těžko mineralizovatelný organický materiál umožnila vysokou akumulaci POH a to až na dvojnásobné hodnoty oproti počátku pokusu (Obr. 3.6). (Gerzabek 2007)



Obr. 3.6 Způsob hnojení a dlouhodobá bilance uhlíku (Gerzabek 2007)

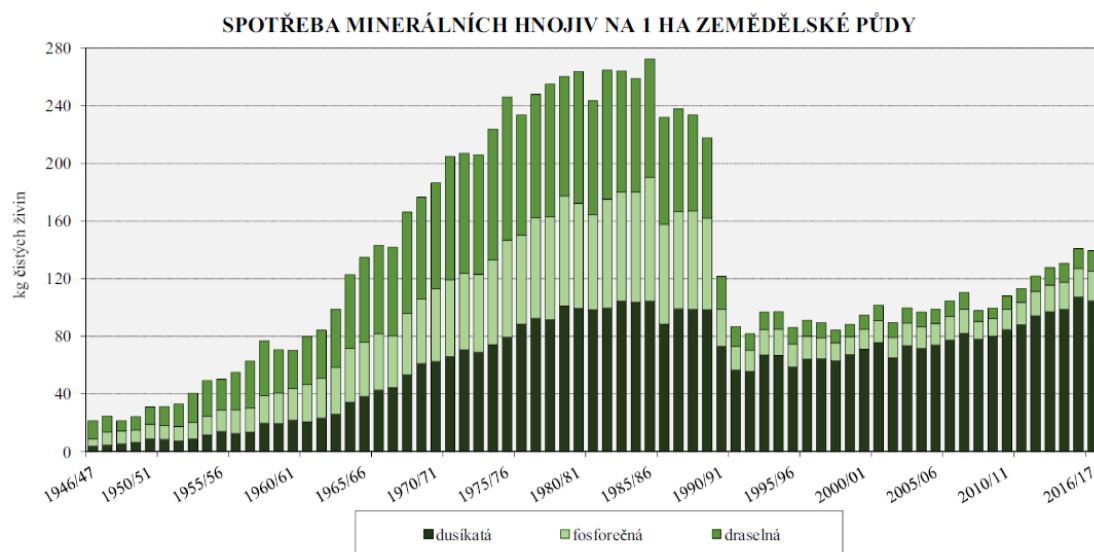
Posklizňové zbytky představují v rostlinné produkci značné objemy rostlinné biomasy, jejíž zapracování do půdy či odstranění z povrchu může mít z dlouhodobého hlediska zásadní vliv na bilanci půdní organické hmoty. Obilná sláma nacházela v tradičních agrosystémech se stájovým chovem dobytka uplatnění jako stelivo, příměs krmiv, ale i stavební či výrobní materiál. S rostoucí mechanizací zemědělství byla sláma po jistou dobu považována za nehodnotný materiál a pálena přímo na poli – od praxe se upustilo s uplatněním environmentální legislativy a rozvojem metod upravujících její stravitelnost (Suttie 2000).

V dlouholetém polním pokusu na prachovito-hlinitých půdách univerzity v Missouri obdělávaných od r. 1888 (Miles & Brown 2011) proběhla v r. 1950 změna managementu, kdy původně odebíraná sláma ozimé pšenice (za účelem simulace jejich uplatnění v živočišné výrobě) začaly být na příslušných polích zaorávány pro lepší upotřebení dusíkatých hnojiv. I přesto obsah půdní organické hmoty mezi lety 1915, 1938, 1962 a 1988 v naprosté většině vzorkovaných hloubek vykazoval na nehnojených kontrolních polích pokles. Varianty s pravidelně zaorávanou dávkou mrvy postihoval mírnější úbytek až do r. 1962, načež při vzorkování v r. 1988 byly v horních horizontech zjištěny téměř původní obsahy z r. 1915. Ze zastoupení frakce aktivního uhlíku Miles & Brown dále vyvozují význam vnosů pro kvalitu organické hmoty a dále odhadují dobu potřebnou k vytvoření rovnovážného stavu POH na 30-40 let.

Kemmitt et al. (2006) z výsledků výzkumu vztahu moderace půdního pH a dynamiky dusíku a uhlíku vyvozuje, že nezávisle na pH je obsah organické hmoty udržován na stabilní hladině – tedy rozdílné roční vnosy jsou vybalancovány vyššími emisemi CO₂.

3.1.4.2. Spotřeba hnojiv

Minerální hnojiva sloužící k základnímu hnojení či přihnojování vybranými živinami mohou být jednosložková či vícesložková. Jednosložková hnojiva mají svůj základ ve zvyšování rostlinám dostupných forem dusíku, draslíku a fosforu v půdě. Spotřeba všech typů minerálních hnojiv během družstevního hospodaření rostla s kulminací v 80. letech a následným propadem v roce 1990. Od té doby spotřeba fosforečných (P_2O_5) i draselných (K_2O) přípravků stagnuje na hodnotách do 20 kg/ha, zatímco spotřeba doplňků dusíku během téměř 30 let narostla na původní maxima z let osmdesátých (Obr. 3.7).



Obr. 3.7 Vývoj spotřeby minerálních hnojiv (Sálusová 2018)

3.2. Půdní vlastnosti

Základní půdní vlastnosti, které ovlivňují zemědělskou produkci lze rozdělit na fyzikální, chemické a biologické. Jejich kombinace pak zajišťuje vhodné prostředí pro růst rostlin a definuje tak míru úrodnosti půd. V rámci sledování úrodnosti zemědělských půd se obvykle sledují chemické vlastnosti, které mají k úrodnosti půd nejužší vztah. Obvykle je sledována půdní reakce, stav sorpčního komplexu a zásobenost půd základními živinami. Důležitým ukazatelem úrodnosti je také obsah humusu v půdě.

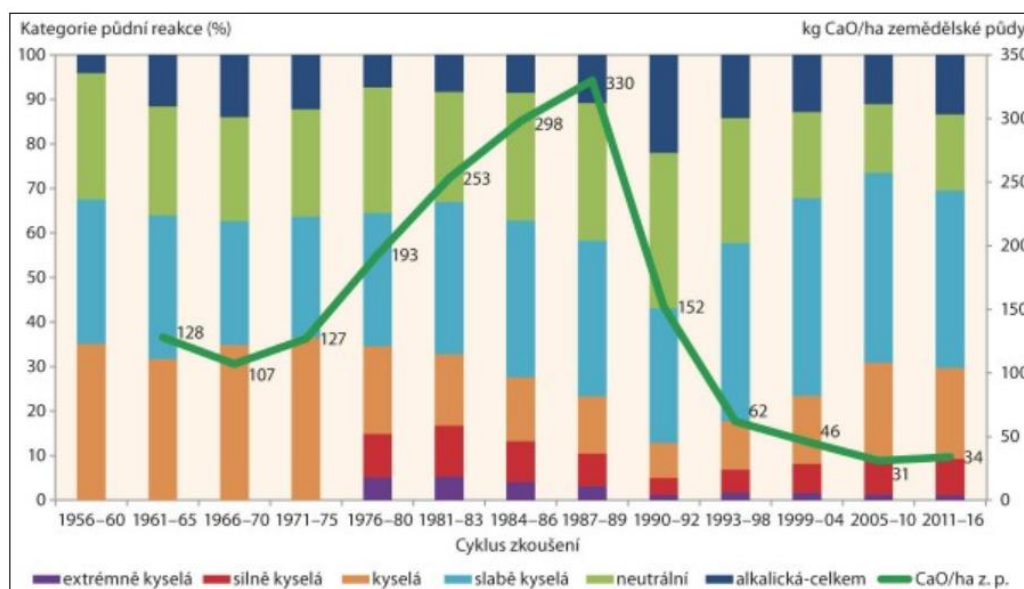
3.2.1. Půdní reakce a meliorační vápnění

Důležitou chemickou vlastností mající vliv na úrodnost je půdní reakce. Ta vyjadřuje poměr koncentrace vodíkových a hydroxylových iontů v půdním roztoku. Zásadně ovlivňuje biochemické půdní procesy a mechanismy příjmu živin rostlinami a nepřímo také podmiňuje celkový charakter vývoje půd, průběh zvětrávání, intenzitu humifikace organické hmoty, půdní strukturu, mobilizaci minerálních prvků a vznik půdních koloidů (Rejšek & Vácha 2018).

Tradičně je jednou ze základních sledovaných vlastností na zemědělských půdách a je součástí většiny průzkumů za účelem monitoring stavu půd (jako např. Agrochemického zkoušení zemědělských půd - AZZP). Půdní reakce je silně ovlivněna způsobem hospodaření

na půdě. Vývoj půdní reakce tak odkazuje na stav úrovně hospodářských zásahů na půdě, ať přímých (hnojení, vápnění) pak nepřímých (skladba plodin, odvodnění pozemků). Obr. 3.8 s údaji AZZP (Smatanová 2018) ukazuje trendy ve vývoji půdní reakce.

V 60. letech se výměnná reakce většiny českých půd pohybovala v kategorii „kyselá“, tedy v rozmezí 5,1-5,5 (Obr. 3.8). Se vzrůstající spotřebou vápenatých přípravků k meliorační



Obr. 3.8 Hodnocení půdní reakce a intenzita vápnění (Smatanová 2018)

úpravě půd získala největší zastoupení kategorie „slabě kyselá“, jejíž zastoupení rostlo nejen díky vyvápňení kyselých půd, ale také z důvodu okyselování neutrálních, případně i zásaditých půd mokřým spadem průmyslových emisí. Z toho důvodu se také množství ploch zemědělské půdy dostalo po polovině 70. let pod hranici pH 5, do kategorií „silně kyselá“ a „extrémně kyselá“, kam na počátku let 80. souhrnně spadalo více než 15 % zemědělských půd.

Hektarová spotřeba vápna rostla od dob provádění KPP až do do kritického roku 1989, kdy se zlomila a strmě klesla na méně než polovinu na začátku 90. let. Omezování vápnění pak pokračovalo až do začátku nového tisíciletí. Během let 90. ale také narůstal podíl půd s kyselou a slabě kyselou reakcí - tedy s hodnotami pH 5,1-5,5 a 5,6-6,5 - a to na úkor výměry ploch půd neutrálních a alkalických.

3.2.2. Živiny

V monitoringu půd se ohledně živin uplatňuje sledování obsahu fosforu a draslíku. Přírozený obsah P spočívá na dekompozici organické hmoty a je např. základem aktivity rostlinných pletiv, či má ústřední postavení ve struktuře nukleotidů a tedy zastupuje zásadní roli ve kvetení a plazení rostlin. Draslík je potom základním minerálním makrobioelementem účastnícím se osmoregulačních a hydratačních procesů v rostlinných pletivech a aktivačních procesů enzymatické části fotosyntetické asimilace CO₂. (Rejšek and Vácha 2018)

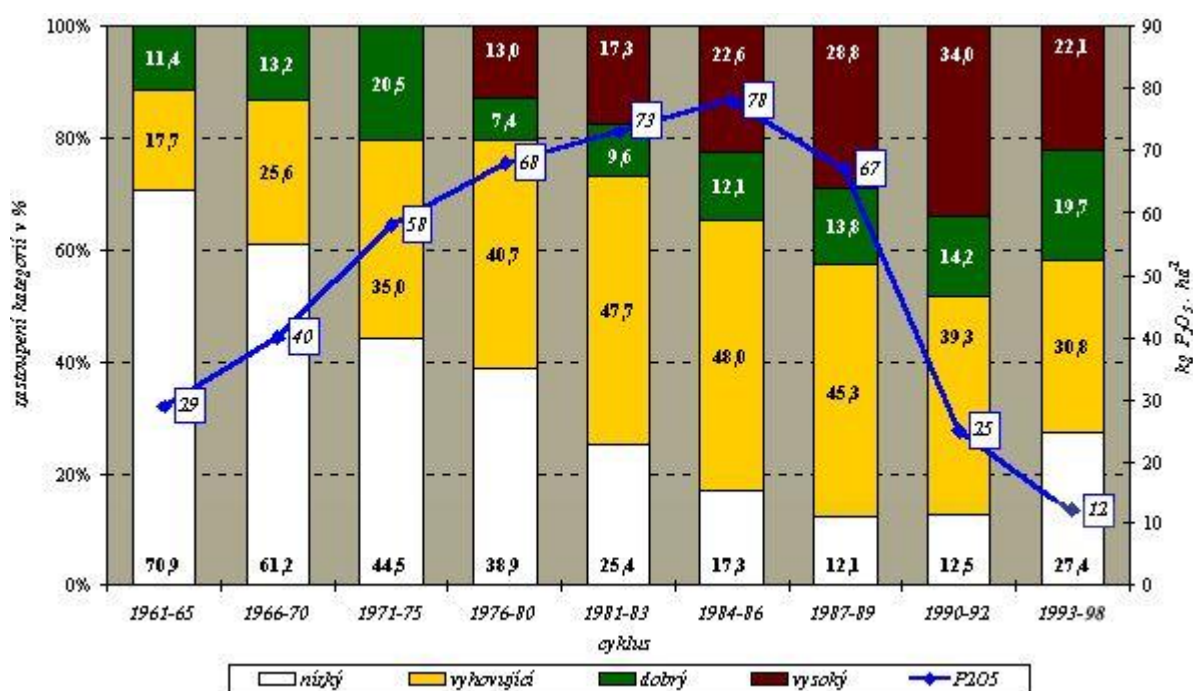
V půdách tvoří fosfor přibližně 0,01 – 0,15 % jejich hmoty, přičemž jeho převážná část je pro rostliny nepřijatelná. Asi 30 – 50 % celkového fosforu v půdě je vázáno v organických látkách a k jejich stanovení se běžně používá výluh v činidlo Mehlich III (Prášková & Němec

2016). V bazálním monitoringu zemědělských půd je pak jejich obsah hodnocený na škále nízký – velmi vysoký zvláště pro jednotlivé zemědělské kultury (Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Hodnocení obsahu P v půdách (Prášková & Němec 2016)

| obsah | OP | | TTP | |
|--------------|----------------|--|----------------|--|
| | P (mg/kg půdy) | P ₂ O ₅ (mg/kg půdy) | P (mg/kg půdy) | P ₂ O ₅ (mg/kg půdy) |
| Nízký | do 50 | do 115 | do 25 | do 58 |
| Vyhovující | 51 - 80 | 116 - 184 | 26 - 50 | 59 - 115 |
| Dobrý | 81 - 115 | 185 - 264 | 51 - 90 | 116 - 206 |
| Vysoký | 116 - 185 | 265 - 424 | 91 - 150 | 207 - 344 |
| Velmi vysoký | nad 185 | nad 424 | nad 150 | nad 344 |

S nárůstem a opětovným poklesem spotřeby minerálních hnojiv se v průběhu let měnil obsah živin v půdách na území ČR. Obr. 3.9 Vývoj obsahu fosforu v orné půdě a spotřeba fosforečných hnojiv v ČR (ÚKZÚZ 2009) V době provádění KPP byl obsah fosforu ve většině (61,2 %) půd hodnocen jako nízký, dále jako vyhovující (25,6 %) či dobrý (13,2 %). K největšímu vyhnojení fosforem pak docházelo v letech 1990 – 1992, tedy asi 6 let po kulminaci spotřeby fosforečnatých hnojiv (76 kg P₂O₅/ha půdy).



Obr. 3.9 Vývoj obsahu fosforu v orné půdě a spotřeba fosforečných hnojiv v ČR (ÚKZÚZ 2009)

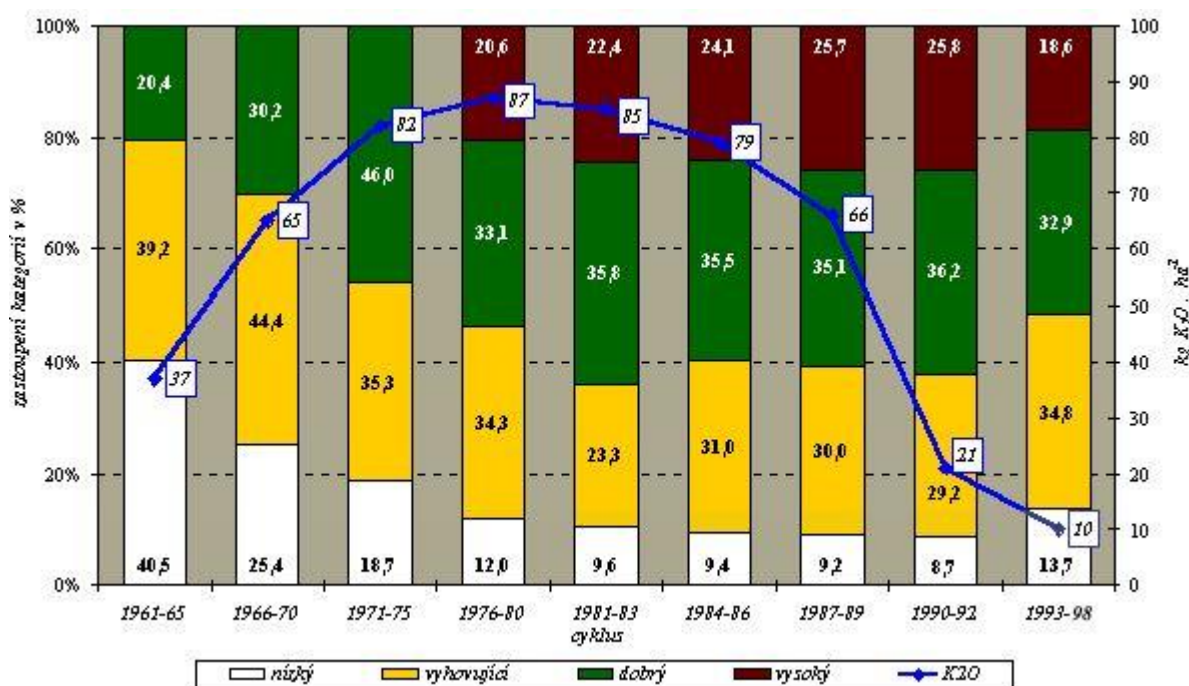
Celkový obsah draslíku je většinou půd 0,5 – 3,2 %, přičemž jeho formy lze kategorizovat jak výměnné, nevýmenné a vodorozpustné. Vodorozpustný K tvoří asi 1 – 10 % z K výměnného. Při jeho vyšším obsahu v půdním roztoku (nad 40 mg/l) se projevuje antagonismus k příjmu ostatních kationtů. Tato koncentrace v půdním roztoku je v půdách různých druhů dosažena při rozdílném obsahu výměnného K. (Prášková & Němec 2016)

Stanovení K v rámci bazálního monitoringu zemědělských půd se provádí rovněž v činidle Mehlich III. Tab. 3.2 pak přináší hodnocení jeho obsahu ve středně těžkých půdách vybraných zemědělských kultur.

Tab. 3.2 Hodnocení obsahu K ve středně těžkých půdách (Prášková & Němec 2016)

| | OP | | TTP | |
|--------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|
| obsah | K (mg/kg půdy) | K ₂ O (mg/kg půdy) | K (mg/kg půdy) | K ₂ O (mg/kg půdy) |
| Nízký | do 105 | do 126 | do 80 | do 96 |
| Vyhovující | 106 - 170 | 127 - 205 | 81 - 160 | 97 - 193 |
| Dobrý | 171 - 310 | 206 - 373 | 161 - 250 | 194 - 301 |
| Vysoký | 311 - 420 | 374 - 506 | 251 - 400 | 302 - 482 |
| Velmi vysoký | nad 420 | nad 506 | nad 400 | nad 482 |

V době provádění KPP byl obsah ve většině (44,4 %) českých půd hodnocen jako vyhovující, dále jako dobrý (30,2 % půd) či nízký (25,4 % půd) (Obr. 3.10). Maximální spotřeby draselných hnojiv bylo dosaženo v letech 1976 – 1980, a to 87 kg K₂O/ha půdy, přičemž maximální vyhnojenost K byla zaznamenána v letech 1990 – 1992.



Obr. 3.10 Vývoj obsahu draslíku v orné půdě a spotřeba draselných hnojiv v ČR (ÚKZÚZ 2009)

Obsah přístupných fosforečných a draselných živin v půdách ČR pro pozdější roky je také popsán jejich váženými průměry (Tab. 3.3) zjištěnými Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským během agrochemického zkoušení zemědělských půd (Smatanová 2018) prováděného v pravidelných cyklech od roku 1964. Byť souhrnné výsledky nejsou veřejně dostupné pro období dřívější 90. let, i z diskretních hodnot časové řady obsahů

živin lze číst značnou setrvačnost efektu intenzivního vyhnojování přídatky a celkovou perzistenci do půdy zavedených živin.

Tab. 3.3 Přístupné živiny v zemědělských půdách po roce 1990 (Smatanová 2018)

| kultura | Orná půda | | Trvalý travní porost | |
|------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | P ₂ O ₅ (mg/kg) | K ₂ O (mg/kg) | P ₂ O ₅ (mg/kg) | K ₂ O (mg/kg) |
| 1990-1992 | 247 | 338 | 176 | 258 |
| 1993-1998 | 231 | 306 | 174 | 230 |
| 1999-2004 | 222 | 270 | 179 | 247 |
| 2005-2010 | 206 | 289 | 176 | 276 |
| 2011-2016 | 206 | 306 | 160 | 280 |

3.2.3. Obsah půdní organické hmoty

Obsah organické hmoty patří mezi nejdůležitější ukazatele produkční schopnosti půd pro zemědělství a její ztráty jsou závažným projevem degradace půdního fondu. Půdní organická hmota se tvoří z organických látek na povrchu půdy, či v půdě žijící bioty, a podzemních částí rostlin. Hodnocení obsahu půdní organické hmoty ve smyslu obsahu oxidovatelného C přináší Tab. 3.4.

Tab. 3.4 Hodnocení obsahu C_{ox} v půdě (Sáňka & Materna 2004).

| Cox (%) | obsah |
|-----------|--------------|
| < 0,6 | velmi nízký |
| 0,7 - 1,1 | nízký |
| 1,2 - 1,7 | střední |
| 1,8 - 2,9 | vysoký |
| > 2,9 | velmi vysoký |

Organická látka může být v půdě zpracovávána jedním z procesů mineralizace, humifikace, rašelinění (ulmifikace), či může být asimilována půdní biotou. Rychlost rozkladu je ovlivňována vododržností půdy, půdní reakcí mající vliv na aktivitu rozkladných enzymů a schopností půdního prostředí sorbovat specifické obecně katalyzující sloučeniny (Rejšek & Vácha 2018).

Tvorba POH mechanismy biologické sekvestrace uhlíku prostřednictvím vegetace a mikroorganismů je procesem vedoucím ke zlepšení půdních fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastností a následně ke zvýšení jednak vyživovacích schopností, ale také ekosystémových služeb. Právě prostřednictvím těchto služeb je sekvestrace C také přínosná např. pro zlepšení kvality vody, nápravě degradovaných půd a degradovaných ekosystémů.

Organický uhlík obsažený v půdě je vázaný v různých funkčních formách organické hmoty, které jsou stabilizovány nejednotnými mechanismy a platí pro ně různá míra fluktuace. Důležitost charakteristiky a kvantifikace těchto forem právě z hlediska míry fluktuace pak

zdůrazňuje Lützov (2007), a to zejména pro použití v mechanistických modelech pro předpověď změn v zásobě POH.

Běžně se u POH provádí frakcionace na bázi fyzikální separace či chemických metod, případně jejich kombinace. Z použitých procedur pak plynou rozdělení POH dle hustoty, velikosti částic, uzavřenosti v půdních agregátech nebo dle chemické rezistivity či dispozici hmoty k chemické interakci. Tyto frakce ale nejsou jednotné, co se míry fluktuace týče, a přitom pro použití v modelech předpovídajících výměnu uhlíku mezi geosférou, biosférou a atmosférou jde o charakteristiku vysoce důležitou, a to z důvodu rozdílných vstupů a propadu zásob tzv. aktivní organické hmoty, pomalé organické hmoty a organické hmoty inertní v rámci uhlíkového koloběhu.

Doba obratu se u těchto konceptuálních frakcí významně liší, přičemž dosahuje hodnot v řádu jednotek let až po jejich tisíce. Závisle na této době zdržení se pak proměňuje i objem jednotlivých zásob. Aktivní POH, tedy myšlená frakce s dobou obratu nižší než 10 let, a tedy interagující s prostředím v relativně vysokém objemu v krátkém, a tedy snadno pozorovatelném čase představuje především mikrobiální biomasa a lehká frakce s objemovou hmotností do 2 g.cm⁻³. Oproti tomu pasivní POH je stabilizována kombinací různých mechanismů, které znemožňují izolaci této konceptuální frakce jako organické hmoty jednotné z hlediska doby obratu či právě mechanismu stabilizace. (von Lutzow et al. 2007)

Nicméně dle Schmidt et al. (2011) je většina objemu POH spotřebována během 25 – 105 let, přičemž i relativně persistentní typy sloučenin rostlinného původu jako dlouhé alkanové kyseliny, n-alkany a lignin vykazují dobu obratu kratší než hlavní masa POH. Zvláštní pozornost potom obrací na uhlí, tedy pyrolyzovaný uhlík s původem v divokých požárech, který může v lesních půdách boreálního pásma nebo v půdách stepí tvořit až 40 % celkové POH. Ačkoliv tento materiál není inertní, způsoby jeho rozkladu nejsou zcela známy a přestože se ve zmíněných půdách hromadí pravděpodobně po tisíce let, v polním experimentu zaměřeném na rozklad zbytků po požáru projevily uhlí obrat rychlejší než hlavní masa POH. Podle spektroskopické analýzy pak teplota hoření ovlivňuje stupeň aromatizace a velikost planárních aromatických struktur, které určují objem krátkodobé mineralizace. Interakce částic uhlí s jílovými částicemi a jimi poskytnutá fyzikální ochrana zase napomáhá k dlouhodobé stabilitě.

Studie zaměřené na dlouhodobou bilanci POH pracují buďto s archivními informacemi o zásobách uhlíku, nebo získávají původní data během nově založených polních pokusů, přičemž silným společným tématem je vztah bilance uhlíku ke změně využití území či půdního pokryvu (Land Use / Land Cover Change - LULCC). Je tomu tak z důvodu očividného vlivu LULCC na lokální bilanci uhlíku, a to navzdory tomu že uvolňování uhlíkatých sloučenin z půdy je z diskuze o snížení emisí skleníkových plynů do atmosféry vytěsněno emisemi pocházejícími z biomasy (Scharlemann et al. 2014)

Značné množství studií je dále věnováno bilanci POH vzhledem ke změnám zpracování zemědělské půdy, přičemž např. Miller et al. (2019) prokazuje opět různou citlivost napříč frakcemi POH. Jeho polní pokus porovnávající archivované půdy z roku 1975 se 4 pozemky dlouhodobě (1969-1991) zpracovávanými různými způsoby od bezorebného po hlubokou orbu

s následným zatravněním na dobu 17 let prokázal vyšší citlivost labilních frakcí POH na iniciační formy zpracování, stejně tak jako zvýšenou nestabilitu chemicky rezistentní POH, způsobenou nestabilitou vnějších podmínek. Tato studie tedy popisuje téměř dvacetiletou setrvačnost vlivu změny zpracování půdy na bilanci organického uhlíku.

3.3. Data Komplexního průzkumu zemědělských půd

3.3.1. Půdní legacy data

Odkaz informací získaných v rámci Komplexního průzkumu zemědělských půd (KPP) se ze své podstaty řadí mezi tzv. legacy data – tedy data v zastaralém a pro účely dalšího zpracování těžko přístupném formátu. Hendriks (2019) ve studii zaměřené na využití půdních legacy dat zmiňuje jejich zvyšující se dostupnost během posledních desetiletí a shrnuje jejich potenciál pro redukci vzorkovacího schématu při sběru nových půdních dat. Zároveň ale dodává, že většina těchto datových sad má podobu konvenčních půdních map, jejichž limitace představuje třeba zastaralost, prostorová diskontinuita, nekonzistence, či absence zhodnocení jejich kvalit (quality assessment). Nicméně půdní legacy data jsou hojně používána jako doplňková data pro digitální mapování půd, kde mohou posloužit při omezených informacích o současném stavu, přičemž ovšem často jde o data kvalitativní povahy (půdní vrty apod.) tam, kde je poptávka především po datech kvantitativních (Mayr et al. 2010).

Mayr (2008) přitom používá data obojí povahy, tedy záznamů z vrtů i starých půdních map poskytnutých britským National Soil Resources Institute pro produkci půdní mapy Eden Valley, přičemž v jím použitém postupu je přesně zhodnoceno, kolik je zapotřebí doplňujících sond a kde mají být provedeny, a ten by tak měl zajistit optimální využití těchto datasetů. Využití legacy dat pro mapování půd je také výhodné z důvodu finanční náročnosti sběru nových informací v terénu, kdy sondáž a odběr vzorků často představuje nejdražší z úkonů v mapování půd (Kempen et al. 2012).

3.3.2. Komplexní průzkum půd a jeho organizace

Komplexní průzkum půd byla kampaň trvající od roku 1960 do roku 1972, která probíhala na území Československa v koordinaci Ústředním výzkumným ústavem rostlinné výroby. Průzkum probíhal ve 3 etapách, a to v terénním průzkumu, laboratorním zkoušení odebraných vzorků a ve zpracování výsledků do formy půdních map, kartogramů a průvodních zpráv.

Terénní průzkum spočíval ve výkopu sond 3 kategorií – základních, výběrových a speciálních. Popis morfologie profilů základních sond byl podkladem pro vymezení okrsků základních půdních představitelů v rámci celků genetických půdních představitelů, jejichž analytické charakteristiky byly stanoveny na základě sond výběrových. U vzorků z těchto sond se laboratorně stanovoval obsah oxidovatelného uhlíku, CaCO_3 , K_2O , P_2O_5 , výměnná půdní reakce, výměnný vodík, sorpční kapacita s dopočtem sorpčního nasycení a úplné zrnitostní složení. Typické půdní představitele v rámci státu pak charakterizovaly analýzy speciálních sond, u nichž se stanovovaly další výběrové vlastnosti fyzikálního a chemického charakteru.

Přípravné práce zahrnovaly kompletaci informací o zkoumaném území a návrh sondážní sítě. Pro účely KPP bylo území Československa rozděleno do 3 kategorií dle litologicko-geomorfologické složitosti a složitosti půdního pokryvu. První kategorie zahrnovala rovinný až mírně svažité reliéf nížin (pahorkatin) s velmi jednoduchými půdně litologickými poměry, či vysokohorské louky a pastviny. Do druhé kategorie spadá rovinný až mírně svažité reliéf pahorkatin a nížin se složitými půdně litologickými poměry či půdy vysocin a hor. Kategorie třetí doplňuje klasifikaci o území širokých niv a říčních teras s velmi složitými půdně litologickými poměry a o území se zasolenými půdami. Hustota sondážní sítě výběrových sond je přitom pro území první, druhé a třetí kategorie 18, 12 a 7 ha půdy na jednu základní a 180, 120 a 70 ha půdy na jednu výběrovou sondu (Němeček 1967).

Terénní práce pak sestávaly z rekognoskace území a návrhu tras a lokací pro kopané sondy. Základní sondy byly rozmístěny s přihlédnutím k průběhu místního reliéfu, skladby vegetace a litologických poměrů tak, aby umožnily popis vztahu půdy a půdotvorných faktorů. Po dokončení popisu základních sond se zvolily lokace pro hloubení sond výběrových, či se vybraly sondy základní vhodné k prohloubení na sondy výběrové. Ty byly, na rozdíl od 120 cm hlubokých základních sond kopány do hloubky 150 – 200 cm. Výběrové sondy byly umístovány jednak podle potřeby charakterizace typických půdních představitelů a jejich litogenních forem, ale dále také podle potřeby klasifikace půdy ve sporných případech a splnění dostatečné hustoty jejich sítě. Speciální sondy pak hloubkou odpovídaly sondám výběrovým a hustota jejich sítě byla 3000 = 4000 ha na sondu.

Popis sondy se uváděl do jednotného formuláře polního záznamu, který v první části zachycoval informace o přesném umístění sondy, nadmořské výšce, rostlinném pokryvu, litologických vrstvách, či hladině podzemní vody a v části druhé (Obr. 3.11) údaje o morfologii nalezených horizontů, jejich mocnosti a charakteru přechodů mezi nimi.

| Návesť půdního profilu | Hloubka genetických horizontů | Morfoloický popis genetických horizontů | | | | | | Vzorky (hloubka) v cm |
|------------------------|--|---|-------------------------|------|--|---------------------------------------|--|-----------------------|
| | | barva | struktura | druh | skelovitost (těžkovitost, kornatost) | vlhkost konzistence | novotvary, píštěl, jiné znaky a vlastnosti | |
| | 10 222 | šedohnědá | drobtová | h | Kamenný brázdice pážíš do 10% | vlaha mluvná vlehta drobtová | Kořínky desťovky | ① 0-21 |
| | 30 45 | hnědošedá veziva bráčky | háznak listkova | h | Kamenný brázdice pážíš do 10% | vlaha mluvná vlehta soudrná | vlasové kořínky desťovky | ② 21-43 |
| | 50 60 70 80 | šedo- hvězda veziva skvrnky | drobtová polyedrická | h-jh | Kamenný brázdice pážíš do 5% | vlaha silná vlehta | vlasové kořínky desťovky | ③ 43-74 |
| | 90 100 110 120 130 140 150 | veziva šedo- skvrnky | polyedrická | jh | olho | vlaha tuha | do 80cm vlasové kořínky do 93cm otvory pro desťovky | ④ 74-130 |

Obr. 3.11 Polní půdní záznam KPP - druhá část (VÚMOP 2019)

Odběr vzorků se v základních sondách prováděl z humusového horizontu a z horizontu ležícího do hloubky 60 cm, pokud se zrnitostním složením lišil od humusového. Ve výběrových sondách se pak odebíral vzorek ze všech horizontů a to buď z jejich prostřední části, či z celého horizontu, pakliže jeho mocnost nepřekračovala 10 cm.

Po dokončení terénních prací a vyhodnocení výsledků laboratorních zkoušek byly v mapě měřítku 1:10 000 načrtnuty jednotlivé celky genetických půdních představitelů a okrsky základních půdních představitelů podle půdotvorných substrátů, skeletovitosti, dvojrstevnatosti a hloubky půdy. Tyto náčrty byly doplněny o použitou sondážní síť a sloužily k vyhotovení výstupních půdních map a kartogramů skeletovitosti, zrnitosti a zamokření v měřítku 1:10 000, jež sloužily potřebám zemědělských závodů a tedy zahrnovaly také kartogram návrhu zúrodňovacích opatření, které byly popsány v příložené, pro tyto závody určené průvodní zprávě.

Generalizací těchto materiálů vznikly půdní mapy a kartogramy v měřítku 1:50 000, které v rámci okresu zachycovaly celky genetických půdních představitelů, okrsky skupin půdotvorných substrátů apod, jež byly taktéž doplněny o průvodní zprávy o výrobních, přírodních a půdních poměrech s návrhy opatření vedoucích ke zúrodňování půd. Dále byly vytvořeny doplňkové kartogramy přírodních podmínek a agrochemických vlastností humusového horizontu v měřítku 1:200 000.

3.3.3. Specifika databáze KPP

Polní půdní záznamy i originály zhotovených půdních map KPP jsou archivovány na Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze. V posledních letech byla provedena digitalizace těchto materiálů spočívající v naskenování originálů pracovních map, polních půdních záznamů a následné vektorizace map a převedení informací z polních půdních záznamů do databáze Digitalizovaná data jsou VÚMOP postupně publikována formou webové aplikace Komplexní průzkum půd dostupnou na <https://kpp.vumop.cz/>, kde budou ve své kompletnosti přístupné do konce roku 2020 (VÚMOP 2017). Databáze KPP představuje ve světovém měřítku neobvyklý zdroj historických půdních dat, unikátní především co do rozsahu daty popisovaného území a jejich prostorovou hustotou.

Databáze tedy poskytuje informace o průběhu půdních jednotek, prostorovém umístění sondy, rostlinném krytu v době průzkumu, klasifikačním zařazení v rámci Geneticko-agronomické klasifikace (GAK), hloubce, stratigrafii jejího profilu, půdotvorném substrátu a popis každého identifikovaného horizontu, včetně přepisu výsledků laboratorních rozborů.

Díky autorovy přímé zkušenosti s přepisem těchto polních záznamů do digitální podoby byl seznámen s problémy vyvstávajícími z nejasnosti záznamu a nejednotností způsobu jeho vyplnění, především napříč průzkum provádějícími půdoznalci. Jedním z akcentovaných problémů je nepřesnost zanesení přesné lokace sondy do mapy nebo subjektivita při popisu barvy půdního materiálu, například při identifikaci některých horizontů a to z důvodu prostého slovního popisu barvy namísto jejího vyjádření ve smyslu Munsellovy škály barev. Dalším problémem při analýze dat je duplicitní záznam výsledků rozborů, kdy pro jeden v profilu identifikovaný horizont existují dva rozdílné výsledky každého z rozborů.

3.3.4. Využití databáze KPP

Nově digitalizovanou databázi KPP pro vědecké účely zatím využila Zádorová a kol. (2020) ke srovnání metod harmonizace geneticko-agronomického systému klasifikace půd (Němeček 1967) vytvořeným pro účely KPP se současným taxonomickým klasifikačním systémem půd (Němeček et al. 2011). Vyčerpávající obsah sebraných informací k jednotlivým výběrovým sondám doplňující informace o sondách základních dostupný v databázi umožnil srovnání klasifikačních systémů na úrovni genetického, jakožto i základního půdního představitele.

Údaje získané ze speciálních sond KPP srovnával se současným stavem půd Vopravil et al. (2019). Autoři se v této studii zaměřili na srovnání výměnné půdní reakce, obsahu C_{ox} , objemové hmotnosti redukované, pórovitosti a maximální kapilární vodní kapacity v orných půdách na 171 lokacích napříč územím ČR, potažmo tedy v jejich ornici a podorniči.

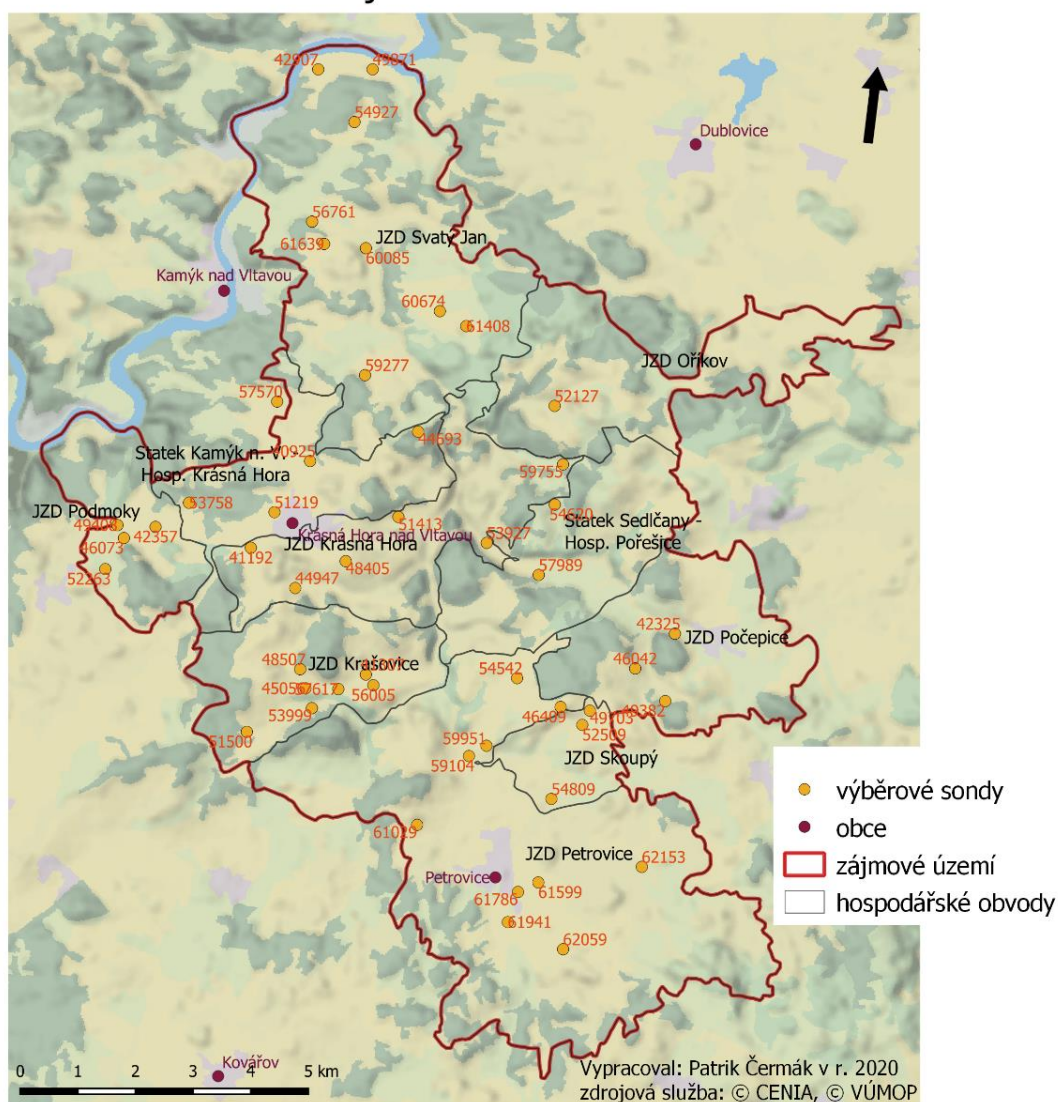
Doposud není v literatuře dostupná jiná studie využívající potenciál databáze, která může posloužit jako cenný zdroj podpůrných dat pro mapování půd, případně právě pro srovnání stavu půdy a jeho změn.

4. Materiál a metody

4.1. Vymezení a popis přírodních podmínek zájmového území

Zájmové území (Obr. 4.1) představují sousedící hospodářské obvody deseti zemědělských subjektů hospodařících v době provádění KPP v okrese Příbram ve Středočeském kraji, které jsou v současné době obhospodařovány z velké části společnostmi ZD Krásná Hora nad Vltavou. Dohromady má takto vymezená oblast rozlohu 11662 ha. Celková plocha zemědělské půdy těchto obvodů je pak 10123 ha, z čehož 7401 ha (73 %) bylo během průzkumu dokumentovaných jako orná půda a 2568 ha (25 %) jako louky či pastviny.

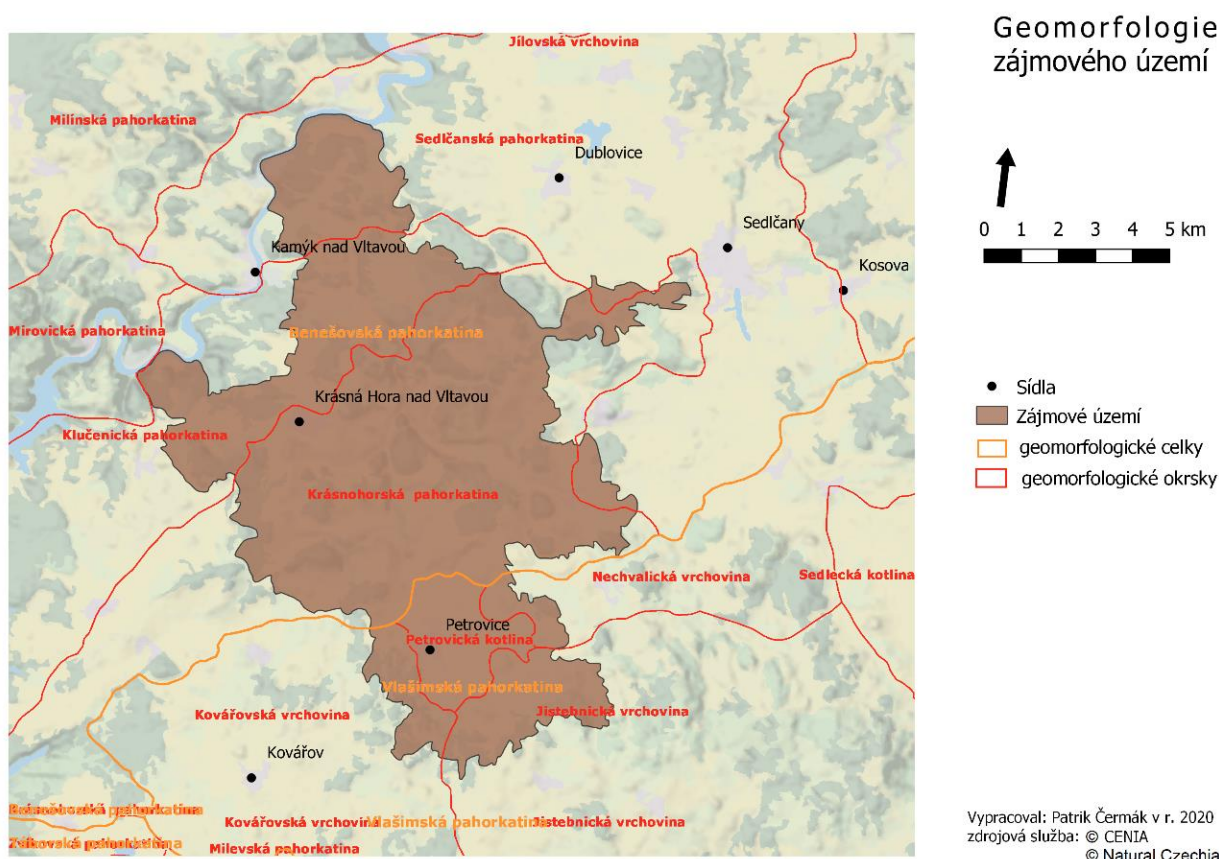
Přehled zájmového území



Obr. 4.1 Přehled zájmového území

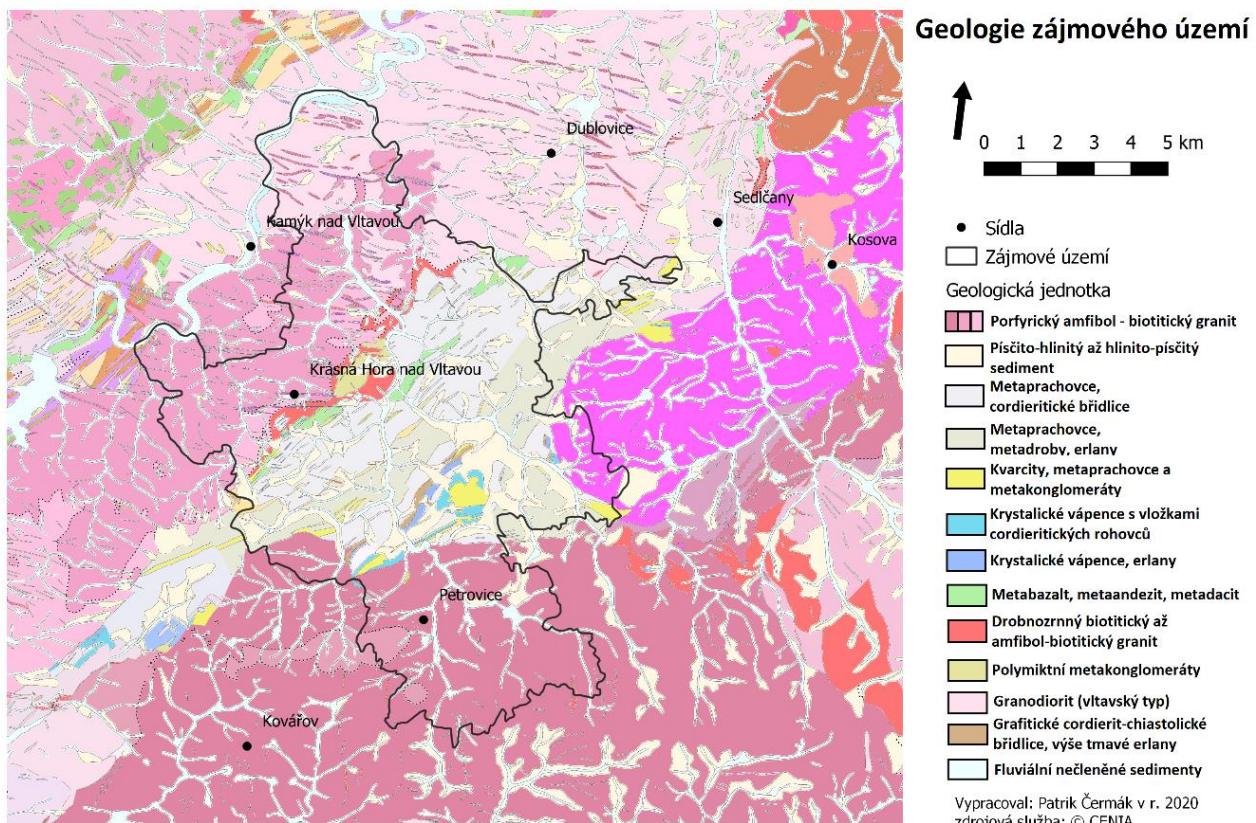
Zájmové území se v klasifikaci pro účely KPP svým reliéfem řadí do územní kategorie II, čemuž odpovídá i počet sond během KPP vyhloubených. Nicméně po rekognoskaci a zhodnocení území byla provedena selekce napříč výběrovými sondami, z důvodu jejich relativního nadbytku i nekompletnosti výsledků rozborů a bylo z nich vybráno 50 nejvíce reprezentativních, tedy 50 lokací ke hloubení sond nových. Tímto se hustota sondáže snížila na asi 200 ha zemědělské půdy na jednu sondu.

Z hlediska geomorfologického zařazení je území rozděleno mezi dva geomorfologické celky (Obr. 4.2), a to mezi Benešovskou pahorkatinu, kde území spadá do geomorfologických okrsků Sedlčanské, Klučenické a Krásnohorské pahorkatiny, jež jsou součástí podcelku Břežnické pahorkatiny a mezi celek Vlašimské pahorkatiny, kde zcela zaujímá okrsek Petrovické kotliny a zčásti zasahuje do Nechvalické, Jistebnické a Kovářovské vrchoviny, tedy okrsků spadajících do podcelku Votické vrchoviny. (CENIA 2019)



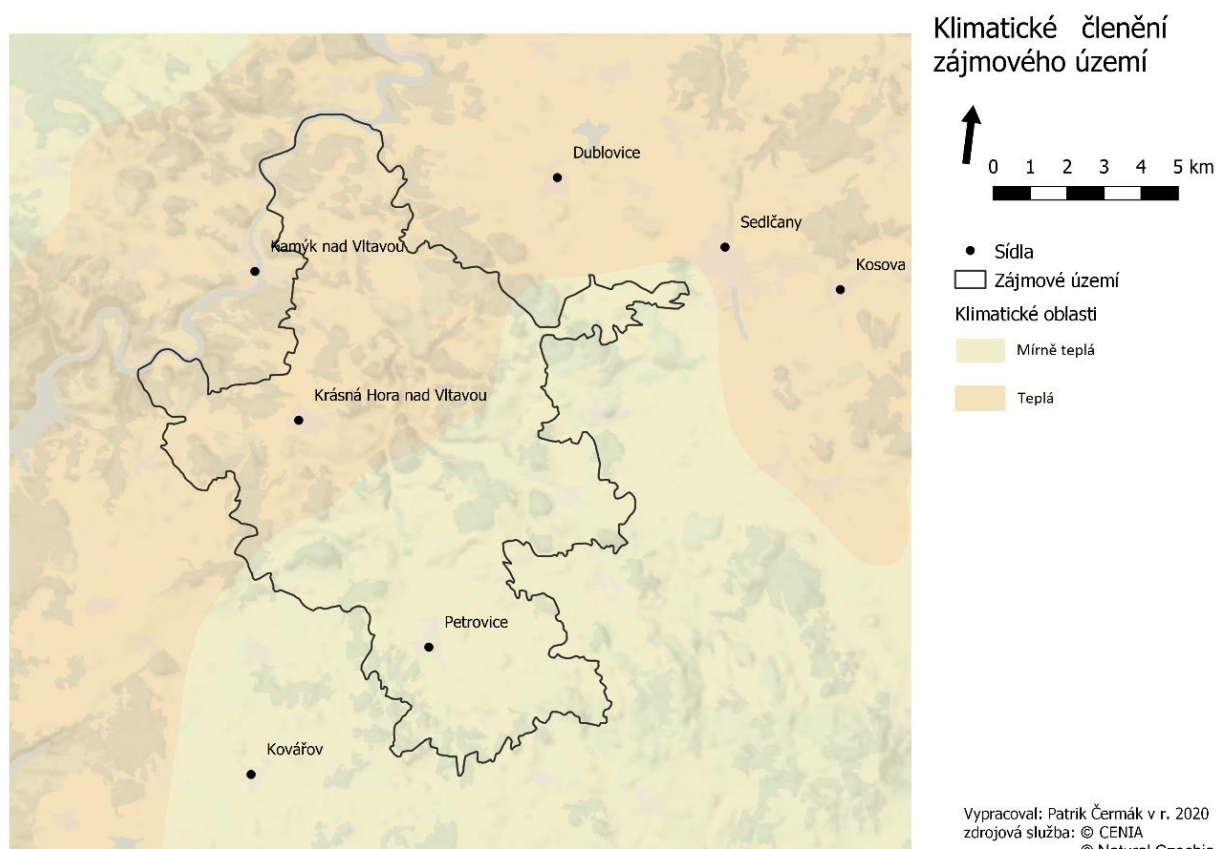
Obr. 4.2 Geomorfologie zájmového území

Geologická stavba území (Obr. 4.3) je dána především jeho polohou na střeđočeském plutonu. Severní (Sedlčanská a Klučenická pahorkatina) a jižní části (Vlašimská pahorkatina) jsou tvořeny granodiority, granity příp. porfyrickými amfiboly s azonálně uloženými nečleněnými fluvialními sedimenty. Střeđová část území (Krásnohorská pahorkatina) pak mimo cordieritických břidlic, metabazaltu, metadrob kvarcitů a vrstev písčito-hlinitých sedimentů odkrývá výstupy krystalických vápenců (lokalita u obce Skoupý) s vločkami cordieritických rohvců, metakonglomerátů a vápenato-silikátových erlanů. (CENIA 2019).



Obr. 4.3 Geologie zájmového území

Zájmové území se v klimatologických charakteristikách liší, přičemž severní část spadá do teplé oblasti, táhnoucí se podél Vltavy a část jižní náleží do oblasti mírně teplé, rozprostírající se přes celou Vlašimskou pahorkatinu (Obr. 4.4). Vymezení těchto klimatických oblastí vychází z klimatologických pozorování z let 1961-2000. Stěžejním kritériem byla délka ročních období podle počtu dnů s charakteristickými teplotami, dále průměrná teplota jednotlivých období a srážkové úhrny. Takto vymezený mírně teplý a teplý region se nijak neliší v charakteristice zimního období, avšak přechodné období teplé oblasti se vyznačuje nižším počtem mrazových dnů (100-140 oproti 140-160) a vyššími průměrnými teplotami podzimu (7-8°C oproti 5-7°C) a jara (8-9°C oproti 7-8°C), přičemž letní období zahrnuje více letních dnů (40-50 oproti 20-40) s vyšší průměrnou teplotou (15-16°C oproti 13-15°C), avšak stejným srážkovým úhrnem (CENIA 2019)



Obr. 4.4 Klimatické členění zájmového území

4.2. Charakteristika území a hospodaření dle dokumentace KPP

Zkoumané zájmové území bylo v době provádění KPP, které na daném území proběhlo v letech 1966 a 1967, spravováno Jednotnými zemědělskými družstvy Krásná Hora, Krašovice, Oříkov, Petrovice, Počepice, Podmoky, Skoupý, Svatý Jan, Státním statkem Kamýk nad Vltavou a Státním statkem Sedlčany – Hospodářstvím Pořešice. Z hlediska výrobního zařazení šlo o družstva typu bramborářského, potažmo bramborářsko-žitného, bramborářsko-ječného a bramborářsko-ovesného subtypu. Podle výměry zemědělské půdy byly největšími hospodařícími subjekty SS Kamýk nad Vltavou (3185 ha), JZD Petrovice (2099 ha) a JZD Svatý Jan (1226 ha) s procentem zornění 73 %, 70 % a 79 % respektive, přičemž průměrné zornění napříč subjekty bylo 72 % (Tab. 4.1).

Průvodní zprávy k provedenému půdnímu průzkumu v každém z obvodů sepsané příslušným půdoznalcem a dostupné prostřednictvím webového archivu (VÚMOP 2019a) popisují hospodaření v jednotlivých subjektech blíže. Zprávy obsahují mimo popisu místních přírodních a zemědělských poměrů i soubor doporučení pro zúrodnění a zlepšení půdních podmínek.

Tato doporučení souhrnně obsahují doporučení k vybudování odvodnění přemokřených půd, k zesílení dávek vápence pro úpravu nízké půdní reakce dané chemismem půdotvorného substrátu (většinou rozpad granodioritů), jež by měla vést ke zvýšení efektivnosti organického hnojení a k důslednému používání doplňků statkových hnojiv. U mělkých skeletovitých půd na polích je pak doporučen převod na pastviny

Tab. 4.1 Charakteristiky hospodařících subjektů

| hospodařící subjekt | zemědělský půdní fond (ha) | orná půda (ha) | zahrady a sady (ha) | louky (ha) | pastviny (ha) | struktura osevních ploch orné půdy | sezónní přemokření (ha) | trvalé přemokření (ha) | ze ZPF zamokřeno (%) | zornění (%) | výběrové sondy |
|---|----------------------------|----------------|---------------------|------------|---------------|--|-------------------------|------------------------|----------------------|-------------|----------------|
| JZD Krásná Hora | 844 | 614 | 12 | 94 | 125 | obiloviny 53,2 % pícniny 26,7 % okopaniny 13,9 % ostatní 12,8 % | 67 | 52 | 14 | 73 | 6 |
| JZD Krašovice | 458 | 337 | 11 | 62 | 48 | - | 41 | 54 | 21 | 74 | 7 |
| JZD Oříkov | 577 | 471 | 13 | 53 | 40 | zrniny 49,2 % krmné plodiny 33,4 % brambory 11,2 % technické plodiny 4,9 % ostatní 1,3 % | 54 | 45 | 17 | 82 | 1 |
| JZD Petrovice | 2099 | 1478 | 71 | 407 | 173 | obiloviny 43,0 % pícniny 38,4 % brambory 12,9 % ostatní 5,7 % | 238 | 194 | 21 | 70 | 9 |
| JZD Počepice | 640 | 414 | 11 | 106 | 110 | obiloviny 57,1 % pícniny 26,7 % brambory 10,8 % okopaniny krmné 2,5 % olejiny 2,5 % | - | - | - | 65 | 3 |
| JZD Podmoky | 262 | 191 | 6 | 28 | . | obiloviny 57,4 % brambory 13,6 % pícniny 19,4 % ostatní 9,6 % | 64 | 6 | 27 | 73 | 4 |
| JZD Skoupý | 268 | 159 | 5 | 41 | 64 | obiloviny 55,1 % pícniny 17,8 % okopaniny 14,4 % ostatní 12,7 % | 0 | 41 | 15 | 59 | 4 |
| JZD Svatý Jan | 1226 | 969 | 25 | 101 | 132 | obiloviny 50,1 % pícniny 19,8 % brambory 14,6 % krmné plodiny 12,4 % technické plodiny 3,1 % | 81 | 73 | 13 | 79 | 9 |
| Statek Kamýk nad Vltavou - Hospodářství Krásná Hora | 3185 | 2336 | 28 | 362 | 459 | obiloviny 54,8 % pícniny 25,0 % krmné plodiny 10,2 % brambory 6,8 % technické plodiny 3,2 % | 207 | 311 | 16 | 73 | 4 |
| Statek Sedlčany - Hospodářství Pořešice | 563 | 432 | 5 | 73 | 53 | obiloviny 51,2 % krmné plodiny 17,8 % pícniny 14,6 % brambory 10,4 % technické plodiny 6,0 % | 25 | 51 | 13 | 77 | 2 |

4.2.1. Hospodaření v subjektech v období KPP

4.2.1.1. JZD Krásná Hora

Šlo o bramborářsko-žitný výrobní subtyp zemědělského družstva s výrobním obvodem zorněným ze 73 %. Osevní postup družstva se řídil požadavky státního plánu, přičemž střídání plodin nebylo v době průzkumu důsledně dodržováno a družstvo nestačilo vyhnout potřebné pozemky mrvou. Z toho důvodu průvodní zpráva navrhuje zakládat ve větší míře komposty. V posledních letech před průzkumem nebyly provedeny meliorace navzdory zamokření větší části luk. Zamokření hospodářského obvodu činilo 67 ha sezónně a 52 ha trvale, tedy 14 % z výměry ZPF. V obvodu je situováno 7 výběrových půdních sond. (Honzátko 1968)

4.2.1.2. JZD Krašovice

Družstvo bez specializace, hospodařící nepravidelným šestihonným osevním postupem bylo zařazeno do bramborářsko-žitného subtypu. Výnosy z let 1964 – 1966 byly podprůměrné a představitelé uvažovali o rozšíření osevních ploch pícnin na úkor obilovin. V obvodu

zorněném ze 74 % se projevovala erozní činnost na svažitéch pozemcích, které ale v době průzkumu již byly zatravněny. Právě od svažitosti se odvíjely možnosti využití mechanizace, přičemž uplatnit šly střední i těžké stroje. (Balada 1967a)

Balada (1967a) dále zmiňuje zamokření pozemků, které i přes rozsah 21 % půdního fondu nebylo hodnoceno jako tíživý problém a tudíž meliorační odvodnění dosud provedeno nebylo. V obvodu se provádělo hnojení chlévskou mrvou každý šestý rok v dávce 35 – 40 t/ha, přičemž zelené hnojení se neaplikovalo a půda se vápnila pouze minimálně a bezplánovitě, stejně jako se používala průmyslová hnojiva v dávkách 80 – 100 kg čistých živin/ha. Kvalita některých lučních porostů podle hodnocení neodpovídalo nárokům živočišné výroby a ve zprávě je doporučeno rozorání rotavátory a také převod některých mělkých a skeletovitých polí na pastviny.

4.2.1.3. JZD Oříkov

Výrobní subtyp družstva byl bramborářsko-ovesný s popsanou výbornou úrovní agrotechniky, a to vzhledem ke špatným půdním podmínkám, navzdory kterým výroba dosahuje slušných výnosů, které byly ovšem v letech 1964 a 1965 ve výkyvu kvůli dlouhým deštům. V obvodu nebyly provedeny meliorační práce a podmínky dovolovaly využití nejvýše středně těžkých mechanizačních prostředků. Zemědělská půda v obvodu družstva je zorněná z celých 82 %. (Těžký 1967c)

4.2.1.4. JZD Petrovice

V průvodní zprávě (Balada 1967b) popsaný rozsáhlý hospodářský obvod (2099 ha – zornění 70 %) byl rozdělen mezi bramborářsko-ovesný a bramborářsko žitný výrobní subtyp a půdní fond v něm byl oséván dle šestihonného postupu, vyjma menší části v desetihonném osevním postupu. Pěstování plodin bylo do roku 1967 řízeno nároky státního plánu a vlastní potřebou krmiv, přičemž skladba osevu je ve zprávě hodnocena jako „pouze zčásti vyhovující“ a bylo by podle ní záhodno klást důraz na rozšiřování pastvin. Výnosy plodin byly hodnoceny jako „poměrně nízké“, což mělo souviset jak s celkovou strukturou hospodaření, tak organizací s nejasným výhledovým plánem.

Použití těžké mechanizace bylo omezené vzhledem k vyšší balvanitosti a svažitosti dosahující až 20 %. Na zbylých pozemcích se uplatňovala mechanizace střední a lehká. Aplikace statkových hnojiv se prováděla jednou za 6 let v dávce 35 – 40 t/ha a to především pod brambory a louky se hnojili komposty v minimální míře, přičemž jak pole, tak louky se vyhnojovaly průmyslovými hnojivy v dávce 110 kg čistých živin/ha. Zelené hnojení se v družstvu nepoužívalo a strništní směsky se neosvědčily pro špatné klimatické poměry. Odvodnění provedeno nebylo, přičemž zamokření postihuje v obvodu celkově až 432 ha, tedy 21 % zemědělských půd. (Balada 1967b)

4.2.1.5. JZD Počepice

Družstvo Počepice s bramborářsko-žitným zařazením nebylo výrazně specializováno. V době průzkumu (1966) mělo družstvo zpracovaný plán hospodářsko-technických úprav

pozemků, který ukládal provést odvodnění větší části luk a doplnění již stávající meliorační sítě, kterou zpráva doporučovala prohloubit a udržovat v průtočném stavu. Většina pozemků ve správě družstva byla přístupná pro střední mechanizaci, avšak významná část pouze pro potažní síly. Míra zornění zemědělského půdního fondu dosahovala 65 %.(Loutecký 1967)

4.2.1.6. JZD Podmoky

Družstvo svým výrobním zařazením spadalo do bramborářsko-pšeničného výrobního subtypu. Balada (1967c) hodnotí půdní drážbu jako ucelenou a plán hospodářsko-technické úpravy půdy shledán vyhovujícím. Výnosy plodin byly hodnoceny jako „dobré“ a to díky pracovitosti členů družstva, intenzivnímu hnojení a dobré agrotechnice. Ostatně šlo podle průvodní zprávy o mechanizačně dobře zajištěné družstvo a pro těžkou mechanizaci byly přístupné všechny pozemky v obvodu, až na strmé svahy na břehu Vltavy, jejichž část již byla v době průzkumu zatravněna z důvodu postupující eroze.

Statková hnojiva se na orné půdy v družstvu aplikovala v dávkách 20 - 35 t/ha jednou za 3 roky a hektar louky byl každý 3. rok pohnojen 20 – 25 t kompostu. Zelené hnojení se v obvodu neprovádělo a vápnění pouze v nedostačujících dávkách. Průmyslová hnojiva byla dávkována v míře 80 kg č.ž./ha. Zemědělský půdní fond ve správě družstva byl zorněn ze 75 % a zamokřen až z 27 %, avšak z větší části však pouze sezónně. (Balada 1967c)

4.2.1.7. JZD Skoupý

V průvodní zprávě (Honzátko 1967) je JZD Skoupý popsáno jako ekonomicky neupevněné družstvo bramborářsko-ovesného typu, dosahující kolísavých hospodářských výsledků, které nestačí vyhnojit potřebné pozemky mrvou. Z toho důvodu je uvedeno i doporučení zakládat víc komposty. Míra zornění ZPF je 59 %, přičemž větší část luk v hospodářském obvodu je trvale zamokřena, přičemž nákladnější meliorace provedeny nebyly. Mezi doporučeními jsou uvedeny také technické úpravy pozemků, ve smyslu odstranění skalek a balvanů na polích, místy i na lukách.

4.2.1.8. JZD Svatý Jan

V hospodářském obvodu družstva bramborářsko-žitného výrobního subtypu je zorněno 79 % z výměry 1226 ha půdního fondu. Úroveň agrotechniky je popsána (Těžký 1967d) jako výborná vzhledem k velmi dobrým výnosům navzdory špatným půdním podmínkám a péče o luční porosty příkladná. Komplexní meliorační akce provedeny nebyly, avšak v plánu byla výstavba trubkové drenáže na 7 z celkových 154 ha sezónně i trvale přemokřených.

4.2.1.9. Státní statek Kamýk nad Vltavou

Státní statek o hospodářském obvodu 3185 ha byl zařazen zčásti do bramborářsko-žitného a do bramborářsko-ovesného výrobního subtypu. Zemědělská půdní fond v obvodu představoval ze 73 % půdu ornou. Výnosy hlavních plodin popsané ve zprávě (Těžký 1967a) měly v roce 1966 vzestupný charakter, údajně díky konsolidaci statkového hospodářství a řádnému agrotechnickému vedení a komplexní meliorace byly místně zařazeny v plánu. V době

průzkumu taky byly provedeny HTÚP a podle zprávy „vcelku vyhovují“. V posledních letech před KPP se taky zvyšuje výroba chlévské mrvy.

4.2.1.10. Státní statek Sedlčany - Hospodářství Pořešice

Hospodářství Pořešice bylo zařazeno do bramborářsko-ovesného výrobního subtypu. V obvodu bylo zorněno 77 % a přemokřeno 76 z celkové výměry 563 ha, přičemž 2/3 těchto ploch byly přemokřeny trvale a s melioracemi se počítalo v dohledné době. Úroveň agrotechniky byla slušná a výnosy hlavních plodin v posledních čtyřech letech vyrovnané. (Těžký 1967b).

4.3. Hospodaření v současnosti

V současné době je celé zájmové území obhospodařováno akciovou společností ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s. v rámci dvou závodů – Středisko Krásná hora a Farma Petrovice. Společnost je zaměřena na živočišnou produkci – chov zahrnuje 4200 kusů skotu, z toho je 1530 dojných krav. Skladbu plodin ovlivňuje i provoz 2 bioplynových stanic, v Krásné Hoře (526 kW) a v Petrovicích (824 kW). Struktura plodin na orné půdě pak v rámci celého ZD je: obiloviny 43 %, olejniny 16 %, píce 37 %, luskoviny 3 %, ostatní – svazenka, biopásy 1 %

Středisko Krásná Hora hospodaří na 2380 ha půdy při míře zornění 64 %. Středisko pěstuje kukuřici na siláž, vaječnou, jetel, luskovinoobilné směsky a dále pšenici, ozimý i jarní ječmen, žito, řepku, hrách a svazenku. Odpadní produkty z bioplynové stanice využívá středisko ke hnojení půdy, na které také pravidelně provádí meliorační vápnění. K obdělávání středisko v posledních letech využívá s ohledem na legislativní požadavky stále ve větší míře moderních postupů typu strip-till a technologie precizního zemědělství, přičemž při pěstování kukuřice a pšenice aplikuje minimalizaci zpracování půdy v kombinaci s výsevem meziplodin, kdežto konvenčních technologií využívá při zaorávání organické hmoty.

Výrobní obvod Farmy Petrovice čítá půdu o výměře 1430 ha, ze které 65 % tvoří půda orná. Na této farmě pěstuje kukuřici, luskoviny (lupina, hrách), ozimý ječmen, ozimou pšenici, nahý oves, žito, čirok a vaječnou. Při pěstování širokořádkových plodin dbá farma na protierozní ochranu půdy setím do meziplodiny (svazenka vratičolistá), či zpracování půdy formou strip-till.

4.4. Terénní práce

Při terénních pracích bylo vyhloubeno 50 kopaných sond na lokacích výběrových sond komplexního průzkumu půd (Obr. 4.5). Přesná místa výkopu byla zvolena dle situačních map sestavených v rámci KPP, kde by měla být zakreslena s přesností 20 m. V sondách byla popsána stratigrafie s diagnostickými znaky, určeny diagnostické horizonty, provedena klasifikace dle TKSP a odebrány porušené půdní vzorky. Během klasifikace byly vyplňovány standardní polní záznamy, pořízena fotografie čela sondy a vzorky byly odebírány do uzavíratelných PE sáčků. pro ověření lokální variability půdních vlastností, byly u každé sondy provedeny 4 vpichy (ve směru světových stran) ve vzdálenosti 25 metrů od sondy. Z vpichů byly odebrány vzorky ornice a podorničí (případně povrchového a podpovrchového horizontu u trvalých travních

porostů), taktéž do uzavíratelných PE sáčků a byly pořízeny fotografie okolí středové sondy v pohledu směrem k místům vpichů.



Obr. 4.5 Kopaná sonda na lokaci 57617, určena jako luvizem modální, slabě oglejená na břidlici

4.5. Laboratorní práce

Laboratorní rozborů byly provedeny ve specializovaných laboratořích Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i.. V laboratořích byly stanoveny stejné charakteristiky, jichž se týkaly laboratorní práce během KPP. Jednalo se o stanovení zrnitostních frakcí, obsah organické hmoty a uhličitánů, aktivní a výměnná půdní reakce, titrační acidita, obsah vodíkových kationtů, stupeň nasycení sorpčního komplexu a obsah oxidu draselného a oxidu fosforečného, tedy přístupných živin. Tyto půdní vlastnosti byly stanoveny stejnými metodami, jaké byly používány v době provádění KPP (Sirový et al. 1967).

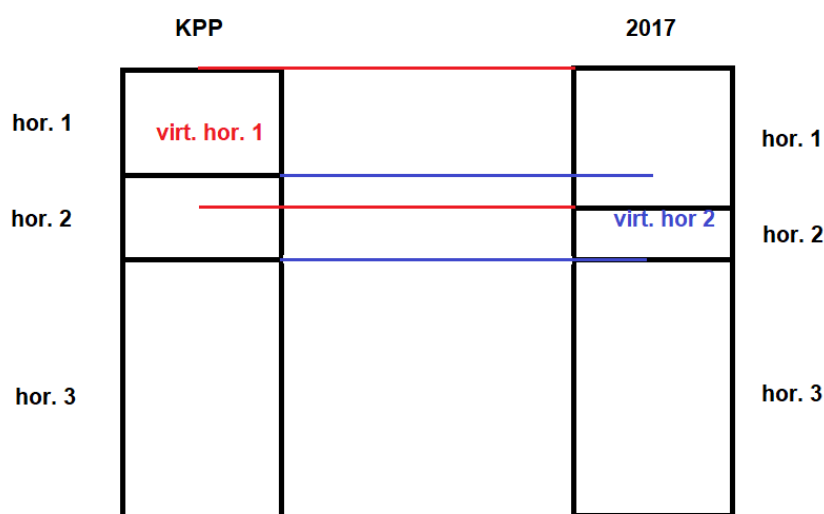
4.6. Metody zpracování dat

Data popisující stratigrafii profilů půdních sond kopaných při současném průzkumu byla sestavena do databáze, kde jeden prvek (řádek) odpovídá právě jednomu půdnímu horizontu popsanému při terénních pracích a zkoumanému při laboratorních zkouškách. Tento formát odpovídá strukturou datovému exportu z databáze archivních dat KPP. Tabulka je pak doplněna o proměnné připisujícímu každému z půdních horizontů identifikační číslo sondy a

pořadí horizontu v profilu, stejně tak jako hloubky jeho vrchní a spodní hranice. Příklad databáze je uveden v příloze 1.

Před zpracováním dat bylo potřeba upravit tabulku s historickými záznamy, a to z důvodu popsané duplicity výsledků laboratorních zkoušek pro jeden horizont. V těchto případech byl jeden horizont vzorkovaný ve 2 menších intervalech, přičemž hloubka přechodu hranice mezi těmito dílčími horizonty byla zaznamenána. Nicméně u takto dělených horizontů podstatná část výsledků z jednoho z rozborů chyběla, a tudíž byla použita zbylá hodnota pro celý horizont. V ostatních případech byla dopočítána souhrnná hodnota pomocí metody váženého průměru, kde váhu představoval podíl zaznamenané mocnosti dílčího horizontu z celkové mocnosti horizontu.

Pro porovnání historických dat KPP s aktuálně vzorkovanými profily bylo potřeba řešit fakt, že si u jednotlivých sond neodpovídala hloubka (mocnost) popsaných horizontů z aktuálního průzkumu s hloubkou (mocností) horizontů popsaných v rámci KPP. Jedním z hlavních důvodů bylo výrazné prohloubení mocnosti orničního horizontu (více v kapitole 5.3.1). Aby mohly být obě datové sady porovnány, byly vytvořeny virtuální horizonty (Obr. 4.6) dle v terénu popsaných intervalů mocnosti. Hranice virtuálního povrchového a virtuálního podpovrchového horizontu na sebe tak nemusejí navazovat, spíše dochází k jejich překryvům. Výpočet hodnot připsaných virtuálnímu horizontu byl proveden dle rovnice 1.



Obr. 4.6 Virtuální směšené horizonty pro účely porovnání

$$Prop_a = \sum_{i=1}^n \frac{Mass_i}{Mass_b} \times PartVal_i, \quad (1)$$

kde:

$Prop_a$ je směsná hodnota pro srovnání s vlastností horizontu b popsaného v terénu,

$Mass_i$ je mocnost dílčího horizontu i uloženého ve stejné hloubce jako v terénu popsaný horizont b,

$Mass_b$ je mocnost v terénu popsaného horizontu b,

$PartVal_i$ je hodnota vlastnosti dílčího horizontu i.

Tento způsob sestavení povrchového a podpovrchového virtuálního horizontu byl zvolen z důvodu eliminace vstupu chybějících hodnot do výpočtu. Chybějících hodnot výsledků rozborů třetích a hlubších horizontů je především v databázi KPP značné množství (často až 17 z 50) a při jejich vstupu do výpočtu je nutno opomenout celý horizont, neboť odhad chybějící hodnoty není možný a použití pouze dostupných hodnot pro celý virtuální horizont by značně ovlivnilo výsledky srovnávání.

Prostorová půdní variabilita byla zhodnocena výpočtem variačního koeficientu, také nazývaného relativní standardní odchylka, pro jejíž výpočet byly použity hodnoty ze vpichů v okolí každé sondy. Rozdíl hodnot zjištěných v sondě byl poté porovnáván s průměrem hodnot zjištěných ze vpichů.

Toto zpracování dat proběhlo v prostředí programu RStudio, který slouží k interpretaci programovacího jazyka R. Zde byla také vyhodnocena popisná statistika datových souborů (kvantily, rozsahy, směrodatné odchylky) a byly zde vytvořeny histogramy a boxploty. Pro zjištění statistické významnosti změn půdních vlastností byl použit Wilcoxonův nepárový test. Mezi použité open source knihovny patří readr, rgdal, plyr, ggplot2 a corrplot. Mapy, prostorové analýzy a kartogramy byly zpracovány a vytvořeny v programu QGIS.

5. Výsledky a diskuse

5.1. Popis půdních vlastností v období KPP

Pro zhodnocení celkového stavu půd v zájmové oblasti v době komplexního průzkumu půd následuje přiblížení průběhů a četností hodnot půdních charakteristik zjištěných během laboratorních rozborů, a to v prvním a druhém horizontu, respektive tedy v ornici a podorniči.

Tab. 5.1 představuje statistický souhrn charakterizující soubory hodnot jednotlivých půdních vlastností, tedy obsahu oxidovatelného uhlíku, výměnné půdní reakce a obsahu rostlinám dostupných forem draslíku a fosforu, jako vybraných živin. Hodnoty jsou prezentovány jak souhrnně pro všechny půdní sondy, tak zvlášť pro ty zhotovené na orné půdě a na půdních blocích s trvalým travním porostem, a to pro první i druhý půdní horizont.

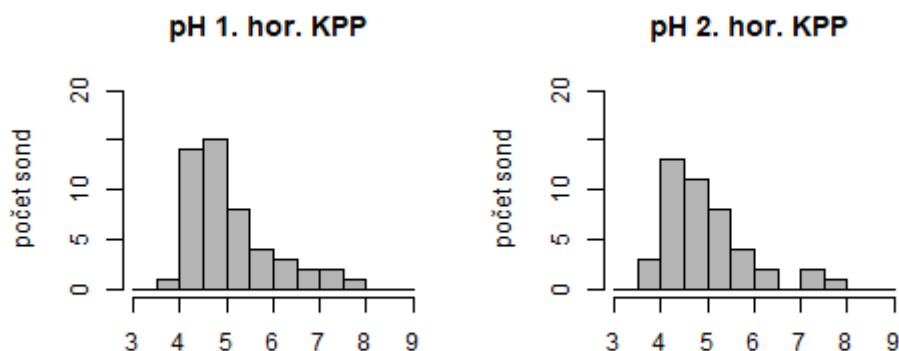
Tab. 5.1 Souhrn výsledků laboratorních rozborů v rámci KPP

| veličina | C _{ox} (%) | | | | | | pH/KCl | | | | | | K ₂ O(mg/kg půdy) | | | | | | P ₂ O ₅ (mg/kg půdy) | | | | | |
|------------|---------------------|------|------|------|------|------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--|------|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | |
| horizont | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP |
| průměr | 1,47 | 1,40 | 1,76 | 0,61 | 0,60 | 0,67 | 5,2 | 5,2 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 4,9 | 116 | 129 | 66 | 74 | 79 | 53 | 234 | 266 | 106 | 122 | 130 | 92 |
| min | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,19 | 4,0 | 4,0 | 4,2 | 4,0 | 4,0 | 4,1 | 16 | 16 | 33 | 28 | 40 | 28 | 4 | 8 | 4 | 4 | 4 | 10 |
| 1. kvartil | 0,92 | 0,89 | 1,33 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,4 | 70 | 80 | 42 | 50 | 53 | 37 | 83 | 115 | 53 | 40 | 40 | 20 |
| medián | 1,27 | 1,16 | 1,57 | 0,41 | 0,37 | 0,71 | 4,9 | 5,0 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 4,6 | 102 | 12 | 63 | 60 | 70 | 47 | 145 | 170 | 90 | 80 | 80 | 40 |
| 3. kvartil | 1,82 | 1,57 | 2,61 | 0,91 | 0,64 | 0,95 | 5,5 | 5,6 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,4 | 137 | 151 | 89 | 86 | 89 | 60 | 240 | 285 | 163 | 143 | 163 | 80 |
| max | 4,08 | 4,08 | 3,19 | 1,98 | 1,98 | 1,30 | 7,9 | 7,9 | 6,3 | 7,8 | 7,8 | 6,3 | 375 | 375 | 103 | 260 | 260 | 90 | 1080 | 1080 | 240 | 710 | 710 | 460 |
| σ | 0,88 | 0,85 | 0,97 | 0,53 | 0,55 | 0,41 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 74 | 77 | 27 | 40 | 42 | 21 | 241 | 258 | 81 | 140 | 141 | 142 |

5.1.1. Půdní reakce v období KPP

Půdní reakce je v zájmovém území výrazně ovlivněna půdotvorným substrátem, jakožto jedním z faktorů pedogeneze. V území převládají půdy vytvořené na rozpadech kyselých, ale i neutrálních hornin ze skupiny žul, dále pak například na pararulách, břidličných, drobových a pískovcových souvrstvích staršího paleozoika a kulmu a na algonkických břidlicích.

Během KPP půdy vykazovaly výměnné pH převážně mezi hodnotami 4 a 5 (silně kyselá až kyselá půda) a to jak ve svrchním, tak i v podpovrchovém horizontu (**Chyba! Nenalezen**



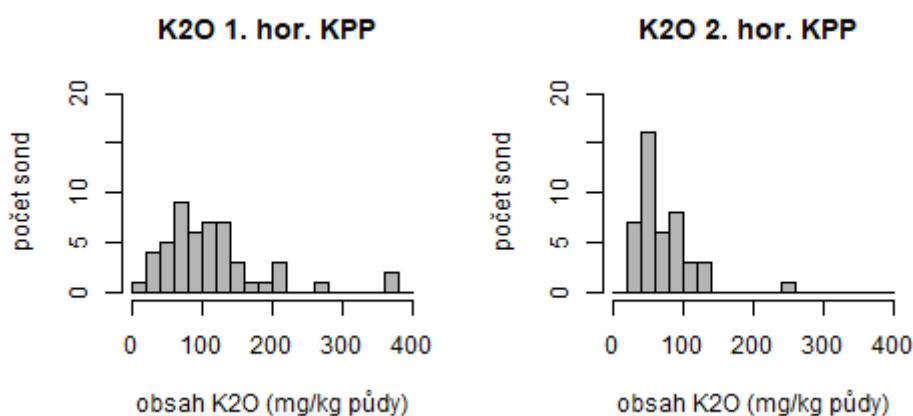
Obr. 5.1 Výměnná půdní reakce zjištěná během KPP

zdroj odkazů.) Nejvyšší dosažené hodnoty pH jsou 7,8 pro podorničí a 7,9 pro ornici, a to v sondě 49703, která je v GAK klasifikována jako rendzinana vápenci, v té době obhospodařována jako orná půda. Naopak nejnižší výměnná reakce o hodnotě 4,0 byla naměřena jak ve svrchním, tak v podpovrchovém horizontu sondy 61786, která byla dle GAK zařazena mezi hnědé půdy na kyselých horninách ze skupiny žul a byla taktéž orána. Nicméně, u šesti sond hodnoty pH pro první podpovrchový horizont v záznamech zcela chybí.

5.1.2. Zásoba rostlinám přístupného draslíku v době KPP

Historické záznamy laboratorních zkoušek vykazují průměrnou zásobenost prvního horizontu půd v zájmovém území 116 mg K₂O/kg půdy (nízký až vyhovující obsah) a zásobenost druhého horizontu pak 74 mg K₂O/kg půdy (nízký obsah). Podle Obr. 3.3 probíhaly zkoušky v době, kdy byla spotřeba minerálních hnojiv v ČSSR na prudkém vzestupu, tedy ještě před stavem silného vyhnojení českých půd, kdy se průměrné obsahy na kg půdy pohybují nad 200 mg u orných půd a nad 160 mg i u trvalých travních porostů (Tab. 3.3).

Četnosti naměřených hodnot v prvním i druhém horizontu jsou pak k vidění v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Z průběhu histogramu je patrné, že dle očekávání jsou první horizonty draslíkem zásobeny mnohem více, a to ve dvou případech (sondy 45056 – obvod JZD Krašovice a 52509 – obvod JZD Skoupý) až i 370 mg K₂O na kg půdy. V sondě 52509 bylo pak zjištěno i draslíkem nejvyhnojenější podorničí s obsahem 260 mg K₂O/kg půdy.

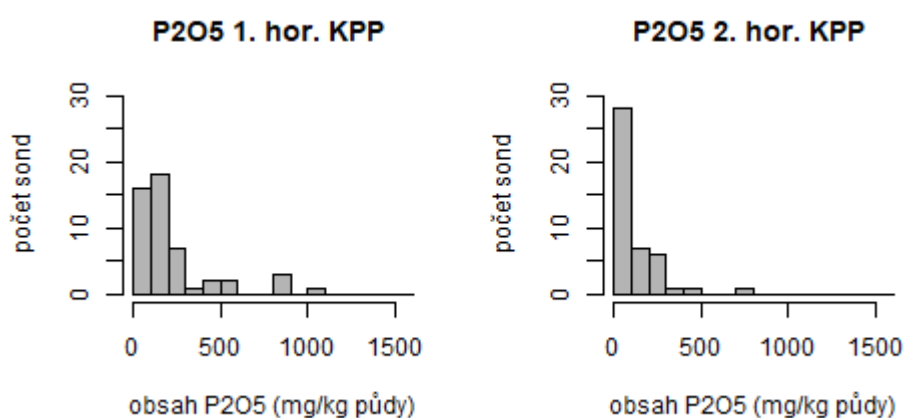


Obr. 5.2 Zásoba draslíku během KPP

Nejslabší zásoba draslíku v ornici pak byla v sondě 49871 v JZD Svatý Jan, a to 16 mg K₂O/kg půdy. V případě druhého horizontu se jedná o sondu 51219 na zatravněné ploše se zásobou 28 mg téže jednotky v obvodu JZD Kamýk nad Vltavou.

5.1.3. Zásoba rostlinám přístupného fosforu v době KPP

V době provádění KPP byla průměrná zásobenost půd rostlinám přístupnými formami v povrchovém, organominerálním horizontu 234 mg P₂O₅/kg půdy (dobrý – vysoký obsah). U prvního podpovrchového horizontu se pak jednalo o 122 mg téže jednotky (vyhovující – dobrý). Průběh četností těchto hodnot v **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** vykazuje několik odlehých hodnot v oblasti maximální koncentrace. Pro 1. horizont se jedná o sondu 52509 kopanou na hnědé půdě v hospodářském obvodu JZD Skoupý s 1080 mg P₂O₅/kg půdy a dále o sondy 45056 (HP), 49871 (DA) a 49703 (RA) v obvodech zemědělských družstev Krašovice, Svatý Jan a Skoupý, kde zásoba fosforu dosahovala 900, 850 a 830 mg P₂O₅/kg půdy. Sonda 52509 je také nejzásobenější fosforem při srovnání druhých horizontů, kdy obsah P₂O₅ dosahuje 710 mg/kg půdy, přičemž u zbytku sond se jedná většinou o interval 0 – 100 mg.

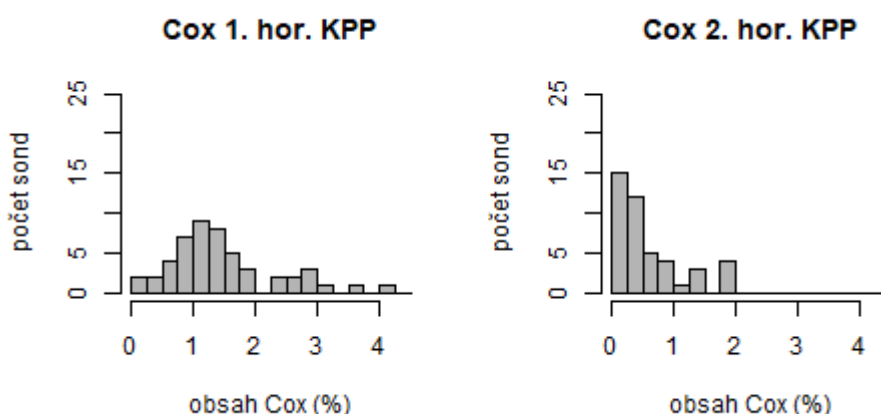


Obr. 5.3 Zásoba fosforu během KPP

5.1.4. Obsah organického uhlíku v době KPP

Obsah C_{ox} , jež představuje obsah půdní organické hmoty ($POH \sim 1,72 \cdot C_{org}$), byl v povrchových horizontech v době KPP průměrně 1,47 %. Maximálních hodnot, tedy 4,08 % či 3,64 % (Obr. 5.4) dosahovaly orné půdy klasifikované v GAK jako glej (sonda 42907 v obvodu JZD Svatý Jan), či hnědá půda oglejená (sonda 46073 obvodu JZD Podmoky). Takový obsah organické hmoty lze hodnotit jako velmi vysoký (Tab. 3.4).

Pro druhé horizonty byl pak průměrný obsah uhlíku 1,05 % – tedy nízký, přičemž nejvyšší obsahy byly zjištěny v sondách 46073 (1,84 % C_{ox}) a 46409 (1,95 % C_{ox}) z obvodu JZD Skoupý, kde byla půda klasifikována jako rendzina.



Obr. 5.4 Obsah C_{ox} zjištěný během KPP

5.2. Popis dat 2017

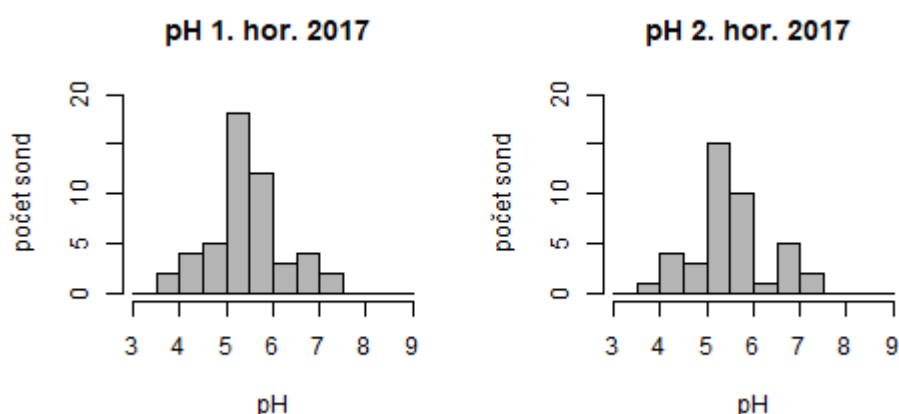
Obdobně jako historická půdní data, i ta ze současného průzkumu jsou popsána průběhy a četnostmi hodnot zjištěných během laboratorních zkoušek, a to především pro zemědělskou produkci nejvýznamnější první (svrchní) a druhý (podpovrchový) půdní horizont. Stejně tak jsou soubory výsledků laboratorních zkoušek shrnuty v Tab. 5.2, pro všechny kultury i zvlášť pro ornou půdu a půdu trvale zatravněnou.

Tab. 5.2 Souhrn výsledků laboratorních rozborů v rámci současného půdního průzkumu

| veličina | $C_{ox}(\%)$ | | | | | | pH/KCl | | | | | | $K_2O(\text{mg/kg půdy})$ | | | | | | $P_2O_5(\text{mg/kg půdy})$ | | | | | |
|------------|--------------|------|------|------|------|------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 2 | | |
| horizont | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP | vše | OP | TTP |
| průměr | 1,38 | 1,29 | 1,63 | 0,44 | 0,42 | 0,51 | 5,5 | 5,7 | 4,9 | 5,5 | 5,8 | 4,7 | 119 | 138 | 67 | 69 | 74 | 56 | 506 | 647 | 105 | 141 | 156 | 93 |
| min | 0,55 | 0,55 | 0,71 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 3,9 | 3,9 | 4,2 | 3,6 | 4,5 | 3,6 | 31 | 47 | 31 | 33 | 37 | 33 | 40 | 40 | 40 | 20 | 20 | 20 |
| 1. kvartil | 1,07 | 1,04 | 1,15 | 0,11 | 0,11 | 0,16 | 5,1 | 5,3 | 4,5 | 5,1 | 5,3 | 4,2 | 64 | 85 | 54 | 46 | 50 | 40 | 173 | 290 | 60 | 40 | 50 | 30 |
| medián | 1,26 | 1,24 | 1,53 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 5,4 | 5,5 | 5,0 | 5,4 | 5,6 | 4,8 | 108 | 122 | 59 | 58 | 69 | 50 | 425 | 610 | 70 | 80 | 90 | 40 |
| 3. kvartil | 1,66 | 1,58 | 1,96 | 0,47 | 0,40 | 1,00 | 5,8 | 6,0 | 5,1 | 5,8 | 5,9 | 5,0 | 146 | 150 | 64 | 83 | 88 | 55 | 810 | 890 | 130 | 140 | 145 | 65 |
| max | 2,94 | 2,33 | 2,94 | 1,87 | 1,87 | 1,13 | 7,1 | 7,1 | 5,8 | 7,1 | 7,1 | 6,0 | 382 | 382 | 157 | 162 | 162 | 106 | 1540 | 1540 | 290 | 840 | 840 | 490 |
| σ | 0,47 | 0,40 | 0,59 | 0,49 | 0,50 | 0,45 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 74 | 75 | 34 | 31 | 32 | 24 | 402 | 374 | 82 | 193 | 206 | 144 |

5.2.1. Výměnná půdní reakce v současnosti

Během průzkumu realizovaného v roce 2017 se průměrná hodnota výměnné půdní reakce pro první i druhý půdní horizont blížila 5,5 (Obr. 5.5). Nejnížší pH povrchového horizontu, a to 3,93 bylo naměřeno v bývalém obvodu JZD Svatý Jan, a to v sondě 54927, která byla podle klasifikace TKSP kopána na oraném rankeru litického subtypu, vytvořeném na kyselé hornině ze skupiny žul. Silně kyselá výměnná reakce byla naměřena i u nejkyselějšího druhého horizontu, a to 3,57 v sondě 54809 – tedy pod travním porostem na kambizemi modální taktéž vytvořené na kyselé hornině ze skupiny žul.

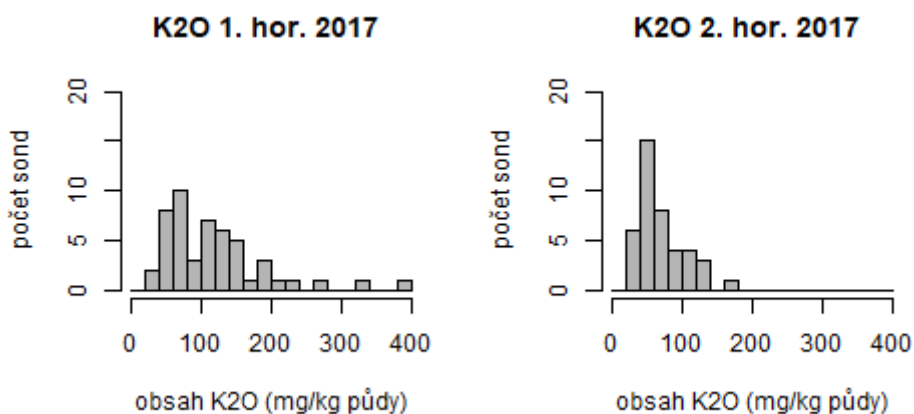


Obr. 5.5 Výměnná půdní reakce zjištěná během aktuálního průzkumu

Nejvyšší pH prvního horizontu, a to 7,06 byla zjištěna v sondě 52509, vykopané na oraném pseudogleji modálním, zformovaném na substrátu z algonkických břidlic či drob. Nejzásaditější podorničí (7,12) pak bylo zjištěno, stejně jako při KPP, v sondě 49703, kde byla půda klasifikována jako kambizem oglejená na převážně drobových a písčivcových souvrstvích staršího paleozoika a kulmu a to na rozdíl od KKP, kde byl půdotvorný substrát klasifikován jako vápenec. Obě tyto sondy se nachází v bývalém hospodářském obvodu JZD Skoupý

5.2.2. Zásoba rostlinám přístupného draslíku v současnosti

Z laboratorních zkoušek vzorků odebraných během aktuálního půdního průzkumu vychází průměrný obsah K_2O v povrchovém horizontu 119 mg/kg půdy (nízký – vyhovující obsah) a v prvním podpovrchovém horizontu pak 69 mg/kg půdy (Obr. 5.6), tedy obsah nízký. Největší zásoba K v prvním horizontu byla zjištěna v sondě 51413 v bývalém hospodářském obvodu JZD Krásná Hora, a to 382 mg K_2O /kg půdy, přičemž v druhém horizontu byla největší zásoba v sondě 49703 v obvodu JZD Skoupý.

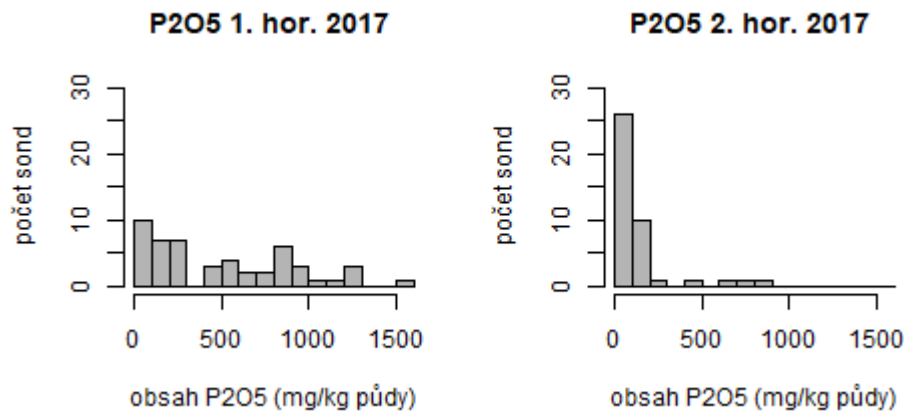


Obr. 5.6 Zásoba draslíku v současnosti

Nejnižší relativní obsah přístupného draslíku, tedy 31 mg pro 1. horizont a 33 mg K_2O /kg pro 2. horizont půdy byl naměřen v sondách 52263 v obvodu JZD Podmoky a 54809 v JZD Skoupý.

5.2.3. Zásoba rostlinám přístupného fosforu v současnosti

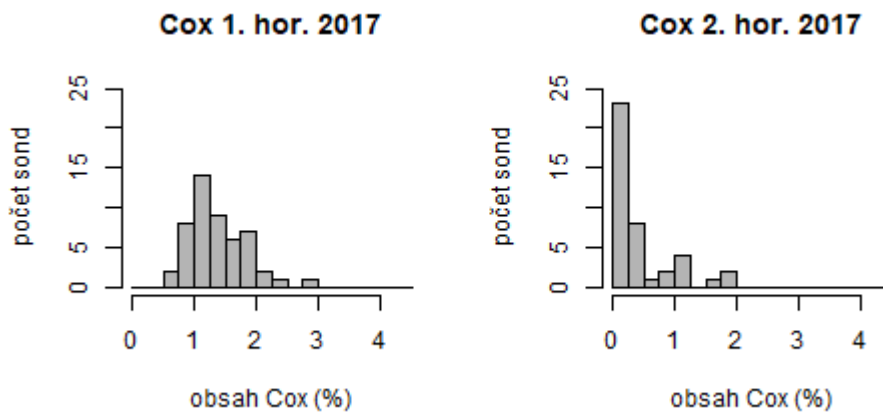
Histogram koncentrací oxidu fosforečného naměřených při aktuálním půdním průzkumu (Obr. 5.7) vykazuje pro 2. horizont největší četnosti v intervalu 0 – 100 mg/kg půdy s průměrem 141 mg/kg (vyhovující – dobrý obsah), s tendencí méně častého výskytu se zvyšující se koncentrací. Hodnoty 1. horizontů jsou pak rozprostřeny silně nerovnoměrně, kdy průměr představuje 506 mg P_2O_5 /kg půdy (velmi vysoký) a maxima dosahuje glej modální na rule v bývalém hospodářském obvodu družstva Petrovice v místě sondy 62059, kde je zásoba P_2O_5 v kilogramu ornice 1508 mg.



Obr. 5.7 Zásoba fosforu v současnosti

5.2.4. Obsah organického uhlíku v současnosti

Během aktuálního průzkumu vykazovaly půdy v povrchové vrstvě průměrný obsah uhlíku 1,38 % (střední obsah), v druhém horizontu pak 0,44 %, tedy velmi nízký obsah (Obr. 5.8). Maximální hodnoty pak byly zjištěny v sondách 46042, kopané na TTP v bývalém hospodářském obvodu JZD Počepice, kde obsah uhlíku v A horizontu kambizemě rankerové dosahoval 2,94 % a 42907, kde složení podorničí gleje modálního obsahovalo 1,87 % oxidovatelného uhlíku.



Obr. 5.8 Obsah Cox v současnosti

5.3. Vyhodnocení změn KPP - současnost

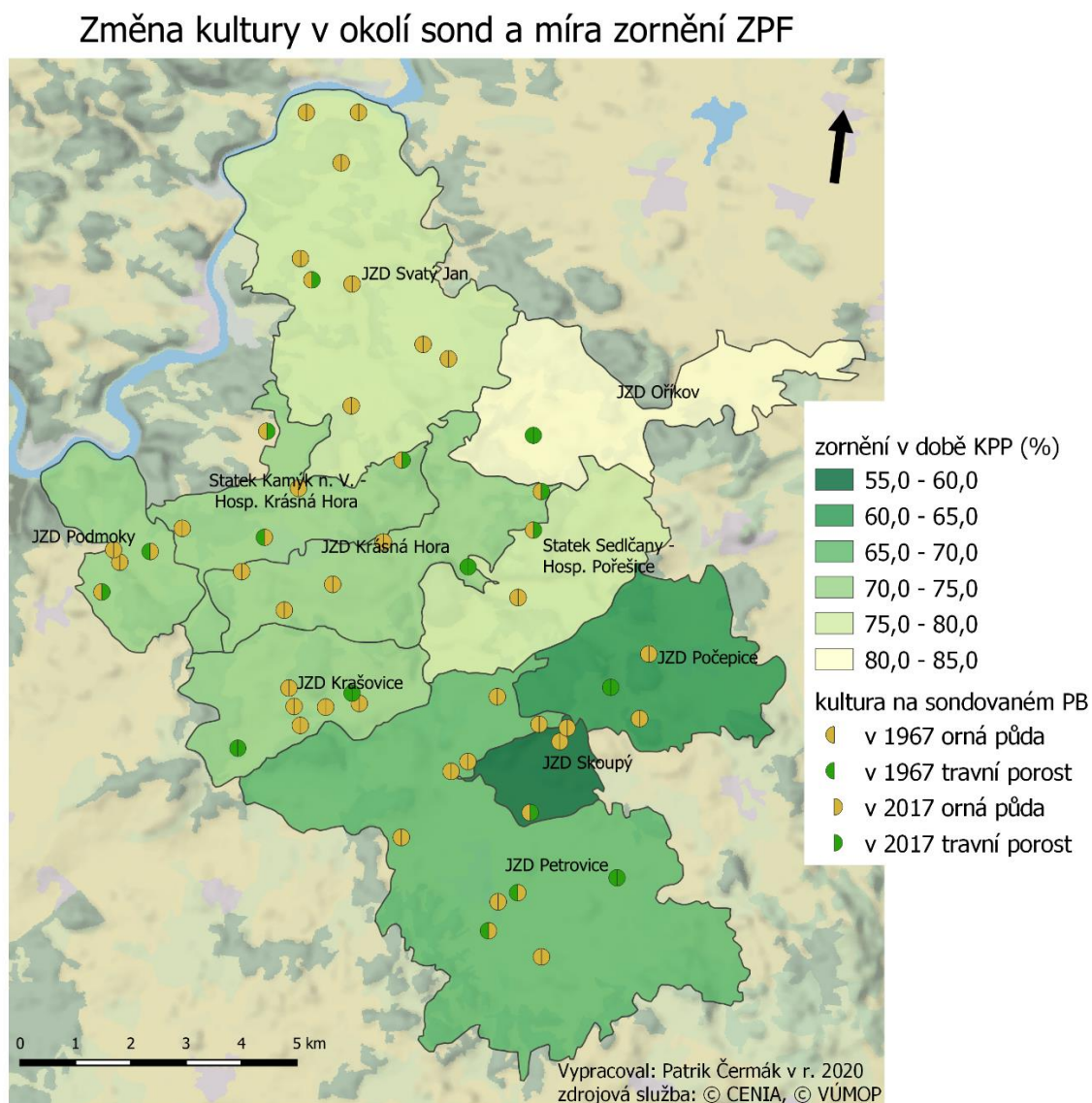
5.3.1. Změny využití území

V průběhu let proběhla na velké části půdních bloků, na kterých byly sondy hloubené změna zemědělského využití. Od let 1966-1967 do roku 2017 tak došlo na 7 lokacích k zatravnění orné půdy a na 4 lokacích k rozorání trvalého travního porostu. Třiatřicet lokalit bylo v minulosti a je i v současné době na orné půdě. Šest lokalit je trvale pod travními porosty (Tab 5.2). Vzhledem k tomu, že údaje pochází z polní rekognoskace, je jejich důvěryhodnost značně vysoká. Nicméně, je přípustné, že během 50letého odstupu obou průzkumů došlo k více vratným změnám ve způsobu využití jednotlivých ploch – v této práci ale předpokládáme maximálně 1 změnu ve způsobu využití během tohoto časového rozpětí.

Tab. 5.3 Změny využití půdy na lokacích

| změna využití PB | počet lokací |
|------------------|--------------|
| OP -> OP | 33 |
| OP -> TTP | 7 |
| TTP -> OP | 4 |
| TTP -> TTP | 6 |

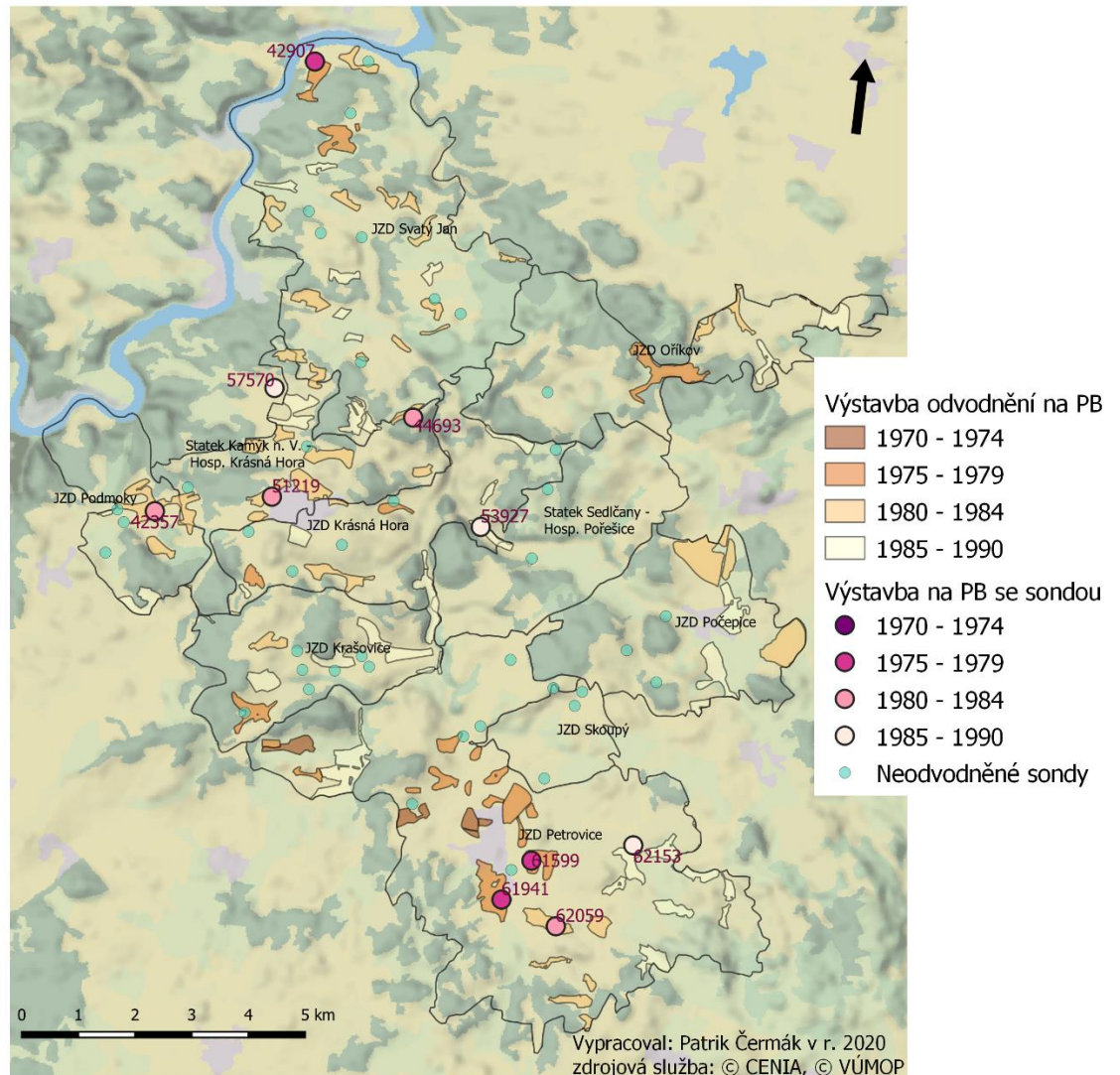
Kartogram v Obr. 5.9 znázorňuje změny využití půd na lokacích jednotlivých sond. Zároveň zobrazuje míru zornění zemědělských půd jednotlivých výrobních obvodů podle poměru ploch TTP a orných půd popsanych v průvodních zprávách KPP (Kap. 4.2.1). V KPP bylo sondováno celkem 40 orných půd a 10 travních porostů, v současném průzkumu pak 37 orných půd a 13 travních porostů.



Obr. 5.9 Kartogram změn využití půd

V průběhu období od provedení KPP také došlo na některých částech zájmového úmí k vybudování odvodňovacích zařízení (Obr. 5.10). Data volně poskytnutá MZe (eagri.cz 2016) ukazují půdní bloky na nichž byla odvodňovací zařízení vystavěna mezi lety 1970 a 1990. Z 50 výběrových sond bylo 10 umístěno na těchto odvodněných plochách. Nejstarší y těchto odvodňovací zařízení, pocházející z roku 1976, je vystavěno na půdním bloku se sondou 61941.

Výstavba odvodňovacích zařízení



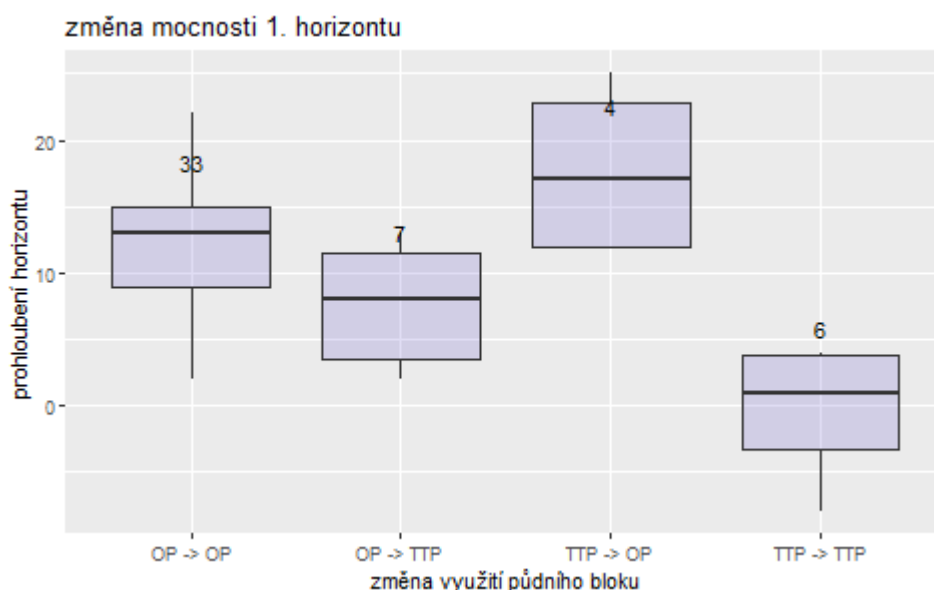
Obr. 5.10 Kartogram výstavby odvodňovacích zařízení

5.3.2. Změna půdních vlastností

5.3.2.1. Změna mocnosti horizontů

V souladu se změnou zemědělských praktik popsaných v kap. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** došlo napříč popisovaných půdních profilů k výrazným změnám ve stratigrafii ve smyslu zvýšení mocnosti svrchních organominerálních horizontů. Obr. 5.11 obsahuje boxplot graf charakterizující soubor rozdílů mocnosti pro jednotlivé skupiny půd sdružených dle změny jejich využití. Číslo nad každým z boxplotů reprezentuje počet vzorků ve skupině. Pro ornou půdu představuje medián prohloubení povrchového horizontu 13 cm, přičemž medián mocnosti v databázi KPP je 19 cm a v souboru z aktuálního průzkumu 30 cm, u rozoraných travních porostů je to pak 17 cm (16 cm v KPP a 34 cm nyní).

K prohloubení prvního horizontu došlo i u zatravněných polí, a to o 8 cm. U těchto půd byl medián mocnosti v době KPP 18 cm a nyní je 25 cm. U půd pod původním, nadále udržovaným travním porostem pak k významné změně mocnosti nedošlo a mocnost se tak pohybuje stále okolo 16 cm (medián nárůstu mocnosti 1 cm). Z důvodu malého počtu pozorování v jednotlivých skupinách sond, který dosahuje i pouze 4 pozorování ovšem nelze určit, zda jsou uvedené změny v rámci jednotlivých skupin statisticky průkazné.



Obr. 5.11 Změna mocnosti povrchového horizontu dle změny využití půdy

5.3.3. Změna obsahu organického uhlíku

S ohledem na základní faktory, které mohou být vliv na změnu obsahu organického uhlíku v půdách, které jsou popsány v literární rešerši (Kap. 3.1), se hodnocení výsledků zaměřilo na sledování změn, jež mohly nastat v souvislosti se změnou landuse – tedy využíváním pozemků jako orné půdy či pro trvalý travní porost. Dále je vývoj změny C_{org} hodnoceno s ohledem na určené třídy hydromorfismu, který byl u mnohých sond popsán v rámci KPP a aktuálního půdního průzkumu.

5.3.3.1. Změna obsahu organického uhlíku s ohledem na využití půdy

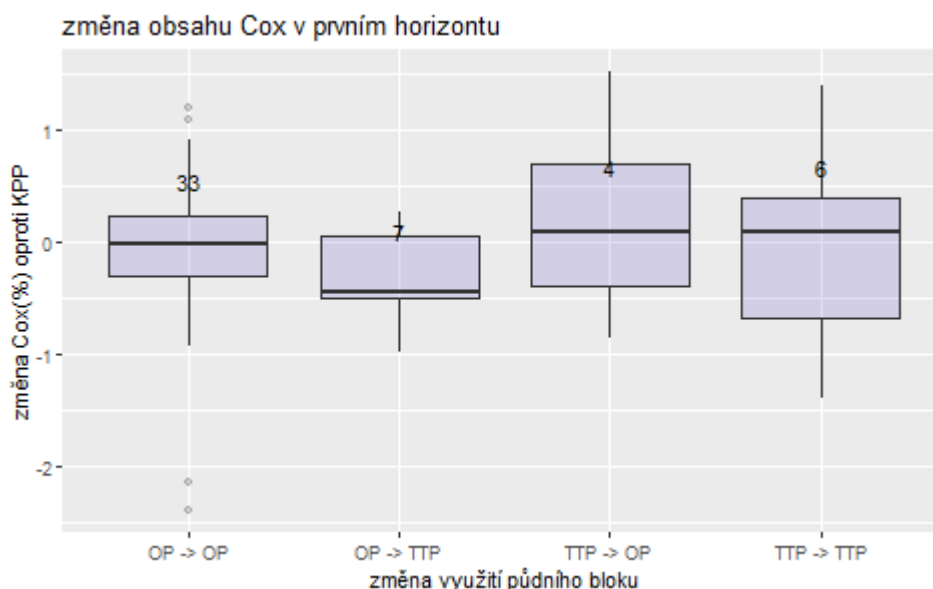
Obsah C_{ox} v souborech půd v době provádění KPP oraných a těch oraných v současnosti vykazují ve Wilcoxonově nepárovém testu významný statistický rozdíl v ornici i podorničí (Tab. 5.4). Soubory půd pod trvalými travními porosty pak podle stejného testu rozdíl v obsahu C_{ox} v povrchovém a podpovrchovém horizontu nemají. Počet pozorování v KPP a současném průzkumu je pro OP 40 a 37 a pro TTP 10 a 13, tudíž jde o poměrně malé vzorky, čímž může být p-hodnota výrazně ovlivněna, což je poplatné i při stejném testu dalších půdních vlastností. Hladina významnosti byla nastavena na 0,05 a byla použita metoda virtuálního horizontu.

Tab. 5.4 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu Cox v OP a TTP

| $\alpha = 0,05$ | povrchový hor. | | podpovrchový hor. | |
|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|
| Kultura | změna | p | změna | p |
| OP | ANO | 0,041 | ANO | 0,001 |
| TTP | NE | 0,096 | NE | 0,806 |

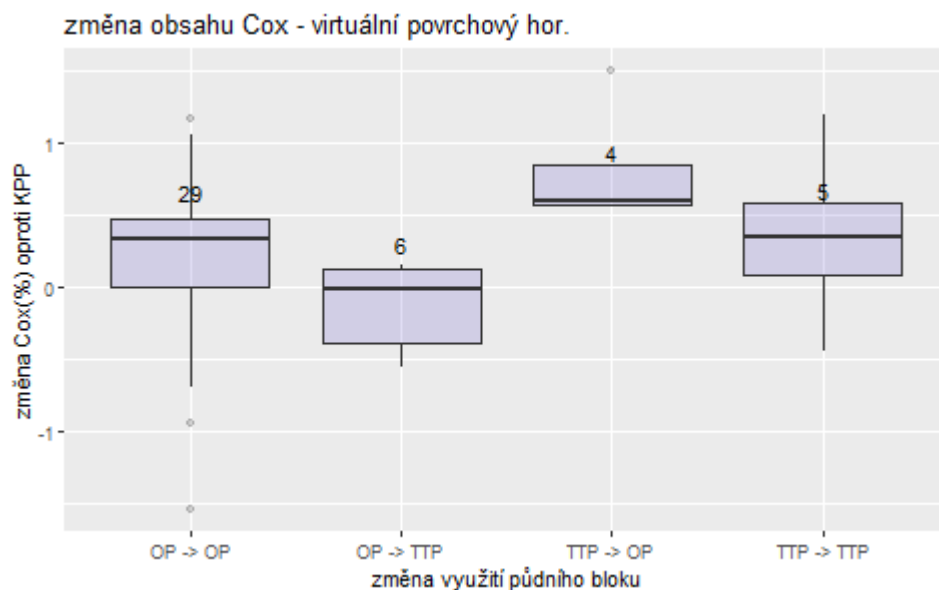
Tato seskupení jednotlivých půd zároveň ovšem nezohledňuje změnu využití některých z nich, jež může mít významný vliv na jejich půdní vlastnosti, tak jak bylo popsáno v literární rešerši (Kap.3.1).

Napříč třídami představujícími změny využití půdních bloků (Obr. 5.12) se medián změny obsahu C_{ox} v prvním horizontu pohybuje okolo 0 %. Pouze pro půdní bloky, kde došlo k zatravnění orné půdy (celken 7 lokací), dosahuje medián -0,44 % - zde došlo tedy k poklesu obsahu organické hmoty v prvním horizontu téměř o půl procenta.



Obr. 5.12 Změna obsahu Cox v povrchovém horizontu - dle změny využití

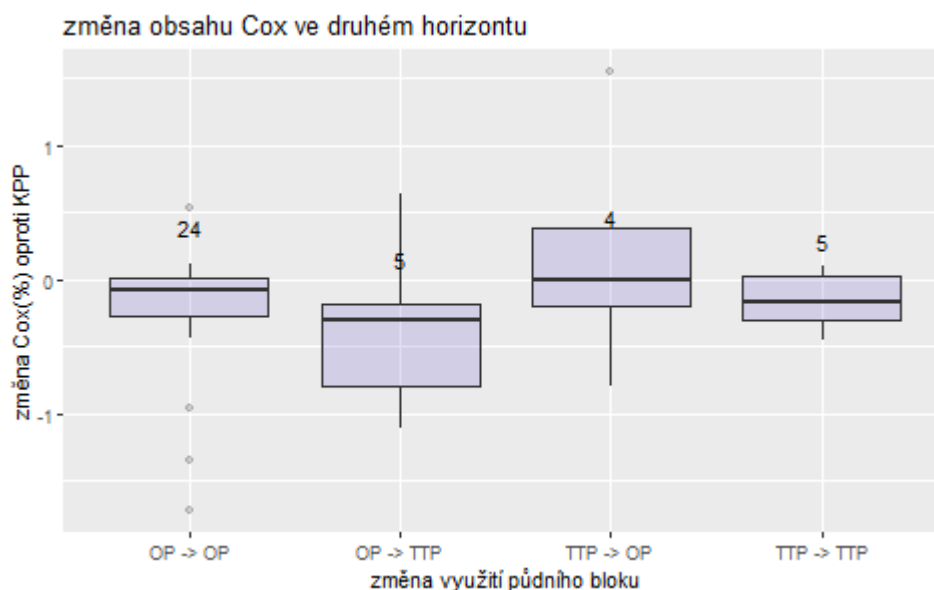
Porovnání obsahu C_{ox} ve virtuálním směsném prvním horizontu v letech 1966 – 1967 odpovídajícím svou mocností organominerálnímu horizontu popsaném během současného průzkumu vykazuje nulový medián změny pro třídu pozemků kde došlo k zatravnění ornice. Oproti tomu pozemky dalších tříd, ať už rozorané travní porosty, či ty, kde neproběhla konverze jejich využití, vykazují kladné mediány změny obsahu – tedy nárůst obsahu organické hmoty. Soubor kontinuálně zatravněných pozemků má medián 0,35 procentního bodu s kladnými kvartily. U povrchových horizontů těchto půd tedy teoreticky došlo k akumulaci organické hmoty bez jejich prohloubení (Obr. 5.13).



Obr. 5.13 Změna obsahu Cox ve virtuálním povrchovém horizontu - dle změny využití

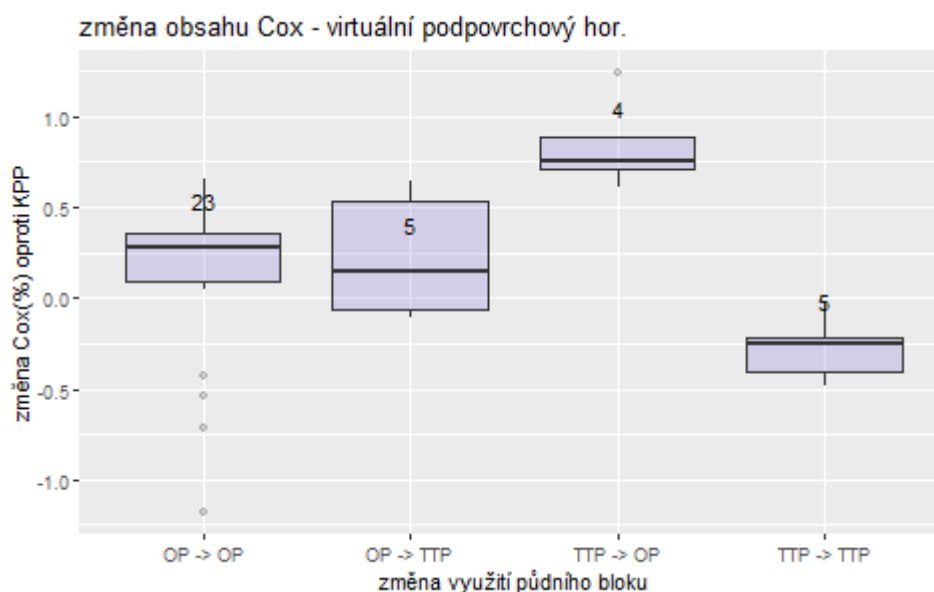
Medián změny obsahu Cox dosahuje u souboru půd pozemků, na nichž došlo mezi jednotlivými průzkumy k rozorání travního porostu (TTP -> OP) 0,60 %. Zde tedy došlo mimo poměrně velkého prohloubení horizontů (o 17,0 cm) i k podstatnému navýšení obsahu organické hmoty. Podobným vývojem prošla i množina půd na kontinuálně oraných (OP -> OP) pozemcích. U této skupiny sond došlo k nárůstu objemu POH v povrchovém horizontu o 0,33 procentního bodu při jeho prohloubení asi o 13 cm.

Druhé půdní horizonty vykazují největší změnu obsahu C_{ox} ve skupinách v současnosti zatravněných půd (OP -> TTP) – zde jde o ztrátu 0,30 procentního bodu organické hmoty. Pro kontinuálně zatravněné půdy (TTP -> TTP) jde o medián změny obsahu -0,17, u orných půd (OP -> OP) a rozoraných travních porostů (TTP -> OP) o přibližnou stagnaci.



Obr. 5.14 Změna obsahu C_{ox} v podpovrchovém horizontu - dle změny využití

Oproti tomu z porovnání 2. horizontů z KPP s odpovídajícími virtuálními směsnými horizonty vytvořenými pomocí dat z průzkumu v r. 2017 je patrný vysoký nárůst organické hmoty v rozoraných travních porostech (medián změny 0,76 % C_{ox}) mírnější nárůst u nově zatravněných a stále oraných půd (0,15 a 0,27 %). Naopak trvale zatravněné půdy prošly ztrátou asi 0,25 % organické hmoty v tomto horizontu.



Obr. 5.15 Změna obsahu Cox ve virtuálním podpovrchovém horizontu - dle změny využití

Z hlediska tříd sdružujících půdy dle změny způsobu jejich zemědělského využití tedy v souvislosti se změnami obsahu organické hmoty došlo u trvale oraných půd k prohloubení povrchového horizontu s celkovým obohacením půdního profilu o organickou hmotu. Stále

zatravněné půdy neprodělaly významné prohloubení organominerálního horizontu, avšak došlo v něm k akumulaci organické hmoty. Druhý horizont obsahuje v současnosti relativně méně organických látek.

U půd dříve oraných, avšak nyní zatravněných došlo k prohloubení prvního horizontu, avšak ke ztrátě obsahu organické hmoty v něm. Ztráta relativního obsahu POH proběhla i mezi druhými, avšak hloubkou neodpovídajícími si horizonty. K její mírné akumulaci došlo ve dříve popsaném druhém horizontu. Půdy dříve zatravněné a v současnosti rozorané prodělaly nejvýraznější prohloubení prvního horizontu, a to spolu s vysokým nárůstem obsahu POH v obou virtuálních horizontech. Při pouhém porovnání prvních a druhých horizontů ke změně relativního obsahu POH nedošlo – to tedy poukazuje na zavlečení uhlíkatých látek do větších hloubek a zvýšení jejich absolutního obsahu v profilu.

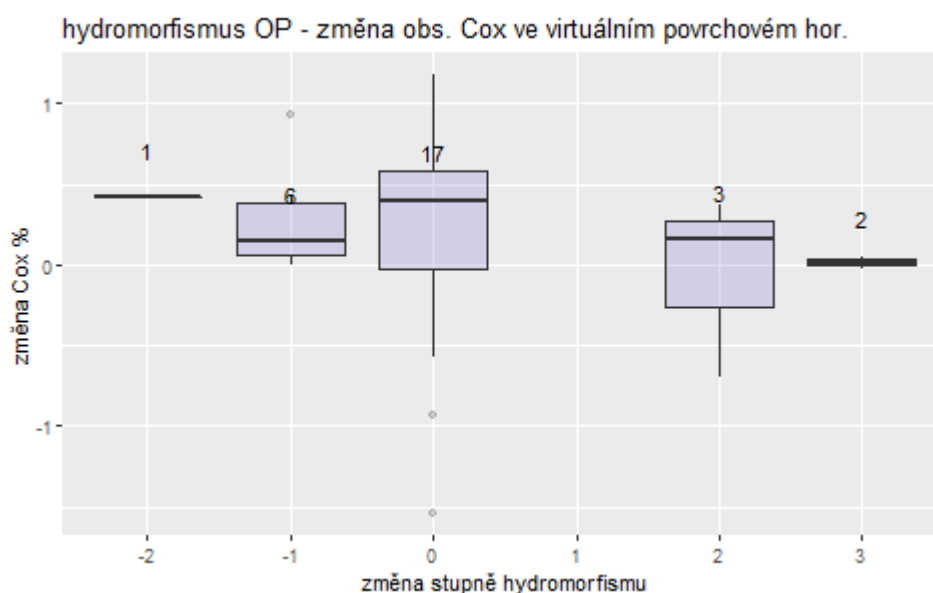
5.3.3.2. Změna obsahu organického uhlíku u kontinuálně oraných půd

Napříč sondami došlo mezi oběma průzkumy k výrazným odlišnostem ve stupni popsaných znaků hydromorfismu půd. Pro vyšší homogenitu změn dalších faktorů ve zkoumané skupině sond došlo k výběru půd, jež byly během obou průzkumů, obhospodařovány orbou. V takto vybrané skupině je celkem 33 sond, nicméně pro neúplnost záznamů z laboratorních rozborů je velikost souboru v jednotlivých analýzách proměnlivá.

Důvody odlišnosti popsaného stupně hydromorfismu mohou být různé. U hydromorfních půd existuje vysoká variabilita vlastností, včetně morfologických a znaky se tak mohou měnit na relativně krátké vzdálenosti. To může při uvažované přesnosti zakreslení sond KPP do map mít výrazný vliv. Dalším možným uvažovaným vlivem je i zkušenost půdoznalců provádějící KPP a aktuální půdní průzkum, stejně jak i vliv subjektivního vnímání stupně hydromorfismu a zařazení půd do příslušných klasifikačních kategorií.

Pro indikaci změny popsaného hydromorfismu půdy byl použitý systém hodnocení založený na rozdílu mezi klasifikací půdy během KPP a během současného průzkumu, a to ve smyslu přidělení 1 bodu při změně z hydromorfní variety na subtyp (např. g' na g), 2 bodů při změně z variety na typ (g' na G) a 3 bodů pokud šlo o změnu z třídy bez indikace hydromorfismu na typ glej či pseudoglej. Při změnách z hydromorfních forem na ty se slabšími znaky hydromorfismu bylo bodové hodnocení záporné.

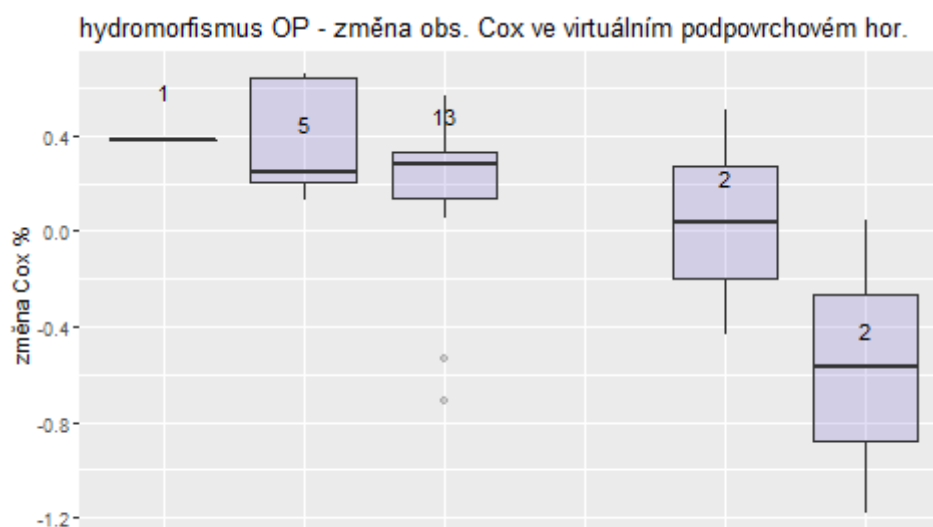
Při porovnání metodou virtuálního horizontu z hlediska změny relativního obsahu POH v povrchovém horizontu vykazuje soubor vysoký nárůst (o 0,40 procentního bodu) pro půdy beze změny stupně hydromorfismu. Mírnější nárůst nastal u půd kde byly popsány hydromorfní znaky o jeden bod slabší, či o dva body silnější. Zesílení o tři body nemělo na POH u dvou do této skupiny zapadajících půd žádný vliv a zeslabení o dvě třídy, jež proběhlo v souboru pouze u sondy 44947 vedlo zdánlivě k nárůstu organické hmoty až o 0,41 procentního bodu. Tato sonda byla v KPP klasifikována jako ilimerizovaná půda oglejená, přičemž v současnosti byla zařazena mezi luvizemě modální.



Obr. 5.16 Závislost změny obsahu C_{ox} v ornici na změně stupně hydromorfismu

Obsah POH v podorničí se u půd beze změny hydromorfismu zvýšil o 0,28 procentního bodu, přičemž podobná změna (nárůst o 0,25 %) proběhla také u půd, kde se hydromorfnní znaky snížily o 1 bod. Snížení znaků o 2 třídy přineslo v ornici sondy 44947 nárůst obsahu C_{ox} o 0,38 %.

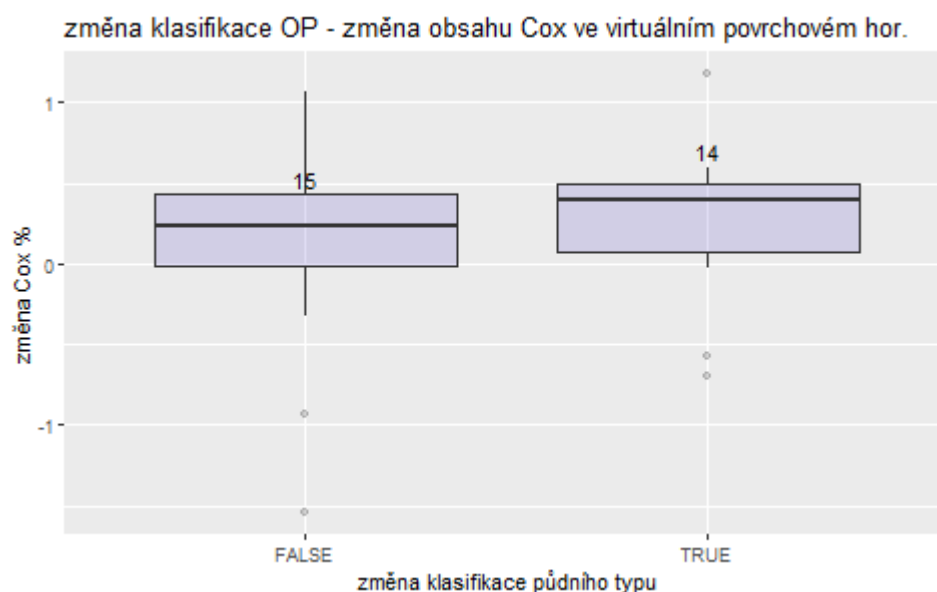
U půd se zvýšenými znaky hydromorfismu je nutno přihlídnout nízké četnosti výskytu. Žádná ze sond nevykazovala nárůst o +1 bod a změny +2 a +3 vykazovaly vždy pouze 2 sondy s kompletními hodnotami. Medián změny, tedy prakticky průměr, byl u sond se změnou +2 body 0,04 % - tedy téměř nulový. Jednotlivé hodnoty pro jejich podorničí jsou ovšem -0,43 a 0,50 – představují tedy výrazný nárůst POH, stejně jako jeho pokles. Zde se jedná o půdy v sondách 49703 (pokles) a 53999 (nárůst), u kterých šlo o změnu klasifikace z rankeru na kambizem oglejenou a z hnědé půdy slabě oglejené na pseudoglej modální.



Obr. 5.17 Závislost změny obsahu Cox v podorničí na změně stupně hydromorfismu

Orné půdy se zesíleným hydromorfismem o 3 body vykazují jak slabý nárůst (0,05 % u sondy 60085, klasifikované v GAK jako nivní půda a v TKSP jako glej fluvický), tak významný propad (-1,18 % u sondy 52509, zařazené dle GAK mezi hnědé půdy a dle TKSP mezi pseudogleje modální). Průměr změny obsahu C_{ox} v jejich podorničí je tedy -0,57 procentního bodu.

Podle Obr. 5.18 došlo nárůstu obsahu C_{ox} v ornici půd, jež byly v každém z průzkumů klasifikovány na úrovni půdního typu jinak (medián 0,26 %), stejně tak jako těch, které byly klasifikovány jako srovnatelné půdní typy v geneticko-agronomické klasifikaci KPP i v TKSP (medián 0,42 %).



Obr. 5.18 Závislost změny klasifikace orné půd na změně obsahu C_{ox} v ornici

5.3.4. Změna pH

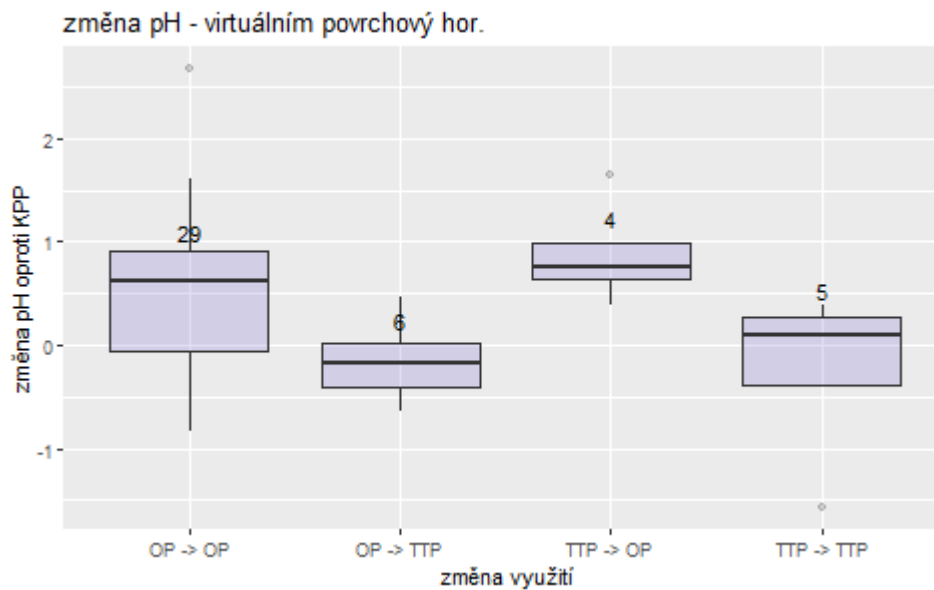
Mezi soubory orné půdy a trvalých travních porostů v jednotlivých průzkumech vykazoval Wilxonův nepárový test statisticky významnou změnu v povrchovém i podpovrchovém horizontu půd pod trvalými travními porosty (Tab. 5.5).

Tab. 5.5 Wilxonův nepárový test změny pH v OP a TTP

| $\alpha = 0,05$ | povrchový hor. | | podpovrchový hor. | |
|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|
| Kultura | změna | p | změna | p |
| OP | ANO | 0,002 | ANO | 0,001 |
| TTP | NE | 0,841 | NE | 0,968 |

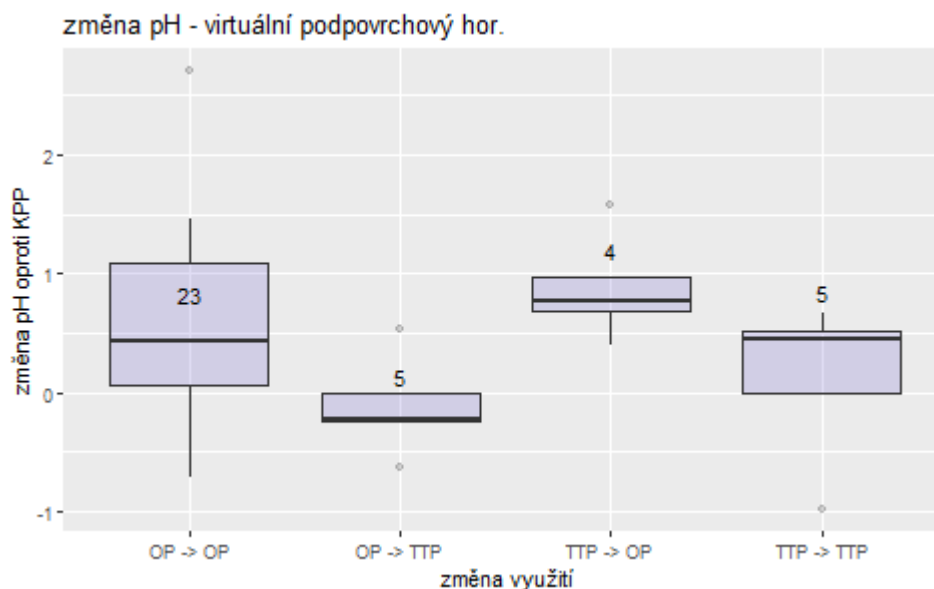
Hodnoty výměnné půdní reakce v půdách sdružených podle změny způsobu jejich obdělávání vykazuje pro tyto jednotlivé třídy nárůst či stagnaci, případně pouze minimální pokles. Obr. 5.19 znázorňuje tyto změny v povrchových půdních horizontech a Obr. 5.20 v těch podpovrchových. K výrazné alkalizaci dochází u orných půd (nárůst o 0,62 v ornici a o 0,43

v podorničí) a u půd na kterých došlo ke konverzi z luk a pastvin právě na půdu ornou (nárůst o 0,75 v nově vytvořené ornici a o 0,77 v podpovrchovém horizontu).



Obr. 5.19 Změna výměnného pH v povrchovém horizontu

Trvalé travní porosty vykazují v humusovém horizontu minimální zvýšení pH o 0,1, v podpovrchovém horizontu však došlo k navýšení až o 0,45. V půdách zatravněných polí došlo k okyselení o pH 0,18 a 0,23 v humusovém a v pod povrchem ležícím horizontu.



Obr. 5.20 Změna výměnného pH v podpovrchovém horizontu

Nárůst zásaditosti v orných a nově rozoraných půdách odpovídá předpokladu pravidelného melioračního vápnění, jehož průměrné dávky jsou popsány v kap. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a také v průvodních zprávách KPP (kap. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). V souladu s tím je také stagnace hodnot pH v travních porostech, na kterých se vápnění neprovádí.

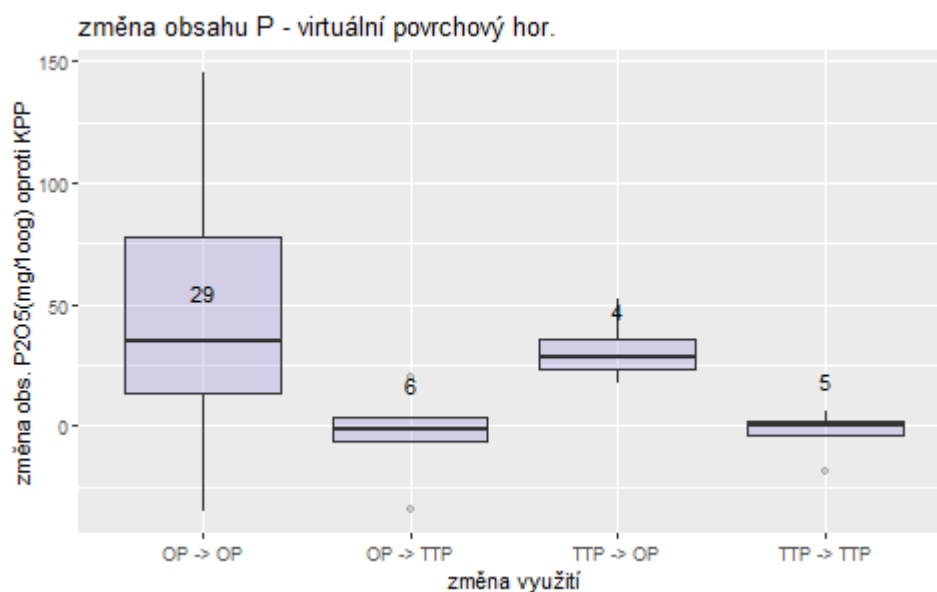
5.3.5. Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu

Wilcoxonův nepárový test prokázal statisticky významnou změnu obsahu fosforu pouze v podpovrchovém horizontu půd pod trvalými travními porosty.

Tab. 5.6 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu P v OP a TTP

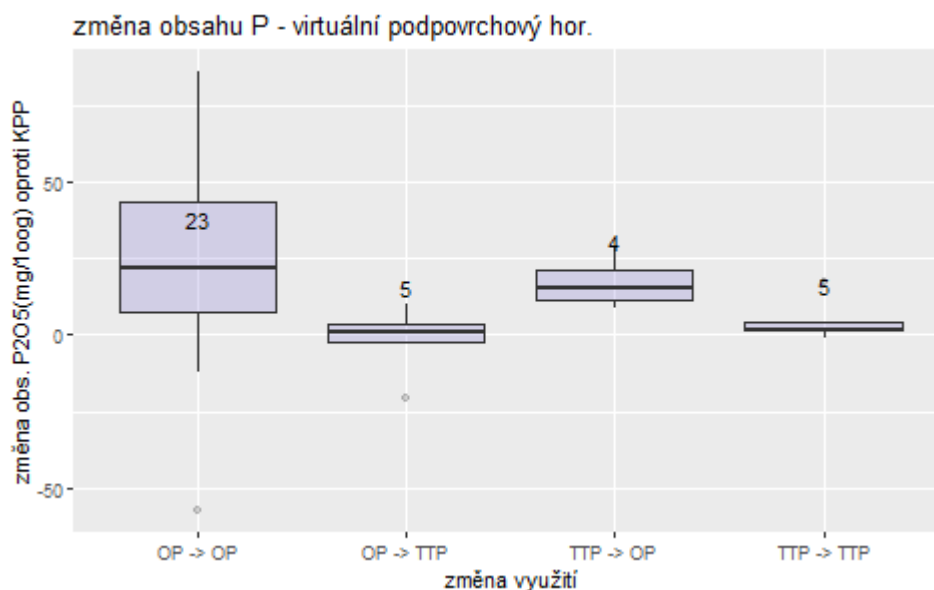
| $\alpha = 0,05$ | povrchový hor. | | podpovrchový hor. | |
|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|
| Kultura | změna | p | změna | p |
| OP | ANO | 0,001 | ANO | 0,001 |
| TTP | ANO | 0,001 | NE | 0,43 |

Napříč půdami klasifikovanými podle změny jejich využití se projevila stagnace obsahu fosforu v půdách pod trvalými travními porosty a v nově zatravněných orných půdách, a to jak v povrchových horizontech (Obr. 5.21), tak v těch podpovrchových (Obr. 5.22). U orných půd nastal v 1 kg ornice nárůst o 35 mg P₂O₅, přičemž jeho obsah v 1 kg podorničí se zvýšil o 22 mg.



Obr. 5.21 Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu v povrchovém horizontu

Navýšení nastalo taktéž u půd dříve trvale zatravněných, jež jsou nyní obdělávány orbou. V jejich povrchových horizontech představuje medián změny zvýšení obsahu P₂O₅ o 28 mg/kg půdy. Méně výrazný nárůst pak nastal v horizontech podpovrchových, kde došlo k navýšení o 15 mg/kg půdy.



Obr. 5.22 Změna obsahu rostlinám přístupného fosforu v podpovrchovém horizontu

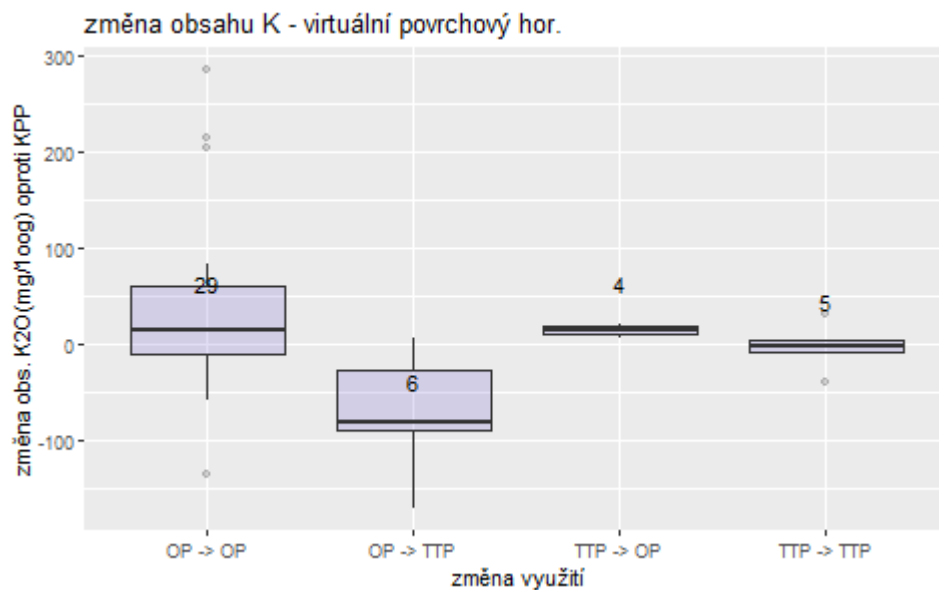
5.3.6. Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku

Tab. 5.7 představuje výsledky statistické významnosti rozdílu mezi obsahy K v povrchovém a podpovrchovém horizontu orných půd a trvalých travních porostů. Podle výsledků nastala statisticky významná změna pouze v podpovrchovém horizontu jak orných půd, tak těch pod trvalými travními porosty.

Tab. 5.7 Wilcoxonův nepárový test změny obsahu K v OP a TTP

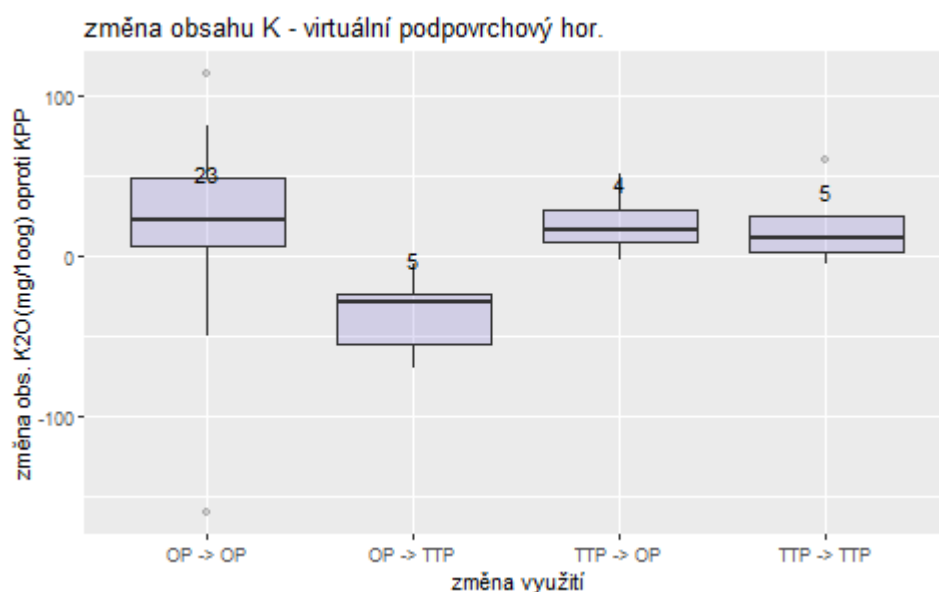
| $\alpha = 0,05$ | povrchový hor. | | podpovrchový hor. | |
|-----------------|----------------|-------|-------------------|-------|
| Kultura | změna | p | změna | p |
| OP | NE | 0,107 | ANO | 0,017 |
| TTP | NE | 0,763 | ANO | 0,009 |

Obsah dostupných forem draslíku se změnil téměř zanedbatelně (medián změny -2 mg/kg půdy) v povrchových horizontech půd s trvalými travními porosty (Obr. 5.23), přičemž jejich níže ležící horizont obsahuje nyní v 1 kg půdy o 12 mg K_2O více. K výraznějšímu nárůstu došlo u půd orných, kde 1 kg ornice obsahuje o 14 mg a podorničí pak o 22 mg K_2O více (Obr. 5.24). Podobných hodnot nabyli medián změny i v půdách se změnou kultury z TTP na ornou půdu. Zde došlo k nárůstu obsahu o 14 mg/kg v nově vytvořené ornici a o 16 mg/kg v podorničí.



Obr. 5.23 Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku v povrchovém horizontu

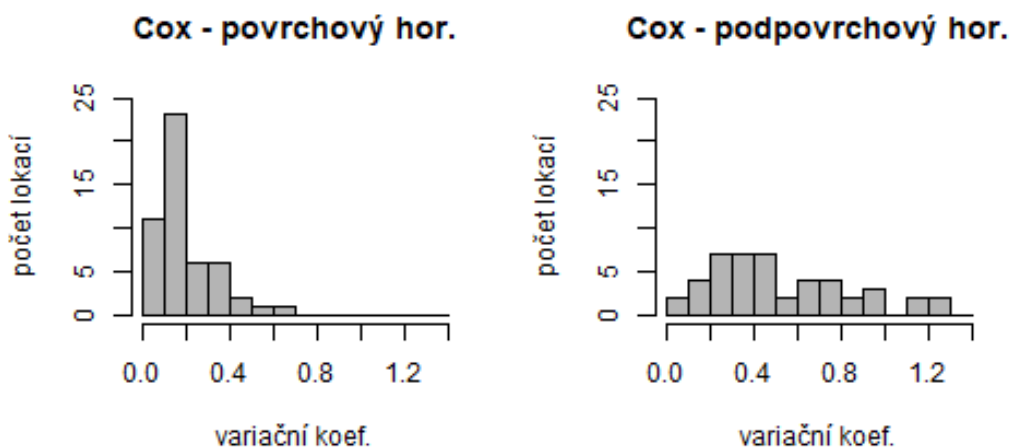
Půdy na pozemcích nedávno zatravněných pak vykazují v obsahu dostupných forem draslíku značný propad. Obsah K₂O se v jejich humusových horizontech, tedy bývalé ornici snížil o celých 83 mg/kg. Podpovrchové horizonty zde pak ztratily 29 mg K₂O /kg půdy.



Obr. 5.24 Změna obsahu rostlinám přístupného draslíku v podpovrchovém horizontu

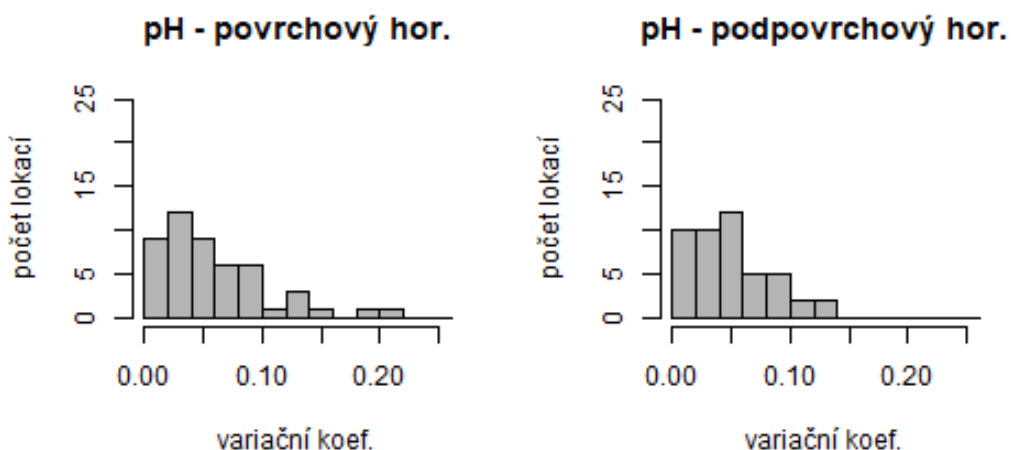
5.4. Lokální půdní variabilita

Průměr variačních koeficientů na lokacích okolo kopaných sond je v případě C_{ox} v povrchovém horizontu 0,19 a v podpovrchovém 0,53. Z histogramu (Obr. 5.25) je patrné, že variační koeficient dosahoval vyšších hodnot v horizontu podpovrchovém, a to i více než 1.



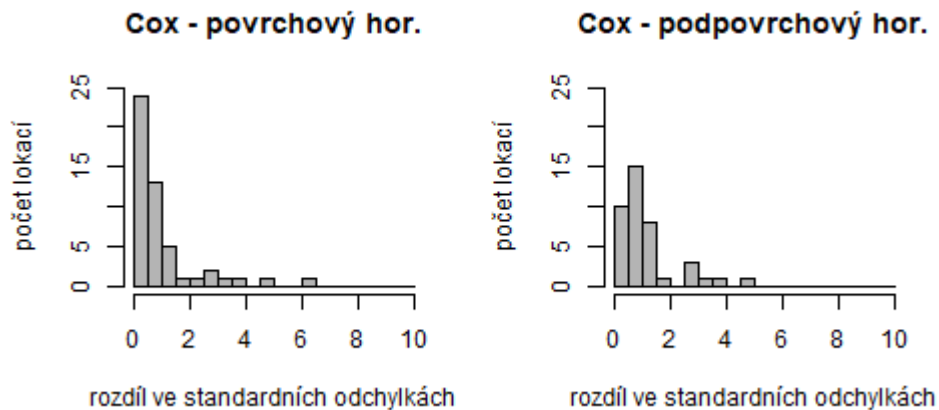
Obr. 5.25 Variační koeficient C_{ox}

Pro hodnoty pH byl pak variační koeficient v průměru 0,06 v povrchovém horizontu a 0,05 v podpovrchovém. Histogram (Obr. 5.26) ukazuje, že nejvyšších hodnot, a to až přes 0,2 dosahoval koeficient pro pH v povrchovém horizontu.



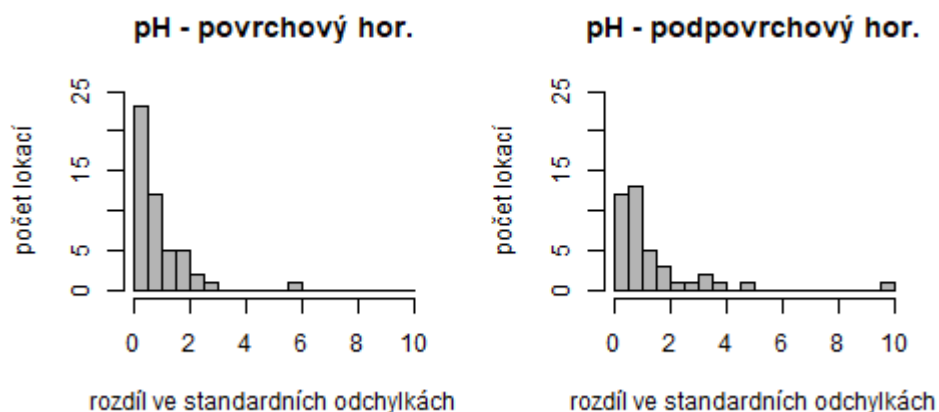
Obr. 5.26 Variační koeficient pH

Rozdíl mezi obsahem C_{ox} v sondě a jejím okolí ve smyslu směrodatných odchylek byl v průměru 0,98 a 1,13 pro povrchový (průměr $\sigma = 0,27$) a podpovrchový horizont, přičemž nižších rozdílů dosahovaly hodnoty spíše v horizontu humusovém, kde byla průměrná směrodatná odchylka také 0,27. (Obr. 5.27).



Obr. 5.27 Rozdíl obsahu C_{ox} v sondě a okolí

Rozdíl mezi zjištěným pH v sondě a okolí pak byl průměrně 0,89 v humusovém (průměr $\sigma = 0,34$) horizontu a 1,34 v horizontu podpovrchovém, kde byla směrodatná odchylka v průměru 0,28. Stejně jako v případě C_{ox} , i zde se menší rozdíly objevovaly spíše v povrchové vrstvě (Obr. 5.28).



Obr. 5.28 Rozdíl pH v sondě a okolí

5.5. Diskuze

V podobě změn půdních vlastností se odrazila jak změna jejich zemědělského využití, tak zemědělské praktiky či meliorační úpravy. Výraznou změnu způsobila mechanizace a zvětšená hloubka orby, která na orných půdách prohloubila orniční horizonty a povrchové horizonty na nově oraných půdách. K prohloubení, i když ne tak výraznému, došlo ovšem i u půd, jež byly dříve v režimu orné půdy, avšak jsou nyní zatravněny. To nasvědčuje jejich možné orbě i během nástupu mechanizace v zemědělství a jejich zatravnění až pozdějších letech.

U těchto půd došlo při jednoduchém porovnání povrchového a podpovrchového horizontu k úbytku organické hmoty, a to o 0,44 a 0,30 procentního bodu. K úbytku došlo také u TTP, a to v horizontu podpovrchovém asi o 0,17 procentního bodu. Oproti tomu v orných půdách a půdách nově oraných zůstal obsah C_{ox} v orniční a podorniční přibližně stejný.

Při porovnání metodou virtuálních horizontů vykazují jak povrchové, tak podpovrchové horizonty spíše nárůst organické hmoty, především v důsledku vyšších vnosů posklizňových zbytků, který byl popsán v Kap. 3.1.4. Pouze zatravněná ornice je beze změny obsahu C_{org} a v půdách pod TTP došlo v podpovrchovém horizontu k jeho ztrátě.

Tyto výsledky neodpovídají zjištění studie Goulding & Poulton (2007), podle kterých dochází po konverzi TTP na ornou půdu k nárůstu obsahu organické hmoty a při opačné změně pak k jejímu úbytku. Podle jejich studie také obsah C_{org} v orných půdách v průběhu času stagnuje, přičemž v této práci jsme popsali jeho nárůst v rámci profilu a pod TTP spíše narůstá, kdežto naše poznatky poukazují na jeho nárůst v povrchovém a úbytek v podpovrchovém horizontu. K těmto úbytkům docházelo v důsledku mineralizace organické hmoty při jejích nulových vnosech – tedy absenci zapracování rostlinných zbytků, či organických hnojiv.

Don et al. (2009) a Auerswald & Fiener (2019) ukazují, že k úbytku POH v důsledku rozorání trvalých travních porostů dojít nemusí, čemuž odpovídají také naše výsledky. Dále také popisují rozdíly v její distribuci v profilu, ke kterým také došlo v námi zkoumaných půdách, a to značně díky změnám stratigrafie profilu. Především v důsledku orby a aplikaci statkových hnojiv došlo k zapravení organické hmoty do větších hloubek profilu.

Výsledky poukázaly také na rozdíly v akumulaci, respektive mineralizaci půdní organické hmoty v orných půdách, u kterých došlo ke změnám v intenzitě znaků hydromorfismu. Výsledky naznačují, že slabší hydromorfismus vede spíše k akumulaci POH, podobně jako jeho setrvání na stejné intenzitě. Zesílení projevů hydromorfismu půdy pak vede spíše ke ztrátě POH, ovšem z důvodu nízkého počtu pozorování jednotlivých kategorií je třeba tyto závěry brát s rezervou.

Zvýšení pH v orných půdách a v půdách dříve zatravněných a nyní orných je v souladu s předpokladem jejich pravidelného vápnění doporučeného v průvodních zprávách (Kap. 4.2.1), což ovšem neodpovídá příliš poklesajícímu vývoji spotřeby vápenatých hnojiv popsaném v Kap. 3.2.1, který ovšem neakcentuje zda jde o spotřebu vápenatých hnojiv k zásobnímu vápnění, či zda k nárůstu a poklesu vedla spotřeba vápna na akutní úpravu půd degradovaných kyselými dešti.

Předpokladu pravidelného vápnění orných půd odpovídá také pokles pH v půdách dříve orných a nyní zatravněných, přičemž ovšem v půdách pod travními porosty došlo k jeho zvýšení, přičemž např. Johnston et al. (1986) popisuje z dlouhodobého hlediska spíše okyselování půd pod travními porosty v důsledku dekompozice organické hmoty a uvolňování vodíkových iontů.

Změny v obsahu vybraných živin, kdy dochází ke zvýšením obsahu P a K v profilu orných půd i orných půd dříve zatravněných poukazují na jejich vyhnojení během období zvýšené spotřeby minerálních hnojiv přibližně v letech 1970 – 1990 (Kap. 3.1.4.2). Propad obsahu draslíku v profilu půd dříve orných, nyní zatravněných poukazuje buďto na kratší persistenci draselných hnojiv, či jeho zvýšenou spotřebu vysetými travinami.

Analýza prostorové půdní variability ukázala, že obsah C_{ox} a pH mohou na krátkých vzdálenostech, a to jak v povrchových horizontech, tak i v podpovrchových, nabývat značně rozdílných hodnot, a to přibližně 0,3 procentuálního bodu v případě obsahu C_{ox} a stejně tak asi 0,3 bodu na stupnici pH.

6. Závěr

Mezi lety 1967 a 2017 došlo v půdách v okolí města Krásná Hora ke značným změnám daných především změnou způsobu hospodaření, ať už jde o vývoj v oblasti technologií a zpracování půd, jež se projevil výraznými změnami ve stratigrafii půd, kdy došlo např. k prohloubení orných půd asi o 13 cm, či o konverzi kultur na půdách pěstovaných. Ta pak má za následek změnu obsahu organické hmoty v rámci profilu půd dříve oraných a posléze zatravněných, kdy dochází ke zvýšení obsahu ve větších hloubkách. K tomu dochází také u půd, na nichž byl travní porost rozorán a nadále byly využívány jako půda orná, zde ovšem v kombinaci s výrazným prohloubením povrchového horizontu.

Konverze kultur se také podepsala na obsahu P a K v profilu půd, kdy např. zatravnění orné půdy vedlo ke ztrátám K, především z povrchového horizontu. Tato změna kultur vedla také k relativnímu snížení pH.

Změna hydromorfismu půd v důsledku výstavby melioračních opatření, či místní změny hydrologického režimu pravděpodobně také vede ke změnám živinného režimu a produkčních schopností. V důsledku menšího počtu sond, které analýze posloužily však tyto změny nebyly průkazné.

Na průkaznosti změn půdních vlastností se podepsala jednak velká variabilita antropogenních zásahů, a tedy změny vnějších faktorů v rámci testovaného vzorku, a dále také neúplnost výsledků analýz, ať už získaných při současném průzkumu, tak těch z digitalizované databáze KPP. Jejich využitelnost je také obtížná právě z důvodu změn ve stratigrafii půdního profilu, kvůli níž byla v práci použita experimentální metoda virtuálního horizontu, jež má ovšem pro překonání zmíněných překážek své nedostatky a potřebovala by další rozpracování.

Výběru shodného místa pro výkop sondy jako během Komplexního průzkumu půd je také pro retrospektivní porovnávání půdních vlastností klíčový, neboť ty mohou i na vzdálenosti menší 25 m vykazovat silnou variabilitu.

Data KPP tedy mohou posloužit jako srovnávací báze pro posouzení změn půd, avšak z popsaných důvodů by pro další podobné využití dat KPP bylo vhodné volit větší množinu sond, případně výběr provést právě podle stability podmínek, kterým byly půdy dlouhodobě vystaveny. Pro výběr půdních bloků například v závislosti na konverzi kultur či výstavby odvodňovacích zařízení se nabízí využití dlouhodobých časových řad dálkového průzkumu půd, které se ostatně běžně k detekci podobných změn využívají.

7. Literatura

- AUERSWALD K, FIENER P. 2019. Soil organic carbon storage following conversion from cropland to grassland on sites differing in soil drainage and erosion history. *Science of the Total Environment*, APR 15 2019, 661, 481-491.
- BALADA J. 1967a. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Krašovice, okres Příbram. Praha-Suchdol.
- BALADA J. 1967b. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Petrovice, okres Příbram. Praha-Suchdol.
- BALADA J. 1967c. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Podmoky, okres Příbram. Praha-Suchdol.
- BLAŽEK B. 2004 *Venkovy: anamnéza, diagnóza, terapie*. Edtion ed. Brno: Era.
- CENIA. 2019. Online. Dostupné z < <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map> >. [cit. 2020-04-22]
- CROPLIFE. 2016. *Semi-dwarf wheat: the game changer*. Online. Dostupné z < <https://croplife.org/news/semi-dwarf-wheat-the-game-changer> >. [cit. 2020-04-12]
- DON A, SCHOLTEN T, SCHULZE E. 2009. Conversion of cropland into grassland: Implications for soil organic-carbon stocks in two soils with different texture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, FEB 2009, 172(1), 53-62.
- EAGRI.CZ. 2016. Data meliorací. Online. Dostupné z < <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/> > [cit. 2020-04-22]
- ETANA A, HAKANSSON I, ZAGAL E, BUCAS S. 1999. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Soil & Tillage Research*, OCT 1999, 52(3-4), 129-139.
- GERZABEK MH. 2007. Soil organic matter research using long-term experiments. In *Kungliga Skogs och Lantbruksakademiens Tidskrift*, vol. 146, p. 22-29.
- GOULDING KWT, POULTON PR. 2007 Long-term research in the UK - lessons learned from the Rothamsted Classical Experiments. In *Kungliga Skogs och Lantbruksakademiens Tidskrift*, vol. 146, p. 8-12.
- HENDRIKS C, STOOORVOGEL J, LUTZ F, CLAESSENS L. 2019. When can legacy soil data be used, and when should new data be collected instead? *Geoderma*, AUG 15 2019, 348, 181-188.
- HONZÁTKO M. 1968. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Skoupý, okres Příbram. Praha-Suchdol.
- HONZÁTKO M. 1968. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Krásná Hora, okres Příbram. Praha-Suchdol.

JOHNSTON A, GOULDING K, POULTON P. 1986. SOIL ACIDIFICATION DURING MORE THAN 100 YEARS UNDER PERMANENT GRASSLAND AND WOODLAND AT ROTHAMSTED. *Soil Use and Management*, MAR 1986, 2(1), 3-10.

KEMMITT S, WRIGHT D, GOULDING K, JONES D. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in two agricultural soils. *Soil Biology & Biochemistry*, MAY 2006 2006, 38(5), 898-911.

KEMPEN B, BRUS D, DE VRIES F, ENGEL B et al. 2012. Updating legacy soil data for digital soil mapping. *Digital Soil Assessments and Beyond*, 2012 2012, 91-96.

KULHAVÝ Z, PELÍŠEK I, ŠVIHLA V, HANÁK J et al. 2017. *Postupy pro dosažení udržitelnosti hydromelioračních opatření v podmínkách České republiky*. Edtion ed. Praha: VÚMOP, v. v. i., 2017. ISBN 978-80-87361-75-7.

KUZYAKOV Y, DOMANSKI G. 2000. Carbon input by plants into the soil. Review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, AUG 2000, 163(4), 421-431.

LAL R, PIMENTEL D. 2007 Biofuels from crop residues. *Soil & Tillage Research*, APR 2007, 93(2), 237-238.

LOUTECKÝ. 1967. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Počepice, okres Příbram. Praha-Suchdol.

MARY B, CLIVOT H, BLASZCZYK N, LABREUCHE J. et al. 2020 Soil carbon storage and mineralization rates are affected by carbon inputs rather than physical disturbance: Evidence from a 47-year tillage experiment. *Agriculture Ecosystems & Environment*, SEP 1 2020, 299.

MAYR T, PALMER R, COOKE H, HARTEMINK A, et al. 2008. Digital Soil Mapping Using Legacy Data in the Eden Valley, UK. *Digital Soil Mapping With Limited Data*, 2008, 291-+.

MAYR T, RIVAS-CASADO M, BELLAMY P, PALMER R et al. 2010. Two Methods for Using Legacy Data in Digital Soil Mapping. *Digital Soil Mapping: Bridging Research, Environmental Application, and Operation*, 2010, 2, 191-202.

MILES R, BROWN J. 2011. The Sanborn Field Experiment: Implications for Long-Term Soil Organic Carbon Levels. *Agronomy Journal*, JAN-FEB 2011, 103(1), 268-278.

MILLER G, REES R, GRIFFITHS B, BALL B, et al. 2019. The sensitivity of soil organic carbon pools to land management varies depending on former tillage practices. *Soil & Tillage Research*, JUN 2019, 189, 236-242.

MONTAGNE D, CORNU S, LE FORESTIER L, COUSIN I. 2009. Soil Drainage as an Active Agent of Recent Soil Evolution: A Review. *Pedosphere*, FEB 2009, 19(1), 1-13.

NOVÁK J. 2002. Náklady a výnosy při pěstování obilovin. online. Dostupné z < <https://www.uroda.cz/naklady-a-vynosy-pri-pestovani-obilovin/> > [cit. 2020-04-20]

NĚMEČEK J, ROHOŠKOVÁ M, MACKŮ J, VOKOUN J, et al. 2011. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Edtion ed. Praha: ČZU.

NĚMEČEK J. 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR (Souborná metodika) I. díl*. Edtion ed. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy.

PRÁŠKOVÁ L, NĚMEC P. 2016. Bazální monitoring zemědělských půd - půdní reakce a obsah živin. Online. Dostupné z < <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/publikace/bezpecnost-pudy-zpravy/monitoring-pud/bazalni-monitoring-zemedelskych-pud/> >, Brno. [cit. 2020-04-20]

REJŠEK K, VÁCHA R. 2018. *Nauka o půdě*. Edtion ed. Olomouc: Agriprint, s.r.o. ISBN 978-80-97091-82-1.

SCHARLEMANN J, TANNER E, HIEDERER R, KAPOS V. 2014. Global soil carbon: understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, FEB 2014, 5(1), 81-91.

SCHMIDT M, TORN M, ABIVEN S, DITTMAR T et al. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, OCT 6 2011, 478(7367), 49-56.

SIROVÝ V, FACEK Z, POSPÍŠIL F, KULÍKOVÁ A et al. 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR: Metodika laboratorních rozborů a principy hodnocení výsledků rozborů*. Edtion ed. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy.

SMATANOVÁ M. 2018. Současný stav agrochemického zkoušení půd, vývoj obsahu přístupných živin a půdní reakce. Online. Dostupné z < <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/soucasny-stav-agrochemickeho-zkouseni-pud-vyvoj-obsahu-pristupnych-zivin-a-pudni-reakce> > [cit. 2020-04-20]

SUTTI JM. 2000. *Hay and straw conservation for small-scale farming and pastoral conditions*. Edtion ed. Rome: FAO. ISBN: 92-5-104458-9.

SÁLUSOVÁ D. 2018. České zemědělství očima statistiky 1918-2017. Online. Dostupné z < <https://www.czso.cz/documents/10180/78834602/27021918.pdf/df8812aa-f530-4f43-83f7-7d56566ec3e3?version=1.0> >, Český statistický úřad. Praha.

TĚŽKÝ L. 1967a. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu ČSSS Kamýk nad Vltavou, okres Příbram. Praha-Suchdol.

TĚŽKÝ L. 1967b. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu ČSSS Sedlčany, Provoz Pořešice, okres Příbram. Praha-Suchdol.

TĚŽKÝ L. 1967c. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Oříkov, okres Příbram. Praha-Suchdol.

TĚŽKÝ L. 1967d. Průvodní zpráva k výsledkům průzkumu v hospodářském obvodu JZD Svatý Jan, okres Příbram. Praha-Suchdol.

VAŠKA J. 2000. *Hydromeliorace*. Edtion ed. Praha: ŠEL. ISBN ISBN 80-86426-01-7.

VON LUTZOW M, KOGEL-KNABNER I, EKSCHMITT K, FLESSA H et al. 2007. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology & Biochemistry*, SEP 2007, 39(9), 2183-2207.

VOPRAVIL J, KHEL T, VLČEK L, HOLUBÍK O et al. 2019. Retrospektivní monitoring změn vybraných půdních vlastností. In *Úroda*. 67:1, 56-61

VÚMOP. 2017. Komplexní průzkum půd. Online. Dostupné z < <https://kpp.vumop.cz/>> [cit. 2020-05-20]

VÚMOP. 2019. WAKPP - Webový archiv Komplexního průzkumu půd. Online. Dostupné z <<https://wakpp.vumop.cz/>> [cit. 2020-05-20]

WAINES J, EHDAIE B. 2007. Domestication and crop physiology: Roots of green-revolution wheat. *Annals of Botany*, OCT 2007, 100(5), 991-998.

ZADOROVA T, ZIZALA D, PENIZEK V, VANEK A. 2020. Harmonisation of a large-scale historical database with the actual Czech soil classification system. *Soil and Water Research*, 2020, 15(2), 101-115.

ZAIDEL'MAN F. 2009. Degradation of soils as a result of human-induced transformation of their water regime and soil-protective practice. *Eurasian Soil Science*, JAN 2009, 42(1), 82-92.

ÚKZÚZ. 2009. Vývoj základních agrochemických vlastností zemědělských půd v České republice. Online. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/publikace/agroch-zkouseni-zemedelskych-pud/>>. [cit. 2020-05-20]

Příloha 1: Záznam profilu sondy v databázi KPP

| kod_sonda | kuho | nazevsonda | typsonda | poradi | kod | hmin |
|--------------|---|---------------|------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| 40925 | _029_SS_Kamyk_nad_Vltavou_H_Krasna_Hora | VXXX-001 | V | | 1 hor | 0 |
| 40925 | _029_SS_Kamyk_nad_Vltavou_H_Krasna_Hora | VXXX-001 | V | | 2 V(g) | 17 |
| 40925 | _029_SS_Kamyk_nad_Vltavou_H_Krasna_Hora | VXXX-001 | V | | 3 V(g) | 42 |
| 40925 | _029_SS_Kamyk_nad_Vltavou_H_Krasna_Hora | VXXX-001 | V | | 4 vP | 69 |
| hmax | barva | color | struktura | druh | skelet | vlhkost |
| 17 | šedohnědá | #89786600 | drobtová | h-ph | Šp | vlahá |
| 42 | rezivě hnědá | #94746600 | bezstrukturní (nestrukturní) | ph | Phr | vlahá |
| 69 | rezivá | #B5663E00 | bezstrukturní (nestrukturní) | ph | Phr | vlahá |
| 150 | tmavě rezivá | #72382100 | bezstrukturní (nestrukturní) | ph-hp | Phr | vlahá |
| konzistence | novotvary | datum_pruzkum | nazev | uhlicitan | podz_voda | meliorace |
| mírně ulehlá | chybí údaje | 1966 | řepka | -1 | 23 | FALSE |
| ulehlá | rezivě skvrny a povlaky | 1966 | řepka | -1 | 23 | FALSE |
| silně ulehlá | rezivě skvrny a povlaky | 1966 | řepka | -1 | 23 | FALSE |
| tuhá | chybí údaje | 1966 | řepka | -1 | 23 | FALSE |
| varieta | erozni_forma | substrat | relace | subsubstrat | hloubka | zrn_sonda |
| HP(g) | - | | 38 NA | NA | velmi hluboká | - |
| HP(g) | - | | 38 NA | NA | velmi hluboká | - |
| HP(g) | - | | 38 NA | NA | velmi hluboká | - |
| HP(g) | - | | 38 NA | NA | velmi hluboká | - |
| skelet_sonda | poradi.y | r_hmin | r_hmax | vzorek_zrn_1 | vzorek_zrn_2 | vzorek_zrn_3 |
| - | | 1 | 0 | 17 | 22,8,1 | 13,9 |
| - | | 2 | 17 | 42 | 23,6 | 3,5 |
| - | | 3 | 42 | 69 | 22,3 | 8,6 |
| - | | 4 | 69 | 130 | 18,9 | 8,2 |
| vzorek_zrn_4 | vzorek_zrn_5 | vzorek_zrn_6 | spec_vaha | vaha_reduk | porovitost | uhlik_proc |
| 18,2 | 15,7 | 44,1 | NA | NA | NA | 0,84 |
| | 20 | 13,6 | 42,8 | NA | NA | 0,46 |
| | | 12,8 | 39,2 | NA | NA | 0,05 |
| | | 16,7 | 48,5 | NA | NA | NA |
| humus_proc | caco3 | ph_akt | ph_vym | titrac_kap | ca | mg |
| 1,45 | | 0 NA | 6,4 | 0,58 | NA | NA |
| 0,79 | | 0 NA | 5,6 | 0,58 | NA | NA |
| 0,09 | | 0 NA | 5,7 | 0,58 | NA | NA |
| NA | | 0 NA | 5,7 | 0,58 | NA | NA |
| na | k | h | sum | s | t | v |
| NA | NA | 5,5 | NA | 7,5 | | 13 |
| NA | NA | 3,5 | NA | 7,5 | | 11 |
| NA | NA | 3,5 | NA | | 9 | 12,5 |
| NA | NA | | 3 NA | 10,5 | 13,5 | 77,8 |
| p2o5 | k2o | dupl | Rozbor | | | |
| 1,8 | | 13 | NA | | | |
| 0,2 | 8,3 | | NA | | | |
| 0,2 | | 6 | NA | | | |
| | 1 | 6,5 | NA | | | |