

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



Využití chemické analýzy půd pro studium organického
hnojení na zaniklých polích

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Pavla Staňková

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Pavla Staňková

Inženýrská ekologie

Název práce

Využití chemické analýzy půd pro studium organického hnojení na zaniklých polích

Anglický název

The use of soil chemical analysis for the study of organic fertilizer application on abandoned fields

Cíle práce

Cílem práce je zjistit, jakým způsobem se hnojilo na polích zaniklé obce Malonín na Šumavě. Cílem práce bude odpovědět na následující otázky: 1) Klesala intenzita hnojení se vzdáleností od vesnice? 2) Používal se k hnojení popel a pokud ano, je možné detekovat jeho chemický signál v půdě? 3) Bude signál hnojení identifikovaný na základě chemické analýzy půd v souladu se signálem o hnojení identifikovaným na základě nálezů fragmentů keramiky?

Metodika

Studentka provede odběr půdních vzorků na zaniklých polích na transektu směrem od zaniklé vesnice až na hranice jejího katastru. V odebraných půdních vzorcích bude provedena analýza půdních vlastností (obsahy prvků, pH, identifikace izotopů dusíku). Dále studentka provede kvantitativní analýzu fragmentů keramiky nalezených při archeologickém výzkumu na studované lokalitě.

Rozsah textové části

40 – 60 stran

Klíčová slova

dusík, fosfor, organické hnojení, pH, půdní reakce, zaniklé vesnice

Doporučené zdroje informací

Gojda M., Hejcman M. (2012): Cropmarks in main field crops enable the identification of a wide spectrum of buried features on archaeological sites in Central Europe. *Journal of Archaeological Science* 39: 1655-1664.

Hejcman M., Hejcmanová P., Pavlů V., Beneš J. (2013): Origin and history of grasslands in Central Europe: a review. *Grass and Forage Science* 68: 345-363.

Hejcman M., Karlík P., Ondráček J., Klír T. (2013): Short-term Medieval Settlement Activities Irreversibly Changed Forest Soils and Vegetation in Central Europe. *Ecosystems* 16, 652-663.

Hejcman M., Klaudivsová M., Štursa J., Pavlů V., Hakl J., Schellberg J., Hejcmanová P., Rauch O., Vacek S. (2007): Revisiting a 37 years abandoned fertilizer experiment on *Nardus* grassland in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 231-236.

Hejcman M., Ondráček J., Smrž Z. (2011): Ancient waste pits with wood ash irreversibly increase crop production in Central Europe. *Plant and Soil* 339: 341-350.

Hejcman M., Smrž Z. (2010): Cropmarks in stands of cereals, legumes and winter rape indicate sub-soil archaeological features in the agricultural landscape of Central Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 348-354.

Hejcman M., Součková K., Gojda M. (2013): Prehistoric settlement activities changed soil pH, nutrient availability, and growth of contemporary crops in Central Europe. *Plant and Soil* 369: 131-140.

Hejcman M., Součková K., Kristuf P., Peška J. (2013): What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500 – 2200 BC) in Central Moravia, the Czech Republic? *Quaternary International*. In Press.

Součková K., Hejcman M., Klír T. (2013): Medieval Farming Practices in Deserted Villages Can be Determined Based on the Nitrogen Isotopic Signature in Recent Forest Soils. *Interdisciplinaria Archaeologica Natural Sciences in Archaeology* 4: 63-71.

Vedoucí práce

prof. RNDr. Michal Hejcman, Ph.D. et Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 13. 12. 2013

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 12. 2013

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan FŽP ČZU

V Praze dne 10. 12. 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana profesora RNDr. Michala Hejcmana, Ph.D. et Ph.D. Další informace mi poskytli Mgr. Petr Karlík, Mgr. Jan Horák, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 10.12. 2014

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu profesoru RNDr. Michalu Hejmanovi, Ph.D. et Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc, pak také Mgr. Janu Horákovi, který mi obětoval hodiny času při testování vzorků a hlavní díky patří mému konzultantovi Mgr. Petr Karlík, který mi svými komentáři a skvělými nápady hodně pomohl.

Abstrakt

Zaniklá osada Malonín se nachází v Šumavském podhůří na Prachaticku. Osada vznikla v rámci vrcholně středověké kolonizace a existovala do 50. let 20. století, kdy po odsunu německého obyvatelstva neuspěly snahy o její dosídlení. Na zkoumané lokalitě se velmi dobře zachovala struktura středověké plužiny, stabilizovaná fyziognomicky nápadnými porosty dřevin na mezních pásech. Vegetační pokryv tvoří mozaika luk, křovin a lesních porostů.

Cílem práce bylo zjistit obsahy prvků v půdě a jejich souvislost se způsobem obhospodařování v minulosti. Hlavními metodami bylo stanovení poměrů izotopů dusíku a dále podrobná půdní analýza totálních obsahů prvků pomocí rentgenového spektrometru. Dále bylo stanoveno pH (H₂O) půdy.

Analýzou stabilních izotopů dusíku byl zjištěn zvýšený obsah $\delta^{15}\text{N}$ na bývalých polích přiléhajících k zaniklé zástavbě. Směrem k okraji plužiny se obsah $\delta^{15}\text{N}$ signifikantně snižuje. Z toho plyne, že 1) docházelo k hnojení hnojivy živočišného původu, 2) nejvíce těchto hnojiv bylo aplikováno nejbliže u vesnice.

Z nepřímé analýzy PCA vyplývá jistá podobnost mezi intravilánem a nivou lemující okraj plužiny, pro které jsou charakteristické zvýšené obsahy prvků, jako jsou např: Ca, Cu, Zn, Mg. Nízké hodnoty obsahů prvků, zejména živin, lze nalézt především na bývalých polích a pastvinách, které jsou nyní zalesněny. Výrazně odchylná byla plocha kontinuálního lesa s extrémně nízkým pH a se zvýšeným výskytem těžkých kovů (Ag, Cd, Pb, U). Z přímé analýzy RDA je zjevné, že nejdůležitější proměnnou, ovlivňující obsahy prvků, je vzdálenost od vesnice. Dalším důležitým faktorem je pH, které se signifikantně lišilo mezi intravilánem a blízkým okolím a ostatními částmi plužiny, pravděpodobně z důvodu užívání popela.

Klíčová slova: dusík, fosfor, pH, půdní reakce, organické hnojení, $\delta^{15}\text{N}$, zaniklé vesnice

Abstract

Deserted village Malonín is situated in Bohemian foothills in district of Prachatice. The village was established during the high medieval colonization and it existed until the 50s of the 20th century. There was an attempt to resettle the village after the expulsion of German people, but it failed. At the study site is well preserved structure of plužina, which is stabilized physiognomically striking stands of trees on hedgerows. Cover of vegetation consists of mosaic of grassland, bushes and forests.

The aim of this thesis was to find out contents of elements in soil and their connection with the historical management. The main methods were to determine the isotope ratios of nitrogen and then detailed soil analysis of total elements content by using X-ray spectrometer. Also the pH (H₂O) of soil was determined.

By using analysis of stable isotopes of nitrogen was recorded an increase of signature $\delta^{15}\text{N}$ on former fields in close vicinity to the ruins of buildings. The signature $\delta^{15}\text{N}$ significantly decreased with the distance from village. Therefore 1) organic fertilizers were used; 2) most of these fertilizers were used in close vicinity to the village.

The indirect analysis PCA indicates a similarity between former settlement and water meadow, which is situated on the edge of the plužina. The settlement and water meadow are characterized by elevated levels of elements such as Ca, Cu, Zn, Mg. Low values of the elements, in particular nutrients, are found mainly on the former fields and pastures that are now forested. Area in continuous forest was significantly different, pH was extremely low and there was increased presence of heavy metals (Ag, Cd, Pb, U). From the direct analysis (RDA) is clear that the most important variable affecting the contents of elements is the distance from the village. Another important factor is pH, which was significantly higher in the settlement and in the close vicinity than the rest of the village. It is probably caused by using of wood ashes.

Keywords: nitrogen, phosphorus, pH, soil reactions, organic manure, $\delta^{15}\text{N}$, deserted villages

Obsah

1. Úvod	9
1.1 Středověk	9
1.1.1. Středověké zemědělství a hnojení	10
1.1.2. Výzkum zaniklých středověkých osad	13
1.1.3. Zaniklé středověké osady a jejich plužiny	15
1.2. Možné metody výzkumu	17
1.2.1. Letecká archeologie	17
1.2.2. Geofyzikální metody	18
1.2.3. Geochemické metody	18
1.2.4. Metoda stabilních izotopů (isotopy)	19
1.2.5. Metoda rentgenového spektrometru	22
2. Cíle diplomové práce	23
3. Metodika	24
3.1. Popis lokality	24
3.1.2. Přírodní podmínky	25
3.2. Sběr dat	28
4. Výsledky	31
5. Diskuse	47
6. Závěr	50
7. Použitá literatura	51
8. Další zdroje	56
9. Seznam obrázků	57
10. Seznam příloh	58

1. Úvod

Téma této práce jsem volila tak, abych navázala na svou bakalářskou práci (Využití stabilních izotopů dusíku pro identifikaci středověkého hnojení), kterou jsem obhájila roku 2012. Jelikož jsem si zvolila pro mne velice zajímavé téma, které bylo propojením několika mezivědních oborů, rozhodla jsem se v něm pokračovat, a dále ho i rozšířit viz níže.

Práce je koncipována do dvou částí, které jsem se snažila propojit tím nejlepším způsobem. Jde o spojení rešerše a experimentálního výzkumu, který je prováděn na severozápadě Čech na zaniklé vesnici zvané Malonín (viz obr.č.6).

Výzkum, který předcházel této diplomové práci, se odehrál na Prachaticku (viz příloha č. 1). Jde o mezioborový výzkum, do kterého se mimo jiných zapojila fakulta životního prostředí ČZU, fakulta lesní a dřevařská ČZU a Laboratoř archeobotaniky a paleoekologie Přírodovědecké fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Na lokalitě probíhaly vykopávky, sběr vzorků pro půdní i pylové analýzy apod. Níže je popsána část týkající se ovlivnění chemismu půdy působením hospodaření a osídlení.

1.1 Středověk

Existenci vesnice Malonín lze doložit písemnými dokumenty od poloviny 14. století. Jedná se o období, které je popsáno jako vrcholný středověk. Středověk, jak už samotný název naznačuje, je používán pro pojmenování „středu věků“, tudíž období mezi starověkem a novověkem.

Začátek středověku je tedy shodný s koncem starověku, tedy s pádem Západořímské říše (rok 476 po Kristu). Z historických záznamů ale vyplývá, že středověk není oddělen od pozdně antického období žádnou převratnou událostí, tvorba nových kultur a sociálních struktur tedy probíhala i několik staletí po rozpadu Západořímské říše (Drška & Picková, 2004).

Datovat konec středověku je otázkou poněkud složitější. Pravděpodobně největším rozhodujícím faktorem přispívajícím ke konci doby temna, jak se přezdívá konci středověku, byl mor zvaný Černá smrt. V různých publikacích najdeme různé roky, osobnosti i události, které toto období temna měli ukončit. Nejpoužívanějším datem je rok 1492, kdy Kryštof Kolumbus objevil Ameriku, dalšími jsou například rok

1453 (dobití Konstantinopole) nebo rok 1517, kdy bylo zveřejněno devadesát pět tezí Martina Luthera (Biermann & Hanus, 1992). Vynález knihtisku a objevení Nového světa v 15. století jsou důvody, kterými lze podložit tvrzení, že středověk lze datovat od 5. do 15. století (Drška & Picková, 2004).

Středověk je dělen na tři období: raný středověk (476 – 11. století), již zmiňovaný vrcholný středověk (12. – 14. století) a pozdní středověk a přechod k novověku (15. – 16. století) (Biermann & Hanus, 1992).

V průběhu vrcholného středověku bylo šířeno učení o trojím lidu (duchovenstvo, šlechta, prostý lid). Docházelo k růstu počtu obyvatel, zakládání měst a center řemesel a obchodu. Docházelo ke zlepšování technologií v zemědělství. Měnila se skladba pěstovaných plodin a nové prvky se objevili i v chovu hospodářských zvířat. Díky těmto inovacím docházelo ke zvýšení zemědělské produkce a následné klimatické oteplení vedlo k agrární revoluci (Beneš, 1992).

Existenci zaniklé osady Malonín lze doložit současnými archeologickými nálezy, leteckými snímky, ale také písemnými prameny, které jak už již bylo zmíněno, zmiňují osadu od poloviny 14. století. První písemný záznam pochází z roku 1349 (Profous, 1951).

Jelikož je tato práce zaměřena na změny chemismu v půdě vlivem osídlení a hospodaření, chtěla bych přiblížit středověké zemědělství.

1.1.1. Středověké zemědělství a hnojení

Jelikož ve středověku docházelo k nárůstu populace, zvyšovala se intenzita zemědělské činnosti. Docházelo k vyčerpávání půdy, byly malé výnosy a tím pádem málo potravy pro dobytek. To vše vedlo k redukci dobytka na minimum a důsledkem byl nedostatek hnoje. A protože nebyl dostatek hnoje, bylo málo úrody a musely osévat větší plochy. Celému tomuto kruhu se říká bludný kruh středověkého zemědělství (Astill & John, 1997). Existují ale i záznamy, kde se dočteme pravý opak. Zemědělci považovali půdy za velmi úrodné a docházelo tak jen k jejich lehkému obdělávání. Hnojení se buď zcela nepoužívalo anebo jen okrajově. V některých případech lidé dokonce považovali hnojení za škodlivé – bujení plevelů, vysušování půdy a polehávání obilí. Příkladem může být novorossijský kraj na jihu Ruska (Beranová & Kubačák, 2010) anebo několik tisíc vesnic v Čechách, přesněji v Podýjí, které svou existenci dokládají od poloviny 13. století (díky kvalitní půdě se zde zvyšoval počet obyvatel a tím pádem i rozsah obdělávané půdy) (Kirchner &

kol., 2003). Dalšími zemědělskými postupy, které byly využívány ve středověku, jsou zaorávání, hnojení před orbou nebo až po ní, setí přímo do hnoje, tzv. zelené hnojení (zaorávání drnu), hnojení popelem, pastva úhorů apod. (Beranová & Kubačák, 2010).

Jak jsem již výše uvedla, v průběhu vrcholného středověku došlo k agrární revoluci. Většina (přes 90%) obyvatel Evropy pracovala v zemědělství. Začalo se využívat několik osevních postupů, ve kterých převážil tzv. trojpolní systém (trojhonné hospodaření), který nahradil systém dvoupolní (část pole se oseje, část se nechá ležet ladem – pastva pro dobytek). Systém trojpolního hospodaření spočívá v rozdělení polnosti na tři obdělávané plochy. Jedna část byla oseta na jaře (jař) druhá na podzim (ozim) a třetí se ponechala ladem (úhor). Následující rok se úhor osel na jaře, jař se osel na podzim a ozim z předchozího roku se stal úhorem (Williams, 2000). Pole se zakládala na travnatých celinách (druhotně vzniklá step) nebo na lesních pozemcích. Lesy byly nejčastěji odstraňovány klučením (odstranění stromů včetně kořenů), pak také mýcením anebo žárovým zemědělstvím. Žárové zemědělství se však používalo spíše doplňkově. Na lokalitě Malonín mohly být použity všechny tyto metody, ale nejpravděpodobnější je metoda klučením (Beranová & Kubačák, 2010).

Jak přesně se používalo hnojení přibližně od 13. – 15. století popisuje jedenáctá kniha od Crescentia: *Vo regulích, tj. vo zprávách prací a díl (děl) polních*, v 13té části informuje takto: *Studená a vlhká země výborně skrze zapálení drnu a posypání popelem opravena bývá. ...Popel výborně místo hnoje na poli posypán bývá.Hnůj kterýž jest roční, dosti jest užitečný, aniž bylin plodí. Pakli jest starý, méně jest prospěšnější. Nový hnůj prospívá lukám k hojnosti trávy. ...Pohnojovány mají být pole hustěji na pahrbcích a na rovině řídčeji, když se měsíc umenšuje; nebo když se to zachová, činí se tím překážka bylinám. Času letního nemá více hromádek hojných rozmetáno býti, cožby se toho dne nemohlo zavoratí. Není prospěšno jednoho času příliš hnojit, ale často a pomalu. Pole vodnaté více žádá hnoje, suché pak méně. Jestliže se hojnost hnoje nedostává, výborně místo hnoje bývá, aby v obláskovém neboli škrobnatém místě křídu, v studeném pak hlínu a v křídnatém a příliš hustém škrob sypat, nebo to vosením prospívá. ...Aneb ať jest setý římský hrách, kterýžto když roste téměř k slušné míře, ať jest vyvrácen voráním. Bláto, vzaté ze dna louží a moklin neboli močidl, tučné a úrodné činí pole. ...Pole na vrší neboli pahrbcích řídce a málo mají hnojeny býti. Ale na nízkých místech hnojení nepotřebují* (Crescentius 1471 in Beranová & Kubačák, 2010). Beranová & Kubačák (2010) uvádějí, že i přesto, že ve středověku existovaly

chlékové domy (stáje) a hnůj byl k dispozici, nehnojilo se jím v hojném množství a k vylepšování stavu polí bylo používáno především vápno, slín, kompost, či drny.

Na počátku středověku byla půda obdělávána celodřevěným rádlím, které bylo dobré k rozrušování celiny. Používalo se tedy jen k rozorávání půdy, neobracela se, šlo o mělké orání. Mezi 8. – 12. stoletím se začala rádlu opatřovat železnou radlicí, která usnadňovala rozhrnování půdy a také zabraňovala opotřebení namáhané části rádlu. Mezi radlicemi, které byly používány v 8. století a těmi ze 13. století, se prozatím nezjistily žádné podstatné rozdíly, ačkoliv rozmanitost mezi formami radlice zaznamenána byla (viz příloha č. 4) (Sweeney, 1995). Na území Čech Moravy a Slezska se nacházejí oblasti, kde na jednom území bylo díky archeologickým průzkumům, nalezeno i několik tvarů radlic. Rozdílnost mezi formami tedy nebyla krajová nebo časová, ale účelová (Beranová & Kubačák, 2010).

Předpokládá se, že do rádlu se zapřahal hovězí dobytek. Záprah dobytka měl lidem usnadnit práci obzvláště z fyzického hlediska (Beranová & Kubačák, 2010).

Díky terasovitému terénu, který je obtížně dostupný pravděpodobně nebylo možné na lokalitě Malonín používat těžkou mechanizaci ani ve 20. století. Díky tomuto faktu je pravděpodobné, že se k orbě používal dobytek po celou dobu existence vesnice, jelikož mohl překonat svahovitost terénu (Houfková & kol., submitted).

Vesnice měla specifické rozložení, za každým domem se nacházel lán. Tento lán můžeme nazvat plužinou, ale častěji se plužinou rozumí souhrn všech zemědělských pozemků obce. Tento lán však neměl jednotný typ hospodaření. Část lánu za domem sloužila jako zahrada. Další částí bylo pole. Je zde rozdíl v rozložení hospodaření na plužině například oproti zaniklé vesnici Spindelbach. Dle Součková & kol. (2013) se plužina na této lokalitě dělila na zahradu, pole, louku, pastvinu a na konci lánu les. Z vojenského mapování však můžeme vyčíst, že lokalita Malonín měla obecní pastvinu a les byl na západ od hranice jedné z plužin (viz příloha č. 7). Také konec plužiny byl a stále je ohraničen potokem a ne lesním porostem (Zímová, & kol., 2013).

1.1.2. Výzkum zaniklých středověkých osad

Abychom mohly hovořit o historii zaniklých středověkých osad, bylo by dobré definovat, co **zaniklá osada** je: „...místo na němž osada stála, na němž jsou, ale také nemusejí být reliéfové nebo barevné nebo jiné přímé či nepřímé stopy její existence“. Historický geografický výzkum je tedy zaměřen na zaniklé vsi nebo městečka. Tato zanikla sídla, však mají různé formy. Jako příklady těchto forem lze uvést: hradiště, hrady, tvrze, samoty atd. Pak jsou zde osamělé stavby výrobního charakteru, jako jsou např. mlýny, sklárny, ovčiny, valchovny aj. (Černý, 1979).

Intenzivní rozvoj archeologie středověku začal někdy kolem poloviny 20. století, přesněji po 2. světové válce, kdy tato tematika začala patřit k nejvýznamnějším řešeným tématům. V Čechách se počátky soustavného výzkumu středověkých osad pojí se Z. Smetánkou, výzkumy na Moravě s V. Nekudou a s již zmiňovaným E. Černým. (Dudková & kol., 2008). Dle Černého (1979) historicko-geografický výzkum zaniklých středověkých osad a jejich plužin doplňuje poznatky ze středověkých a politických dějin a tím i jejich dopad na život vesnického obyvatelstva (nejpočetnější vrstva ve středověké společnosti). Společně s tímto zjišťujeme nové a nové informace o způsobu života ve středověké vesnici. Asi nejvýznamnější středověkou zaniklou vesnicí je Wharram Percy, která se nachází na severovýchodě Anglie v hrabství Yorkshire (rekonstrukce vesnice viz příloha č. 6). Výzkum probíhal 40 let (1950 – 1990) a odhalil zaniklou osadu, která byla založena již v raném středověku (Hurst & Beresford, 1990). V Čechách by se dala za nejvýznamnější zaniklou středověkou ves považovat Svídna. Nachází se asi 10 km západně od obce Kladno. S povrchovým průzkumem, díky kterému byla Svídna objevena, se začalo roku 1966. Průzkumy ukázaly, že vesnice byla založena na přelomu 13. a 14. století. Vesnice Svídna nese hned několik prvenství. Byla jednou z prvních celokamenných nebo převážně kamenných vesnic a byla vůbec první, které se v Čechách věnovala soustavná archeologická pozornost (Smetánka, 1988).

Zpočátku měly výzkumy na českých lokalitách hlavně záchranný charakter, ale většina výzkumů prováděných před 2. světovou válkou a těsně po ní se kvalitativně liší. Až J.G. Hurst zpracoval metodiku výzkumu a její rozsah (Nekuda, 1974).

Zaniklé středověké vesnice včetně přiléhajících polí a plužin byly a stále jsou předmětem nespočtu archeologických studií. Výzkum se netýká jen samotné vesnice, ale také původních komunikací, které byly situovány kolem lokality, a pak také starých kamenolomů, rybníků a jejich hrází. Dále je zkoumáno, zdali se na lokalitě nenacházejí relikty například středověkého hutnictví, dolování, uhlířství,

sklářství aj. Dá se říci, že se zde snažíme zrekonstruovat kulturní obraz určité historické epochy, je zkoumán management krajiny (Černý, 1979). Historici, kteří zkoumají sociální a hospodářské dějiny středověkých vesnic, spojují jejich zánik ve 14. – 15. století s krizovými jevy této neklidné doby (Dudková & kol., 2008)

Výzkum středověkých osad stále probíhá, a to po celé České republice. Pozůstatky středověkého osídlení byly nalezeny např. na Plzeňsku, Chomutovsku, a také již zmiňovaném Podjíví. Zaniklé osady se vyskytují i kolem Prahy a hlavně i v Praze samotné. Jsou tedy umístěny jak v nížinách, tak na horách (Nekuda, 1974).

Pro srovnání s osadou Malonín, bych ráda uvedla několik zaniklých osad, kde probíhal archeologický výzkum. Jak je již zmíněno výše, průzkum středověkých vesnic probíhal na Plzeňsku, kde můžeme najít například pozůstatky zaniklé osady Roudná (Rudná). Roudná je typickým příkladem středověké osady (vznik v 13 -14. století, zánik v 16. století). Nachází se v katastrálním území Senec u Plzně v okrese Plzeň. První zmínky o této vesnici pocházejí z roku 1321 a v polovině 16. století byla již zcela opuštěna. Archeologický výzkum zde začal v 80. letech 20. století, kdy probíhaly menší povrchové sběry (nalezena keramika od 13. do 17. století). Roku 1998 proběhl systematický povrchový sběr a byly stanoveny polygony s největšími koncentracemi keramiky. V pozdějších letech pak došlo k několika záchranným archeologickým výzkumům. Jelikož na lokalitě v minulosti probíhalo intenzivní zemědělství, nadzemní části vesnice jsou značně poškozeny. Zaniklá osada se nachází v nížinných polohách (350-390 m n.m.) (Dudková & kol., 2008). Rozdíl mezi lokalitou Malonín a Roudná je hlavně doba osídlení, zatímco Roudná existovala necelých 200 let, osada Malonín dokládá existenci cca 600 let. Také je vesnice Malonín umístěna v podhůří Šumavy, a ne v nížině jako Roudná. Také na lokalitě Malonín jsou stále zřetelně vidět pozůstatky domů i plužin. Obě zaniklé osady ale datují svůj vznik do období vrcholného středověku (Zímová & kol., 2013).

Na zmíněném Chomutovsku lze nalézt podobnou zaniklou osadu jako je Malonín. Zaniklá ves se jmenuje Nebovazy (Nokowitz), nachází se v podobné nadmořské výšce a zanikla v 1. polovině 70 let minulého století. Tedy necelých 20 let po tom, co zanikla obec Malonín. Stejně jako v Maloníně je zde možné nalézt zbytky osídlení, dokonce i bývalý ovčín (Binterová, 1997).

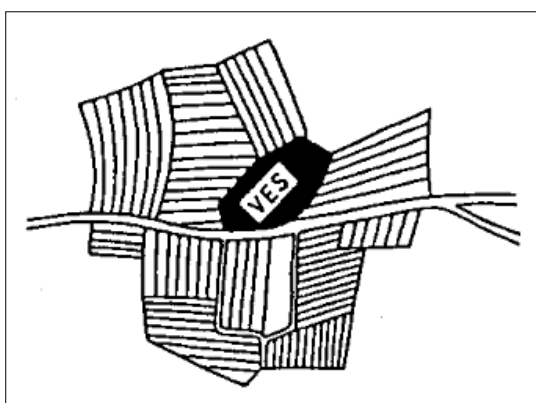
Posledními dvěma zaniklými osadami, které bych ráda uvedla, jsou vesnice Spindelbach a vesnice Roudnička. V obou těchto vesnicích probíhal výzkum na obsah těžkého dusíku v půdě. Spindelbach je stejně jako obec Malonín lánovou vesnicí, kdežto Roudnička je pravidelně uspořádanou vsí. Vznik všech tří osad spadá do vrcholného středověku. Spindelbach a Malonín jsou obě umístěny

v nepřístupném terénu a také jsou obě situovány v pohraničí. Vesnice Roudnička je situována na jihozápad od Prahy. Spindelbach je horskou vesnicí, Malonín je v šumavském podhůří a Roudnička je situována na upatí hory Plešivec. Velkým rozdílem je zánik lokalit, lokality Spindelbach a Roudnička zanikly v 15. století, zatímco lokalita Malonín, jak je již zmíněno, vytrvala až do poloviny 20. století. Roudnička (Součková & kol., 2013).

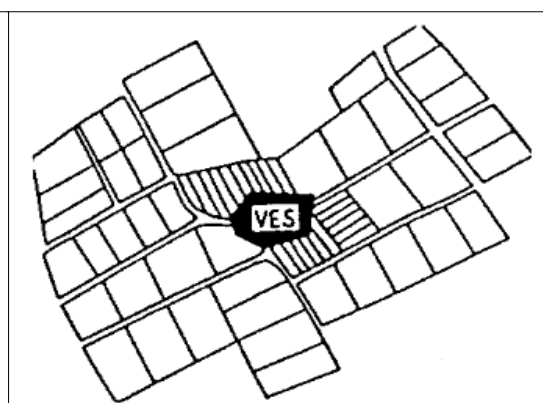
1.1.3. Zaniklé středověké osady a jejich plužiny

Studium plužin se zakládá na souběžném hodnocení tvarů základních jednotek obdělávané země. Nejčastěji jsou to majetkové parcely a zemědělsky užívané půdy (Oberbeck, 1958). Plužina je nejčastěji chápána jako „hospodářsky využitelná a rozparcelovaná část krajiny, náležící vesnickému sídlišti“ (Gojda, 2000). Nebo také jako „vyživovací základna rolnického sídla“ (Vařeka & Florec, 2007). Základní tvar plužiny není náhodným jevem. Souvislost mezi tvarem plužiny a dobou jejího vzniku lze dokázat porovnáním většího počtu katastrálních plánů z oblastí s odlišným historickým a hospodářským vývojem (Štěpánek, 1968). Ve starších mapách lze stále nalézt kartografické znázornění plužin. Ve většině případů nás obvykle upozorní, že plužina je zpravidla rozdělena na vícero částí. Tyto části se od sebe mohou odlišovat svým tvarem, svou velikostí a také svým geografickým vztahem k zaniklé osadě (Černý, 1979).

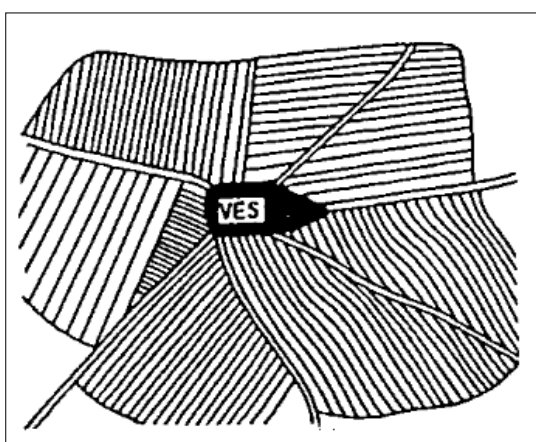
Existuje několik typologií dělení plužin. Je možné je dělit dle vzájemného uspořádání částí nebo podle charakteru parcel. Máčel (1995) dělí plužiny na úseky, dělené úseky, scelené úseky, traťovou plužinu (někol obdélníkových pravidelných částí), délkovou plužinu, záhumenicovou plužinu (viz příloha č. 2). Dle Černého (1979) lze dělit plužiny na ještě více typů, některé shodné s Máčel (1995): plužina úseková (skládají se z nestejně velkých částí), plužina dělených úseků (pravidelné, rovnoběžné kratší pásové parcely (viz obr. č. 1), plužina scelených úseků (viz obr. č. 2), plužina traťová (viz obr. č. 3), plužina nepravá traťová, plužina délková, záhumenicová plužina lesní lánové vsi (viz obr. č. 4), záhumenicová plužina klínová (severně) a pásová (jižně) se třemi přídatnými tratěmi u krátké dvojřadé lesní lánové vsi, paprscitá záhumenicová plužina lesní návesní vsi, kompaktní plužina, rozštěpená plužina a rozptýlená plužina. Obrázkovou dokumentaci všech uvedených plužin dle Černý (1979) jsem přiložila jako přílohu č. 3.



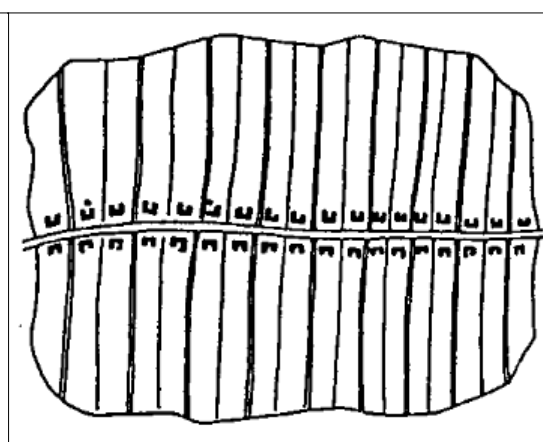
obr. č. 1: plužina dělených úseků



obr. č. 2: plužina scelených úseků



obr. č. 3: plužina traťová



obr. č. 4: záhumenicová plužina lesní lánové vsi

Zařazovat plužiny typologicky je vždy spornou otázkou, jelikož málokdy najdeme učebnicový příklad vsi, výjimkou mohou být záhumenicové plužiny, které jsou nejvyhraněnějším typem sídelních oblastí (Mortensen, 1947). Zaniklou osadu Malonín bych zařadila do plužin dělených úseků. Úseky jsou rozděleny na pravidelné kratší pásové, rovnoběžně probíhající parcely, kdy je držba parcel rozptýlená. Avšak samotná plužina, kde probíhal výzkum, odpovídá spíše plužině záhumenicové, tyto plužiny jsou tvořeny dlouhými pásy polí, které jsou široké od 50 – 150 m a mohou dosahovat délek až 2000 m (Štěpánek, 1968). Odpovídá i charakteristickým znakem záhumenicových vesnic, kterým je přímé spojení plužiny s hospodářkou usedlostí (Černý, 1979)

1.2. Možné metody výzkumu

Pokud zmíníme archeologický výzkum, první, co většinu z nás napadne, jsou vykopávky, ale není tomu tak vždy. Existují neinvazivní způsoby, jak získat poznatky o naší historii. Tento neinvazivní způsob se nazývá nedestruktivní archeologie¹, někdy se do této kategorie řadí ještě „málo destruktivní“ výzkum (Dudková & kol., 2008). Nedestruktivní metody jsou používány po stejný časový úsek jako destruktivní, ale až v současné době se začíná doceňovat jejich význam. Tento význam stále stoupá a už nemá jen doprovodný charakter výzkumu. Přináší smysluplné poznatky o historii a to tím kvalitnější, čím více se postupy integrují (Kuna, 2004). Při studiu zaniklých středověkých sídlišť a vsí na zemědělské půdě se dnes nejčastěji z nedestruktivních metod používá povrchový sběr (nejčastěji se zachytí úlomky keramiky) (Dudková & kol., 2008).

Dále mezi nedestruktivní způsoby výzkumu patří letecká archeologie, dálkový průzkum, průzkum pomocí detektorů kovů (řádný výzkum, ne vykradači), povrchový výzkum reliéfových tvarů, průzkum pomocí geofyzikálních a geochemických metod aj. (Kuna, 2004). Analýza stabilních izotopů a také analýza rentgenovým spektrometrem, které byly použity v této práci, patří také k nedestruktivním metodám. Některé z výše zmíněných metod bych ráda dále rozvedla.

1.2.1. Letecká archeologie

V Čechách máme jednoho z nejvíce uznávaných odborníků v tomto oboru, a to v celosvětovém měřítku. Je jím prof. PhDr. Martin Gojda, CSc. ze Západočeské univerzity. Jeho archiv leteckých obrazových materiálů české krajiny je naprosto unikátní.

Letecká archeologie je druhem archeologické prospekce. Na základě leteckého pozorování a fotografického snímkování půdních, vegetačních, stínových a jiných příznaků se vyhledávají a identifikují a samozřejmě evidují archeologické objekty. Začátek rozvoje letecké archeologie bychom hledali na začátku 20. let minulého století. Je zřejmé, že téměř o sto let později technika výrazně pokročila. V minulosti se používala klasická mapa, zatímco v dnešní době se používají výhradně navigační přístroje s GPS (snímek nese datum, hodinu a souřadnice fotografovaného bodu) (Gojda, 1997). Letecká archeologie skrývá neuvěřitelný

¹ Soubor technik, metod a teorií, které nevyžadují provedení destruktivního zásahu (Kuna, 2004).

potenciál, v archivech po celém světě je uloženo více jak sto milionů leteckých snímků. Krom identifikace významných historických lokalit má letecký průzkum ještě jednu podstatnou výhodu – je schopen objevit rozsáhlé objekty, jako jsou příkopové systémy, valy nebo středověké opevnění. Tyto rozsáhlé stavby pohled ze země jednoduše neobsáhne (Gojda, 2004). V Čechách toho mohou být příkladem pravěké rondely (Sar & Jaroslav, 2011)

1.2.2. Geofyzikální metody

Některými autory je geofyzika v archeologii označována jako ‚*archeogeofyzika*‘ (Křivánek, 2004). Hlavní náplní geofyziky je studium různých fyzikálních polí v zemském tělese a jeho okolí (Mareš & kol., 1990). Dle fyzikálního principu, charakteru sledovaného fyzikálního pole a způsobu měření lze rozdělit na skupiny základních geofyzikálních metod. Těmito metodami jsou například: gravimetrie, magnetometrie, geoelektrické metody, radionuklidové metody aj. Všeobecně je princip geofyzikálních metod založen na tom, že se sledují změny fyzikálních veličin v prostoru. Geofyzikální průzkum pomáhá při cíleném průzkumu určitých lokalit/areálů (obytných, pohřebních a výrobních) s cílem odpovědět na teoretické otázky týkající se struktury, funkce apod. Geofyzikální metody jsou hlavně využívány při terénních průzkumech, které předcházejí archeologickému odkryvu. Zvláštní kategorií geofyzikálních metod je detektor kovů (Křivánek, 2004).

1.2.3. Geochemické metody

Geochemické metody by se měly použít tam, kde selžou geofyzikální nebo jiné běžné archeologické metody. Předností a výhodou je, že jsou schopny prokazovat jevy, jejichž příčiny a vyvolavatele není možné zjistit ani geofyzikálně, ani archeologickým odkryvem. Stanovování obsahu chemických prvků v půdě se dnes většinou provádí instrumentálními postupy fyzikální chemie. Chemická prospekce je obecně zdouhavější a také dražší záležitostí. Pravidelně se geochemické metody používají ke zjištění intenzity chemických prvků v blízkosti bývalých obydlí nebo hospodářských domů (informace o organickém odpadu, ustájení zvířat apod.). Nejčastěji stanovovaným prvkem v archeologii je fosfor. Metody archeologické geochemie se opírají o propracované půdoznalecké a o agrochemické analýzy, které jsou vhodně modifikované a aplikované mimo oblast zemědělství. Zkoumá se, jak se liší stratifikovaný vzorek ve srovnání s okolím (Majer, 2004).

1.2.4. Metoda stabilních izotopů (isotopy)

Slovo „isotopy“ pochází z řeckého slova *isos* = stejný, rovný a slova *topos* = místo, což je předpokladem k jejich specifické „adrese“ v rámci periodické tabulky prvků. Izotopy jsou atomy stejného prvku, které mají stejný počet elektronů a protonů, ale různý počet neutronů (Dawson & Brooks, 2001).

V přírodě můžeme nalézt 329 nuklidů, z nichž je 273 stabilních a 56 radioaktivních, tudíž nestabilních (Kovačiková & Brůžek, 2008)

Jeden prvek může tvořit několik různých izotopů, zpravidla se počet pohybuje mezi 1 – 4. Dusík je tvořen třemi izotopy, dva se vyskytují v přírodě jako stabilní izotopy, a jeden (^{13}N) lze vytvořit synteticky (radioaktivní/nestabilní). V přírodě se vyskytují: ^{14}N (99,63%) a ^{15}N (0,37%), kdy je v závorkách uvedeno relativní procentuální zastoupení příslušného izotopického nuklidu ve vzduchu (Bowen & Attendorn, 1994). Izotopy stejného prvku se od sebe odlišují relativní atomovou hmotností, a také ovlivňují konečnou relativní hmotnost celého prvku (Kovačiková & Brůžek, 2008). Izotopy vlastních prvků se od sebe ale neliší chemickými vlastnostmi (Dawson & Brooks, 2001). Existence izotopů byla objevena pomocí hmotnostní spektrometrie (popsáno níže) (Kovačiková & Brůžek, 2008).

Dusík

Cyklus dusíku v suchozemských ekosystémech se začal pozvolna měnit se začátkem zemědělství. Ke změnám docházelo z důvodu obdělávání a kultivace půd pro poskytování potravin a také krmiva pro hospodářský dobytek. Změny v hodnotách stabilních izotopů dusíku v půdách a rostlinách jsou používány při výzkumu antropogenního vlivu, který cyklus dusíku ovlivňuje v různých časových a prostorových škálách (Templer & kol., 2007). Tyto změny se udávají v hodnotách $\delta^{15}\text{N}$ (poměr izotopů $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Samotné značení δ je vyjádřeno vzorcem takto: $\delta = \left(\frac{R_{\text{vzorek}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 10^3$, kde R je poměr mezi těžkým a lehkým izotopem (např. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) a R_{vzorek} a R_{standard} je podíl těžkého a lehkého izotopu, a to vzorku a očekávaného standardu, což je poměr $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ v atmosférickém dusíku (N_2) (Dawson & Brooks, 2001, Fraser & kol., 2011). Pro upřesnění bychom vzorec mohli vyjádřit takto:

$$\delta^{15}\text{N} = \left(\frac{\frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}}{\text{vzorek}}}{\frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}}{\text{standard}}} - 1 \right) \times 10^3.$$

Jak už jsem uvedla výše, stabilní izotopy většiny prvků jsou zastoupeny několika izotopy. Ve většině případů převládá jeden izotop a další jeden nebo dva jsou zastoupeny v minoritním množství. Nízký výskyt jednoho z izotopů poskytuje možnost použít tyto izotopy jako „značení“ (tracers) v biochemických, biologických a ekologických studiích (Robinson, 2001). Tyto „tracers“ se vyskytují v nepatrném množství, udávají se v tisícinách, tedy v jednotkách promile (‰). Studuje se tedy izotop v minoritním množství (tracer), v našem případě jde o ^{15}N . Hodnotí se, zda je ho více nebo méně, než ve standardu: $\delta = 0$ (‰). Pokud je $\delta < 0$ (‰), je zde méně těžkého dusíku, pokud $\delta > 0$ (‰) je zde více těžkého dusíku – pravděpodobně probíhalo organické hnojení (Dawson & Brooks, 2001).

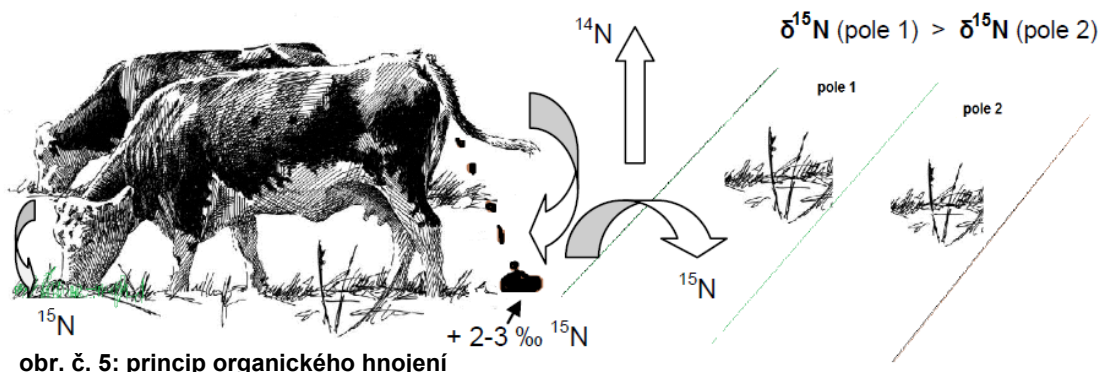
Efekt, který nejvíce ovlivňuje změny poměru obou izotopů dusíku v půdě, co se týče zemědělské činnosti je aplikace hnoje, jinak řečeno organické hnojení (viz obr.č.5). Aplikací organického hnojení se snažíme dosáhnout zlepšení úrodnosti půd (Bol & kol., 2008). Z hnoje vytěkává amoniak (NH_3), dochází k mikrobiálním procesům a může dojít k nitrifikaci (oxidace amoniaku) a denitrifikaci (přeměna dusičnanů na plynný dusík). Tyto procesy přeměňují NH_3 na inertní N_2 (Groenesteina & Van Faassen, 1996). Především díky bakteriálně zprostředkovaným reakcím, kde lehčí ^{14}N vyprchává do ovzduší, se zvyšuje obsah ^{15}N . Jedná se o těžký dusík, který zůstává v půdě a obohacuje minerální půdy (Kendall & kol., 2007). Tento proces má za následek zvyšování hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ v půdě (Bol & kol., 2008).

Metoda stabilních izotopů dusíku je poměrně mladou technikou výzkumu. Studují se kvantitativní poměry přirozených izotopů, které jsou obsažena v organických látkách. Lze ji používat jen díky tomu, že stabilní izotopy nepodléhají radioaktivnímu rozpadu a přetrvávají staletí (Dupouey & kol., 2002). Důkazem jsou výzkumy prováděné ve Francii na zaniklé římské osadě, kdy se zkoumaly následky zemědělství. Výsledkem bylo, že změny v $\delta^{15}\text{N}$ je možné pozorovat i po dvou miléniích (Dambrine, a další, 2007). Peterken & Game (1984) uvádí patrné rozdíly v biodiverzitě současných lesů, které byly způsobeny vlivem zemědělské činnosti. Tyto změny jsou pozorovatelné i po 400 letech. Tato zjištění jsou podložena jak záznamy, tak starověkými mapami. Dále metodu stabilních izotopů dusíku použila například Bogaard & kol. (2007) ve své studii, kde zkoumala vliv hnojení na poměry

izotopů dusíku v obilovinách. Šlo o dva dlouhodobé experimenty trvající více než 100 let, zahrnující archivní vzorky obilovin z první dekády experimentu. Tyto vzorky byly vybrány s cílem posoudit dlouhodobou aplikaci hnoje na $\delta^{15}\text{N}$ v obilovinách. Výsledky studie prokazují, že hnojení signifikantně zvyšuje $\delta^{15}\text{N}$ v obilných zrnech. Aquilera & kol. (2008) uvádí, že izotopový signál rostlin reflektuje signál půdy.

Dalším, kdo zkoumal rozdíly mezi stabilními izotopy dusíku, byli Součková, & kol. (2013). Výzkum byl prováděn na dvou vesnicích, vesnici Roudnička, která je situována na úpatí hory Plešivec, cca 40 km od Prahy a na vesnici Spindelbach, která je horskou osadou a je situována v Krušných horách. Analyzovalo se zde dvojím způsobem, a) rozdíl mezi obsahem $\delta^{15}\text{N}$ v intravilánu a v extravilánu, b) obsah $\delta^{15}\text{N}$ na gradientu. Zatímco na lokalitě Roudnička nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v obsahu $\delta^{15}\text{N}$ mezi vesnicí a jejím okolím (intravilán) a vzdálenějšími částmi vesnice (extravilán). Na lokalitě Spindelbach byl signifikantní rozdíl v obsahu $\delta^{15}\text{N}$ mezi blízkým okolím vesnice a lány, které se nacházely za vesnicí. Ve vesnici Spindelbach i Roudnička ale vyšla signifikantní závislost poklesu těžkého dusíku se vzdáleností od vesnice. Autoři předpokládají, že pohyb dobytka a organické hnojení probíhali v blízkosti vesnice. Pravděpodobně z důvodu mobility zemědělců s hnojem a ustájení zvířat u vesnice.

Metoda stabilních izotopů dusíků použitá k identifikaci středověkého hnojení je v České republice teprve v počátcích, mezi první práce zabývající se touto problematikou patří výše zmíněné lokality Roudnička a Spindelbach. Nicméně tato metoda se už v archeologii běžně používá, a to ke studiu potravní nabídky zvířat a lidí, kde se zkoumá podíl těžkého izotopu dusíku v kostech a zubech nalezených při archeologickém výzkumu (Smrčka & kol., 2005).



obr. č. 5: princip organického hnojení

1.2.5. Metoda rentgenového spektrometru

Rentgenové spektrometry pracující na principu Energiově Disperzní X-Ray Fluorescenci (zkráceně ED-XRF). Za posledních pár let prošly řadou významných inovací (miniaturizace, vylepšením analytické výkonnosti). V současnosti dělíme spektrometry na ruční, stolní a laboratorní. Rozdíly najdeme ve výkonnosti, rozsahu analyzovaných prvků, v citlovosti a také v možnostech kalibrací. Je to spolehlivá metoda, která nevyžaduje žádnou nebo téměř žádnou přípravu vzorků, je vhodná pro pevné, kapalné i sypké skupenství vzorků. Lze ji použít pro široký rozsah prvků od fluoru (10) po uran (92) a pracuje s limity detekce na úrovni ppm. Může také měřit jednoduše a simultánně koncentrace až do 100% (URL 1).

2. Cíle diplomové práce

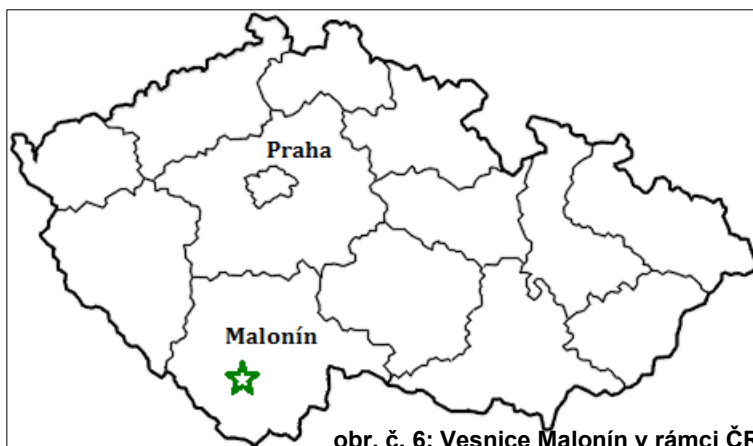
Hlavním cílem diplomové práce bylo zjistit změny v chemických a fyzikálních vlastnostech půdy a jejich souvislost s obhospodařováním půd minulosti. Přesněji řečeno, zda se v jednotlivých částech osady Malonín, která je umístěna na Šumavě, v minulosti používala organická hnojiva živočišného původu. Specifickými otázkami bylo zjistit:

- 1) Klesala intenzita organického hnojení se vzdáleností od vesnice?
- 2) Používal se k hnojení popel, a pokud ano, je možné detekovat jeho chemický signál v půdě?
- 3) Bude signál hnojení identifikovaný na základě chemické analýzy půd v souladu se signálem o hnojení identifikovatelným na základě nálezů fragmetů keramiky?

3. Metodika

3.1. Popis lokality

Lokalita Malonín (Plöschen) se v rámci České republiky nachází v okrese Prachatice, na jihu katastrálního území Frantoly v Jihočeském kraji (Zímová & kol., 2013) (viz obr. č. 6).



První písemný záznam o vesnici Malonín, pochází z roku 1349 (vrcholný středověk). Vesnice existovala až do počátku padesátých let 20. století, kdy byla zcela vysídlena. Z pamětní knihy obce Frantol je zřejmé, že důvodů pro vysídlení vesnice bylo několik. Prvním důvodem byl pravděpodobně odsun Němců po konci druhé světové války. Z poznámek je zřejmé, že noví přistěhovalci neměli kladný vztah k hospodaření, a jelikož ve vesnici Malonín byly podmínky ještě ztíženy špatnou dostupností (pole jsou ve svahu, tudíž nebyla možnost použití techniky), nebylo zde žádné spojení, nebyla zde udržovaná cesta, zavedená kanalizace ani elektřina. Výčet by mohl pokračovat, ale patrně z výše uvedených důvodů byla osada zcela opuštěna (Kronika obce Frantol 1945–1954).

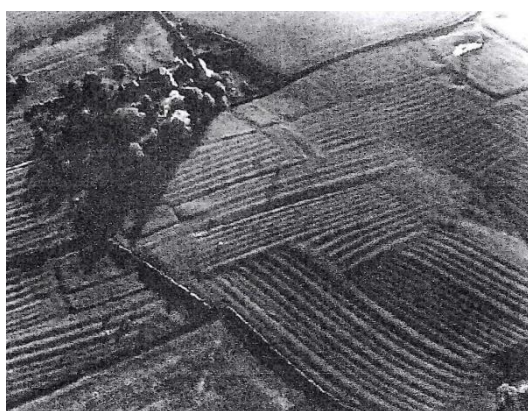
Domy osídlenci postupně opouštěli, i když k tomu nedostali souhlas (tzv. policejní odhlášku) od MNV. Dělo se tak různými způsoby, důvodem k odstěhování byl např. i požár za "podivných" okolností. Někteří majitelé domů poslali své ženy a děti často napřed a pak uvedli, že je ženy opustily, protože v Maloníně nechtějí žít. Chvilí pak ještě zůstali a pak domy v noci tajně opustili (mnozí z nich do okresu Kaplice) (Kronika obce Frantol 1945 – 1954).

Z důvodu přespávání bezdomovců a narušování pořádku byla osada v roce 1957 srovnána se zemí (Zímová & kol., 2013).

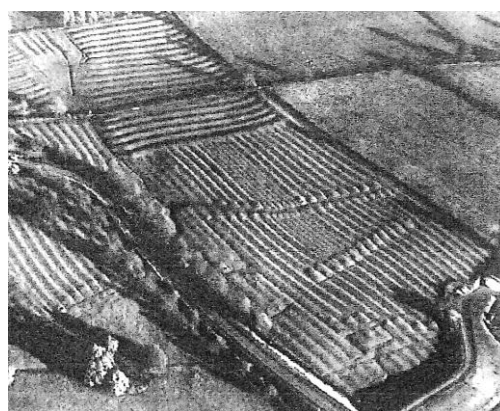
Vesnice Malonín je původem lesní lánovou středověkou osadou (pro ilustraci viz obr. č. 7 a 8), jejíž existence a uspořádání lánu přetrvalo několik staletí. Osada Malonín se sestávala z 12 dvorů, které byly obklopeny zahradami a ovocnými stromy (Zímová & kol., 2013). I v současné době lze stále z leteckých

snímků rozeznat jednotlivé lány (plužiny) Malonína (viz příloha č. 5). Na lokalitě jde také stále vidět pozůstatky domů, jejich základy a také uspořádání vesnice, je zde zachovaná i větší tůň. Vesnice Malonín je situována v kopci. Nejvyšší část osady se nachází ve výšce 740 m n. m. a dolní část ohraničená potokem je v 660 m n. m. (URL 2).

Plužiny použity k výzkumu se táhnou na jih od vesnice a nacházejí se na již zmíněném táhlém sestupujícím kopci. Plužiny v dolní třetině protíná polní cesta a konec plužin je ohraničen olšovým lesem, kterým protéká Chrobolský potok. Z důvodu výskytu olšin a jejich schopnosti vázat vzdušný dusík bylo nutné brát ohled na ovlivnění obsahu těžkého dusíku v půdě.



obr. č. 7 : Lány viditelné v dnešní krajině



obr. č. 8: Lány viditelné v dnešní krajině

3.1.2. Přírodní podmínky

Geomorfologické podmínky

Zaniklá obec Malonín spadá dle geomorfologického členění České republiky do Hercynského systému. Systém odpovídá základní strukturně-tektonické jednotce, tudíž je nejvyšší geomorfologickou jednotkou co se týče hierarchického uspořádání (Boháč & Kolář, 1996). V geomorfologické hierarchii se na vrcholu pomyslné pyramidy nachází již zmíněné systémy, nižší geomorfologickou jednotkou jsou subsystémy, následují provincie, subprovincie a nejnižší jednotkou, do které budeme zařazovat vybranou lokalitu, jsou oblasti (Demek & kol., 1987). Lokalita spadá do subsystému Hercynská pohoří (Boháč & Kolář, 1996). Dle Demka (1987) se subsystém shoduje s ortografickým komplexem základní strukturně-tektonické jednotky a je formován rozsáhlým horstvem nebo nížinou. Stejně jako se území České republiky člení na 4 subsystémy, tak zde najdeme 4 provincie. Z těchto provincií zaujímá největší část Česká vysočina, a zde se nachází i

zkoumaná/studovaná lokalita. Z šesti subprovincií, které zahrnuje Česká vysočina se obec Malonín nachází v Šumavské subprovincii a v oblasti Šumavské hornatiny. (Boháč & Kolář, 1996).

Geologické podmínky

Lokalita Malonín patří do soustavy Českého masívu - krystalinikum a prevariské paleozoikum (geolog. Mapa). Vlastní masív je tvořen metamorfity muldanubika a hlavní horninou jsou granulity a jejich svahové sedimenty (Zímová, a další, 2013). Granulitový komplex v jihočeském kraji zahrnuje masív Blanského lesa, křišťanovický a prachatický masív, také granulity mezi Rudolfovem a Lištovem, a další malá tělesa v sousedství (Čech, 1962).

Granulit je metamorfovaná hornina. Původními horninami, z kterých vzniká, jsou kyselé magmatity nebo arkózy. Je to většinou jemnozrná, světlá hornina, ale pokud obsahuje majoritní množství biotitu, může být šedá nebo šedočerná (URL 3). Hlavními minerály jsou křemen, K- živec, plagioklas a již zmiňovaný biotit. Zastoupení biotitu je kolísavé, v některých horninách není zastoupen vůbec a někde patří mezi hlavní minerály. Díky tomuto kolísání je pro tuto horninu typická masivní textura anebo páskování (střídání polohy s různým obsahem biotitu) (URL 4).

Půdní podmínky

Na lokalitě se dle taxonomického klasifikačního systému České republiky nachází půdní profil, který je řazen do referenční třídy půd: kambisoly (Cenia, 2014).

Na našem území jsou kambisoly nejběžnějším, tudíž i nejrozšířenějším typem půd. Najdeme je v horách, pahorkatinách i vrchovinách, v malé míře jsou zastoupeny v nížinách. Nejvíce jsou rozšířeny mezi 450 až 800 m n.m. a bývají vázány na členitý reliéf (Tomášek, 2003). Kambisoly nebo také hnědé lesní půdy se vyskytují v užším pojetí hnědých půd hlavně v humidním mikrotermálním (chladné stavy) až v humidním mezotermálním klimatu (mírně teplé stavy) (Němeček & kol., 1990). Lokalita Malonín je situována na hranici těchto dvou klimatických oblastí (Cenia, 2014). U kambisolů se setkáme s největší pestrostí z hlediska zrnitosti, vrstevnatosti a trofismu a zároveň s nejobsáhlejším spektrem vegetačních, bioklimatických podmínek a půdních režimů v oblasti jejich rozšíření (Němeček & kol., 1990). I přes tuto skutečnost mají kambisoly v takto širokém areálu jejich

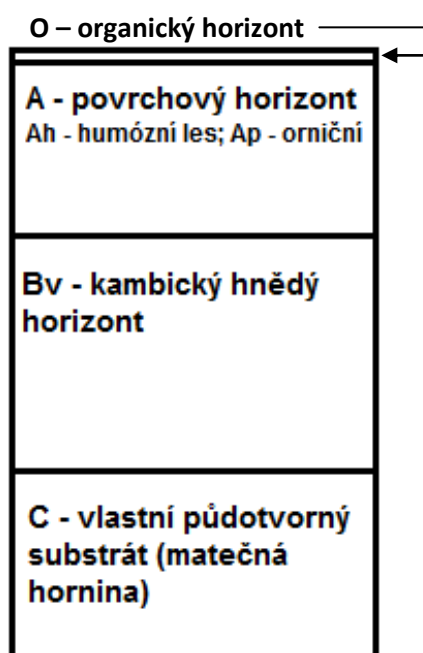
rozšíření jednoduchou stratigfii: O-Ah nebo Ap- Bv- IIC (viz obr. č. 10) (Němeček & kol., 2001).

Jako hlavní jednotka klasifikačního systému, kterou je půdní typ, byla určena Kambizem KA. Tyto půdy se vyznačují kambickým, hnědým (braunifikovaným) horizontem. Tento horizont lze převážně nalézt v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a sedimentárních hornin (Němeček & kol., 2001). Dle Němečka & kol. (1990) lze kambizem třídit do více jak dvaceti subtypů, příkladem mohou být subtyp modální, dystrický, eutrofní, karbonátový, oglejený, glejový, molický a další.

Půdní horizont určený na lokalitě patří do subtypu dystrického (viz obr. č. 9). Výsledkem je tedy: Kambisol - kambizem dystrická (Michal Hejzman, 2013, osobní sdělení). V půdě je vysoký podíl skeletu a jedině u Chrobolského potoka lze nalézt jiný půdní typ a tím je glej (Zímová & kol., 2013).



obr. č. 9: Odkryv půdního horizontu na lokalitě Malonín



obr. č. 10: Rozdělení půdního horizontu pro kambizem dystrickou

Klimatické podmínky

Lokalita spadá do Šumavského podhůří (Demek & kol., 2006) (viz příloha č. 1). Průměrná roční teplota území je 5 – 6°C. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje mezi 550 – 600 mm. Průměrnou teplotu vzduchu 5°C a více najdeme v intervalu 180 – 200 dní. Počet dní se sněžením je průměrně hodnocen na 80 – 100 dní (Tolasz & kol., 2007).

Jak jsem již uvedla výše, lokalita je situována na hranici humidního mikrotermálního a humidního mezotermálního klimatu. Pro humidní mikrotermální klima jsou charakteristické chladné zimy (nejchladnější měsíc s teplotou méně než 3°C), trvala sněhová pokrývka, dlouhá bezmrazová období s ostrými kontrasty teplot, a velká variabilita teploty rok od roku. Průměrná teplota nejteplejšího měsíce je vyšší než 10°C. Mikrotermální klima dělíme na humidní, kontinentální a subarktické. Geograficky navazující s izotermou nejteplejšího měsíce 18°C je mezotermální (mezické) klima (Němeček & kol., 1990).

V současnosti je lokalita ponechána ladem, bývalá pole jsou dnes trvalými travními porosty a na místě bývalých pastvin jsou dnes lesy. Mezi hlavní dřevinu na bývalé obecní pastvině patří smrk (*Picea abies*).

3.2. Sběr dat

Sběr dat proběhl v několika etapách – v červenci 2012, v říjnu a také v prosinci 2013 (druhá část vegetačního období). Nejednalo se o opakovaný sběr vzorků, ale o umístování dalších sond. Půdní vzorky byly odebrány jednak na transektu (linii) od středu obce k jejímu okraji a pak i na dalších místech se specifickým využitím půdy jako jsou kontinuální les, bývalé pastviny, niva potoka, meze a další. Vždy byla vyhloubena sonda 1x1 m a odebrány vzorky z horizontů A, B a C, pokud některý horizont nebyl přítomen, nebyl zahrnut do analýz. V případech, kdy byly sondy hluboké, bylo někdy odebráno vícero vzorků ze stejných půdních horizontů. V takovýchto případech byly výsledky analýz ze stejných horizontů aritmeticky zprůměrovány.

Všechny vzorky byly vysušeny a následně přesety přes síto s průměrem 2 mm. Použití takto sesbíraných a připravených vzorků bylo uzpůsobeno prováděným analýzám. Hlavními metodami bylo stanovení poměrů izotopů dusíku pomocí hmotnostního spektrometru a dále podrobná půdní analýza totálních obsahů prvků pomocí rentgenového spektrometru. Dále bylo stanoveno pH (H₂O) půdy.

Analýza stabilních izotopů

Na analýzu stabilních izotopů byly potřeba půdní vzorky z horizontu A = humusové vrstvy. Byly užity jen vzorky z transektu. Sondy zde od sebe byly umístěny ve vzdálenostech 0(dům), 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 550, 600, 700, 800 a 830 metrů, od pozice bývalých domů ve vesnici (viz příloha č. 5). Do transektu tedy bylo umístěno 13 sond. Díky hlubšímu průzkumu území se zjistilo, že

sonda 11 a 13- nová byly umístěny tam, kde za socialistického režimu hnojilo JZD. Sonda 14 byla umístěna do nivy potoka, kde se vyskytují olše (jak je výše zmíněno, váží vzdušný dusík). Díky tomuto faktu nebyla ani zaslána na analýzu stabilních izotopů. Jelikož v rámci těchto 3 sond docházelo k manipulaci s dusíkem mimo zkoumanou problematiku práce, ať už jakýmkoliv způsobem, tyto tři sondy nebyly zahrnuty do analýz.

Přeseté a vysušené vzorky byly dále zhomogenizovány. K homogenizaci byl použit homogenizátor, který pracoval cca s frekvencí 30 třepů za sekundu. Homogenizace probíhala s využitím autoklávovatelných kovových kuliček. Homogenizace byla nutná, aby nedošlo k možnému zkreslení výsledků, ke kterému by pravděpodobně došlo (vzorky jen v přesetém stavu), jelikož na analýzu izotopů je potřeba jen minoritní množství vzorku. Každý ze 12 vzorků byl navážen na totožnou hmotnost a ve spolupráci s laboratoří Vúrv (Výzkumný ústav rostlinné výroby) byla provedena analýza stabilních izotopů dusíku. Byl použit hmotnostní spektrometr (EuroVector, Milan, Italy).

Princip hmotnostní spektrometrie spočívá v tom, že jakákoli obsažená látka ve vzorku se nejdříve ionizuje ve vakuu. Ionizované částice jsou oddělovány a podle svých rozdílných hmotností dochází k jejich detekci při průchodu elektrickým/magnetickým polem (Kovačiková & Brůžek, 2008).

Měření pH

Pro měření pH byly použity všechny vzorky, které byly odebrány z 24 sond. Měření bylo uskutečněno pH metrem (typ: METTLER TOLEDO MP 2265, typ elektrody: METTLER TOLEDO InLabExpertPro). Prvním krokem byla kalibrace pH metru.

K samotnému měření bylo vždy nutné navážit 10 g vysušeného a přesetého vzorku (\varnothing 2 mm). Navážka byla nasypána do kádinky, kam bylo přidáno 25 ml destilované vody. Tato směs se vždy promíchala a nechala se po dobu 30 minut usazovat. Po uplynutí časového úseku byla směs znovu promíchána a 1 minutu poté byla do roztoku ponořena elektroda pH metru. Pokud se vzorek jevil hodně humózním a elektroda správně neměřila, bylo nutné přidat dalších 25 ml destilované vody. Jelikož je pH vyjádřeno na logaritmické škále, nebyl výsledek zdvojnásobením poměru vody vůči substrátu zkreslen.

Analýza rentgenovým spektrometrem

Opět zde byly použity všechny sebrané vzorky a při měření byla provedena tři opakování. Ruční rentgenový spektrometr (XFR delta) je novinkou při určování obsahů prvků v půdách. Lze ho použít i v terénu na nikterak upravený substrát. Samotné měření vyžaduje malé množství vzorku, které se umístí pod rentgenovou pistoli, která je propojena s počítačem. Změřená data se vyexportují do Microsoft office Excel, kde jsou koncentrace měřitelných prvků uvedeny v ppm (parts per milion). V tabulce je uveden i sloupeček „LE“ (light elements) – jedná se o prvky, které jsou rentgenovým spektrometrem neidentifikovatelné – lehké prvky (dostatečná přesnost od Al).

Funguje na principu odrazu, těžké prvky září jasně, proto je pro přístroj jednoduché je určit. Lehké prvky září slabě, rentgenový spektrometr nerozezná/nezařadí, které prvky to jsou, proto je zohledňuje sumárně jako „LE“. Každý těžký prvek má jinou intenzitu záření, a proto je identifikovatelný.

Sběr keramiky

Na lokalitě zároveň s odběrem půdních vzorků probíhal i sběr střepů keramiky. Střepy byly identifikovány a katalogizovány dle stáří, a také dle kvantitativního množství v sondách. Vyhodnocení výskytu střepů a jejich stáří zajišťoval Jiří Bumerl ze spolupracující Filosofické fakulty v Českých Budějovicích.

4. Výsledky

K testování závislosti obsahu $\delta^{15}\text{N}$ na vzdálenosti od vesnice byly použity sondy 1 – 10. Byla prokázána signifikantní lineární závislost obsahu těžkého dusíku na vzdálenosti od objektu (domu) (viz obr. č. 11). Stejně sondy byly použity k testování závislosti kvantity střepů opět na vzdálenosti od vesnice. Z obrázku č. 12 lze vyčíst, že nebyla prokázána signifikantní závislost, ale stále je vidět lineární klesající trend. Tudíž že se vzdáleností klesaly počty střepů v sondách.

Obrázek č. 13, na kterém je znázorněn graf závislosti výskytu těžkého dusíku na místě odběru, ukazuje, že se signifikantně liší dům a jeho blízké okolí od zbytku lánu. Jinak lze interpretovat výsledek tak, že obsah těžkého dusíku u vzorků odebraných u domů a blízkém okolí (do 50 m) byl vyšší než ve vzdálenější části plůžiny.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny hodnoty obsahu $\delta^{15}\text{N}$ v testovaných sondách a vzdálenosti sond od vesnice.

Obrázky č. 14, 15, 16 znázorňují ordinační diagram refundační analýzy (RDA) a sumární tabulky RDA analýz. Do RDA analýz byly použity všechny odebrané vzorky. Z diagramů je zřejmé, že pH je vyšší v intravilánu vesnice, a že naopak tam, kde se vyskytuje les, klesá (na obr. č. 16 je možné pozorovat lehkou změnu v závislosti lesa na pH). Nezávislé na pH jsou pole a mez.

Z nepřímé analýzy PCA vyplývá podobnost mezi intravilánem a nivou lemující okraj plůžiny z hlediska obsahu prvků. Kontinuální les se zde jeví jako odchylná plocha s vysokým obsahem těžkých kovů (viz obr. č. 17).

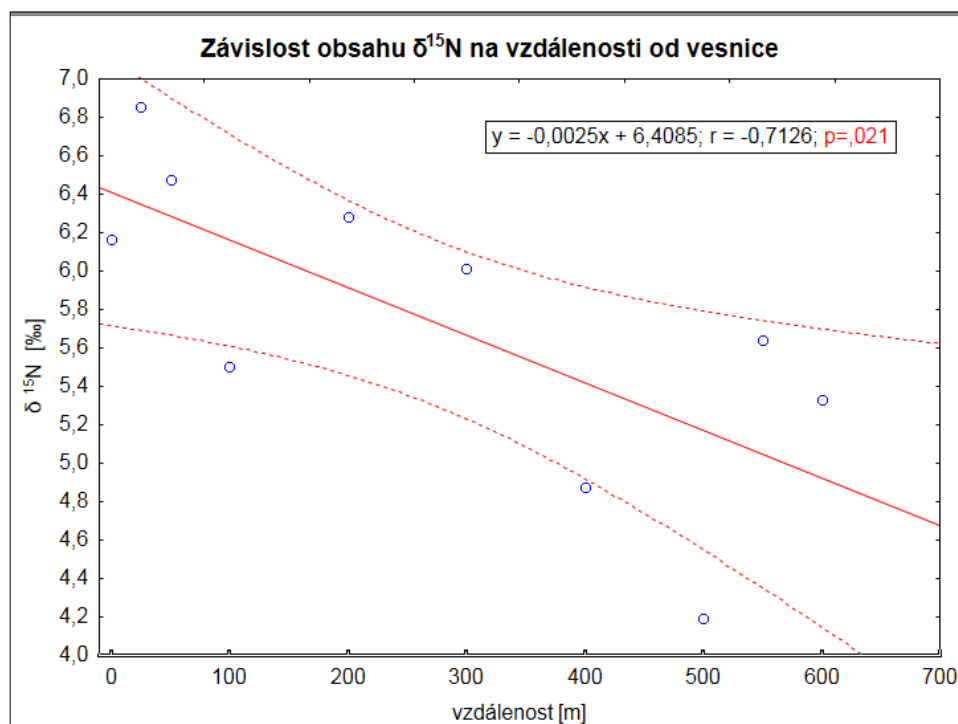
K testování obsahu vápníku v transektu byly použity všechny sondy, které tam byly umístěny. Byla prokázána signifikantní lineární závislost obsahu vápníku na vzdálenosti od vesnice (viz obr. č. 18.). Na obrázku je také možno vidět, že nejvyšší obsahy jsou zaznamenány do 50 m od domu. Dále obsah Ca už markantně klesá. Na konci transektu se obsah vápníku opět lehce zvyšuje.

Obrázky č. 19 – 22 znázorňují krabicové grafy pH a jednotlivých obsahů prvků v různých typech land use v různých dobách a také v různých horizontech (obsahy dalších prvků viz příloha č. 8). Obrázek č. 19 (a – i) ukazuje signifikantní rozdíl v pH mezi různým užitím „landuse“. Nejvyšší pH se jeví v intravilánu, nejnižší v lesích, zde pH lehce stoupá jen v případě zahrnutí olšin do analýz (viz obrázek č. 19 (g – h)).

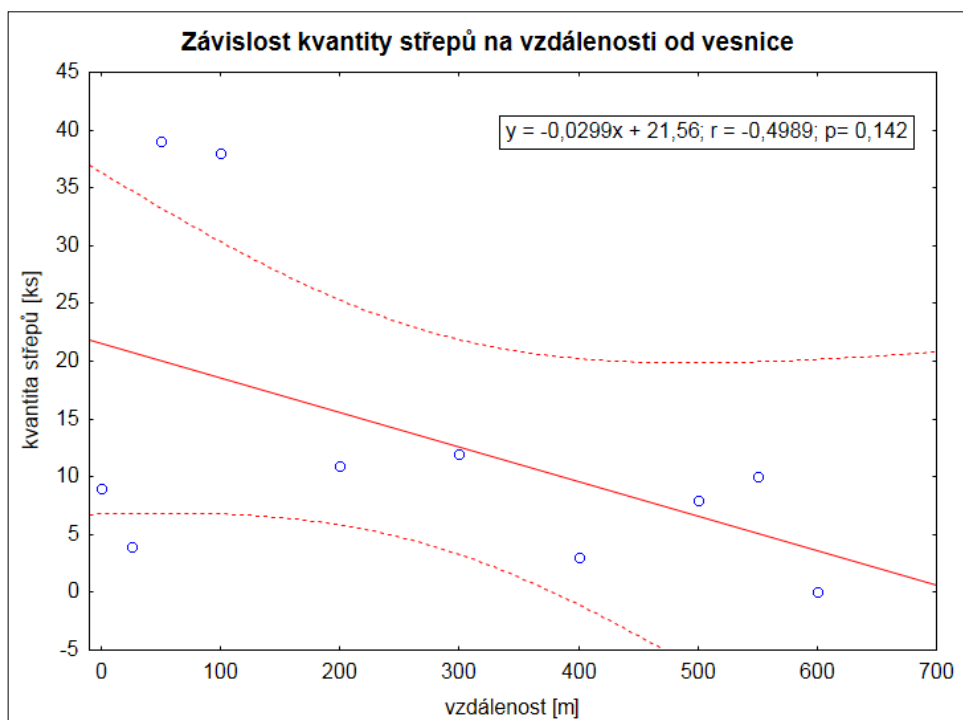
Dle využití půd se liší obsah P. Signifikanční rozdíl můžeme vidět v obsahu P mezi intravilánem a ostatními typy land use (viz obr. č. 20 (a – i)), stejně tak je signifikantní rozdíl v obsahu Ca mezi intravilánem a ostatními typy land use (viz obr. č. 21 (a – i)).

Na obrázku č. 22 (d) je vidět jediný velký „peak“ v horizontu ve výskytu olova v lese.

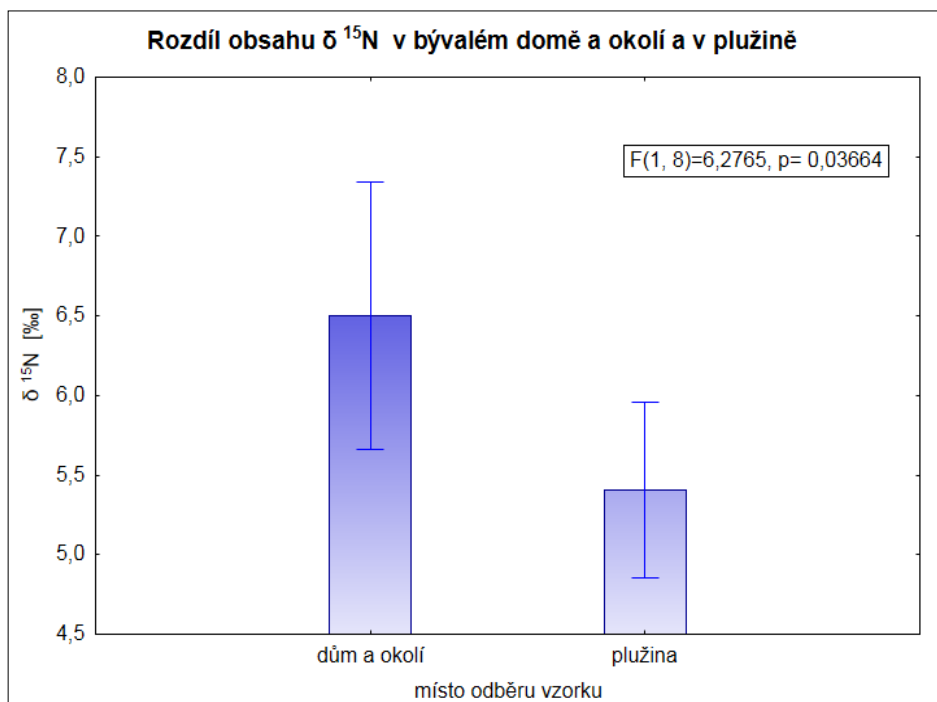
LE (light elements) jsou zobrazeny na obrázku č. 23 (a – i), patří sem hlavně prvky jako Na, Mg, N a O. LE ukazují velký rozsah a signifikantní rozdíl od ostatních typů land use v lese (viz obr. č. 23 d).



obr. č. 11: závislost obsahu $\delta^{15}\text{N}$ na vzdálenosti od vesnice



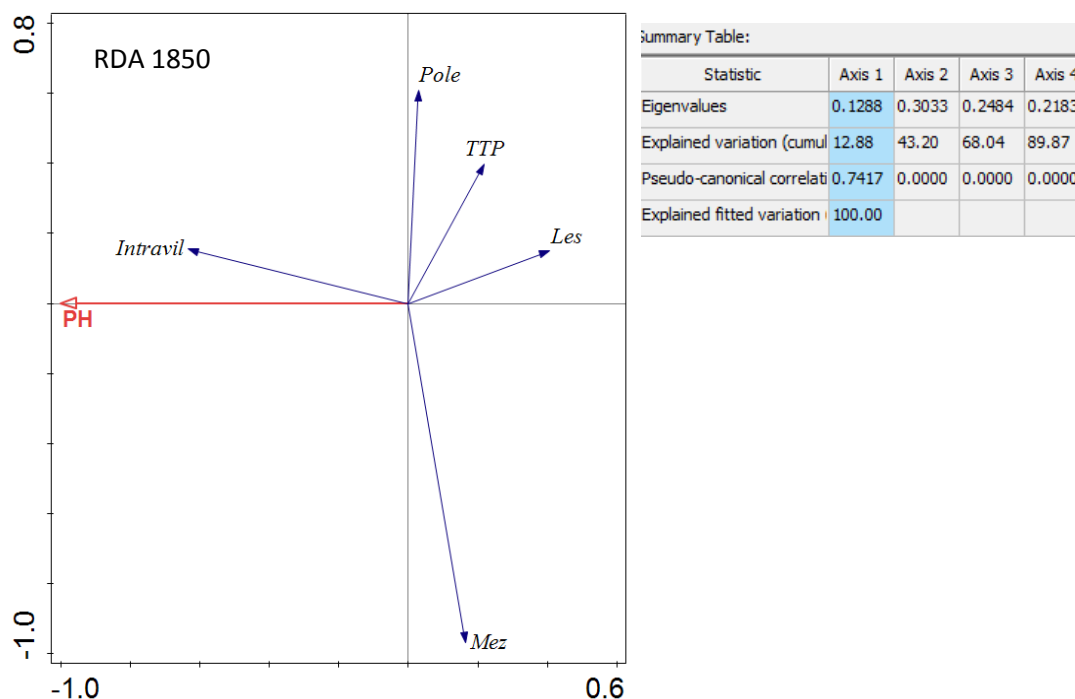
obr. č. 12: závislost kvantity střeptů na vzdálenosti od vesnice



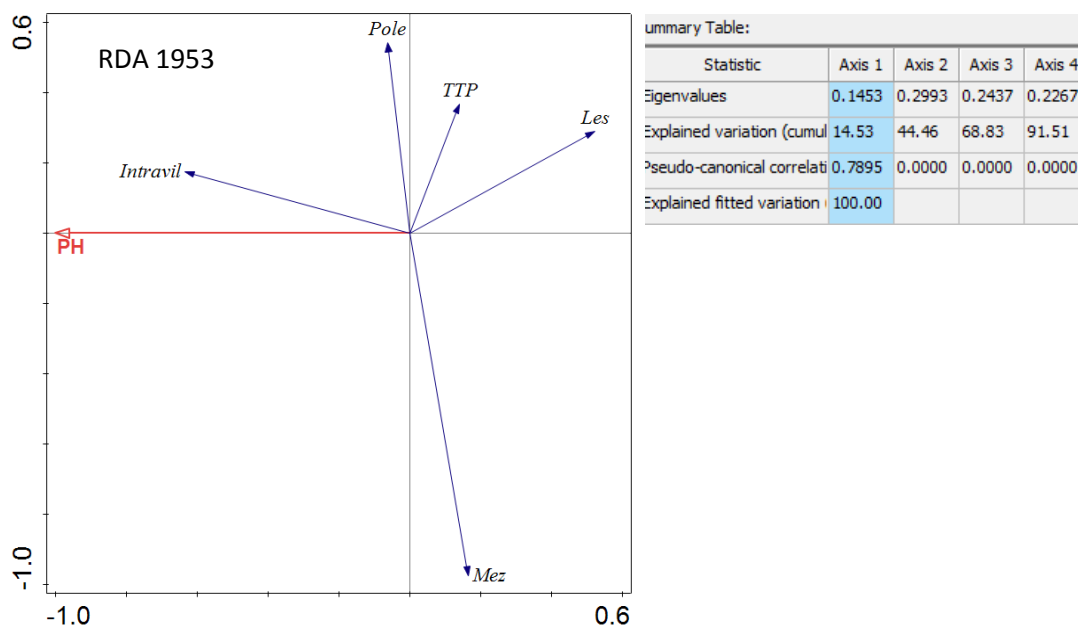
obr. č. 13: rozdíl obsahu $\delta^{15}\text{N}$ v bývalém domě a v plůžině

Tabulka č. 1: obsah $\delta^{15}\text{N}$ v sondách umístěných v pluzině a jejich vzdálenosti od domu

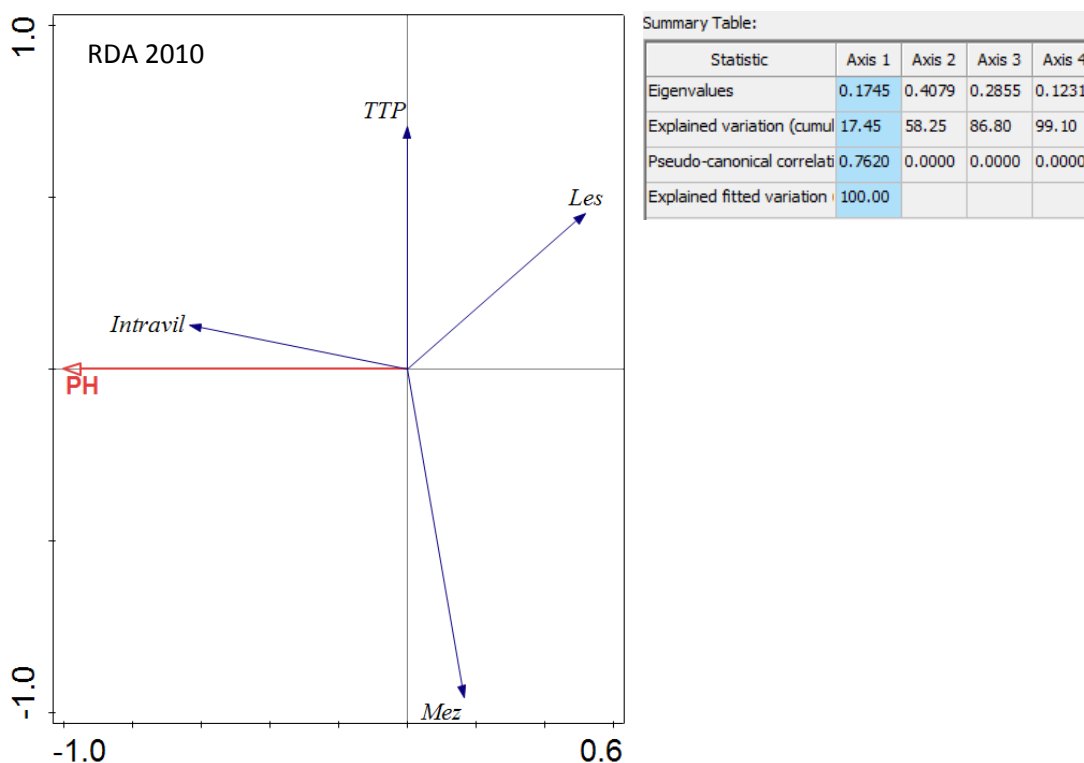
Sondy	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	vzdálenost (m)
P1	6,17	0
P2	6,86	25
P3	6,47	50
P4	5,50	100
P5	6,28	200
P6	6,01	300
P7	4,88	400
P8	4,20	500
P9	5,64	600
P10	5,33	650
P11	7,18	700
P13-nová	6,52	800



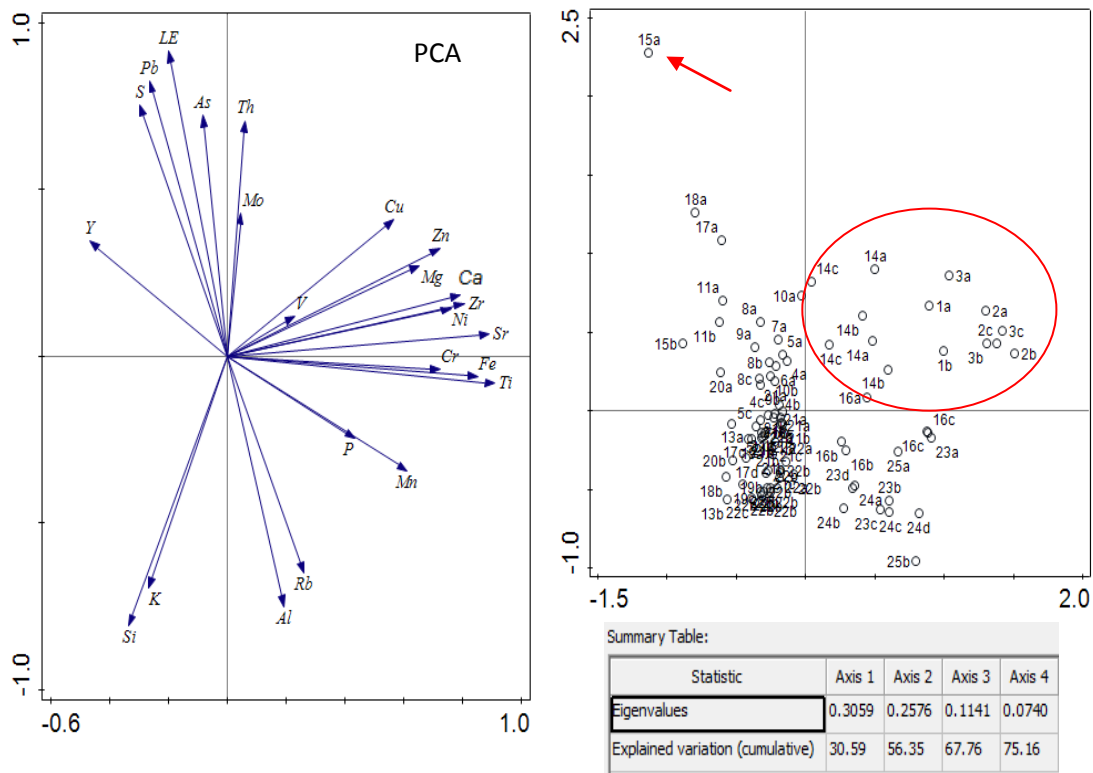
obr.č. 14: Ordinační diagram redundanční analýzy (RDA) a sumární tabulka; byly užity všechny horizonty 24 sond - 93 vzorků, 5 vysvětlovaných proměnných – landuse z roku 1850 (Pole, TTP, Les, Mez, Intravilán); 1 vysvětlující proměnná (pH)



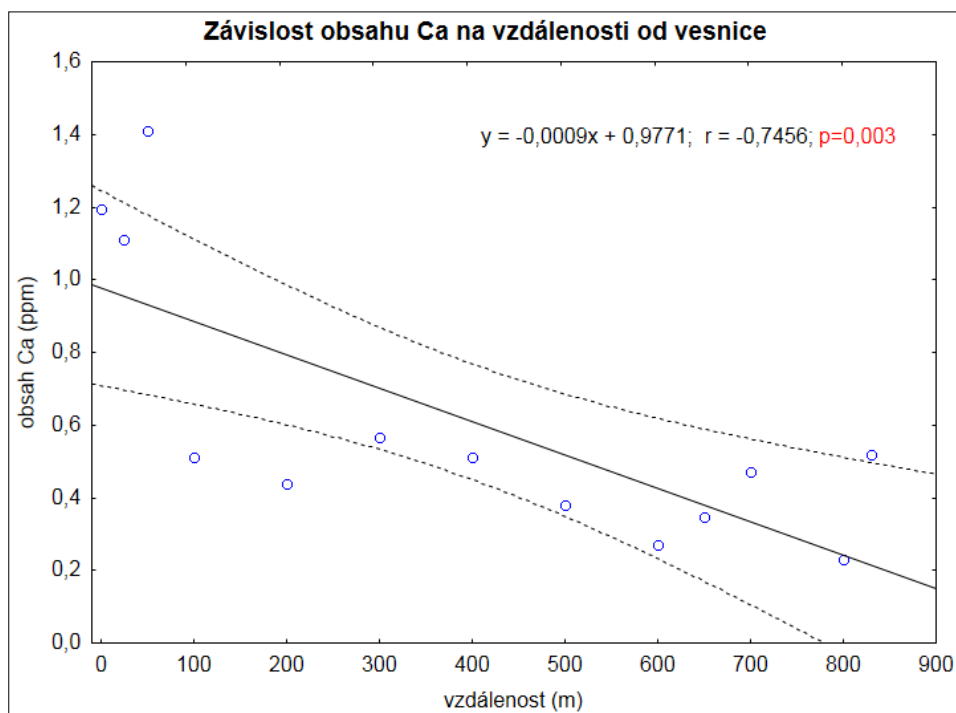
obr. č. 15: Ordinační diagram redundanční analýzy (RDA) a sumární tabulka; byly užity všechny horizonty 24 sond - 93 vzorků, 5 vysvětlovaných proměnných – landuse z roku 1953 (Pole, TTP, Les, Mez, Intravilán); 1 vysvětlující proměnná (pH)



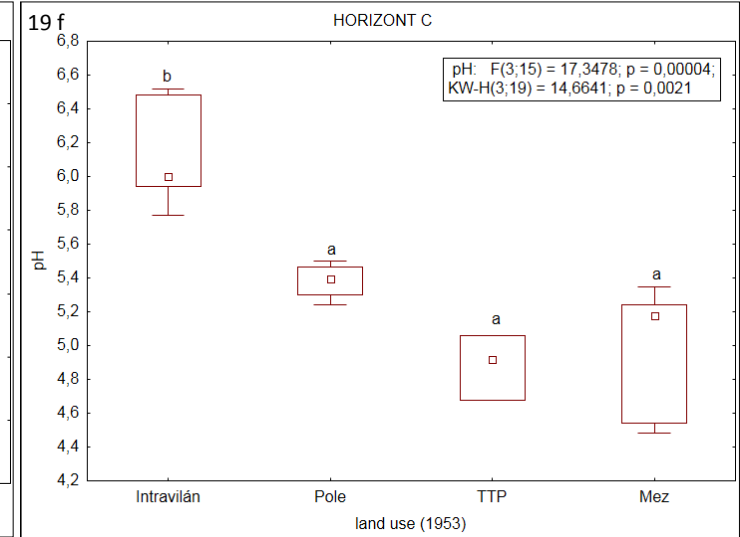
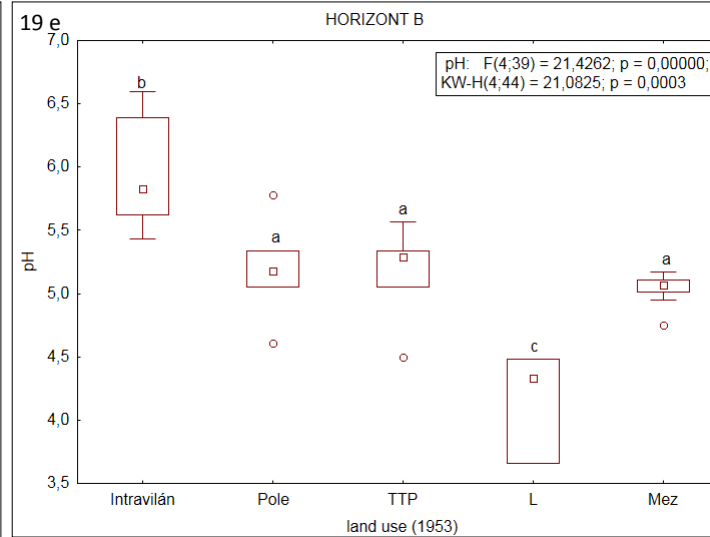
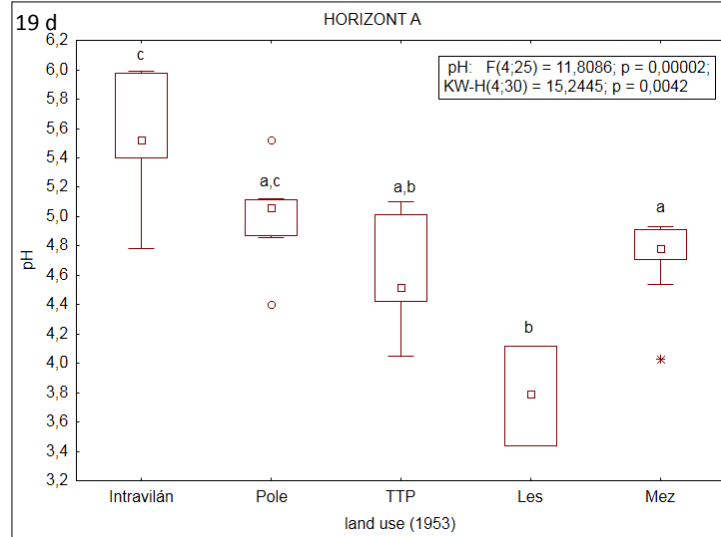
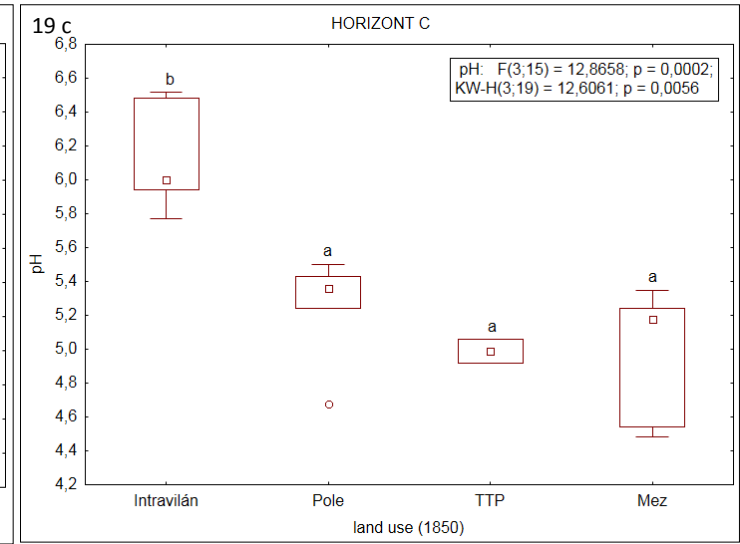
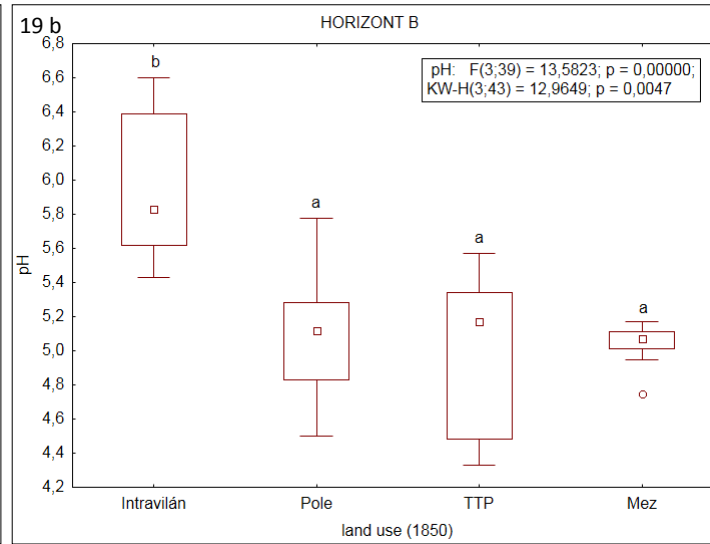
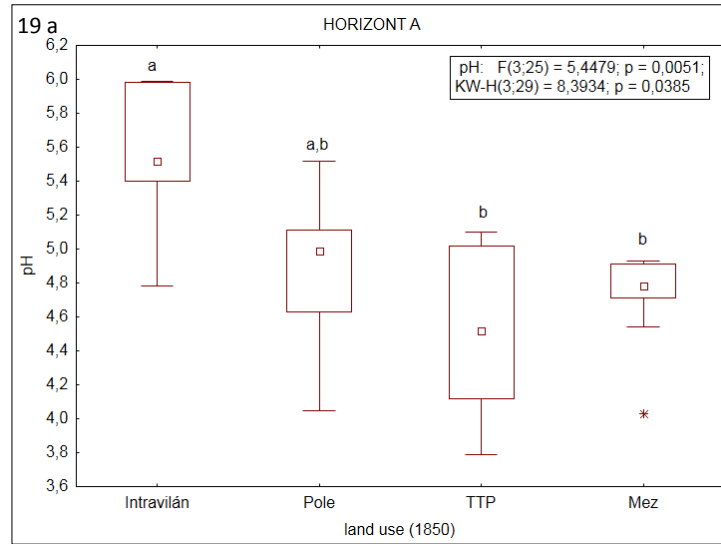
obr. č. 16: Ordinační diagram redundanční analýzy (RDA) a sumární tabulka; byly užity všechny horizonty 24 sond - 93 vzorků, 4 vysvětlované proměnné – landuse z současnosti (TTP, Les, Mez, Intravilán); 1 vysvětlující proměnná (pH)

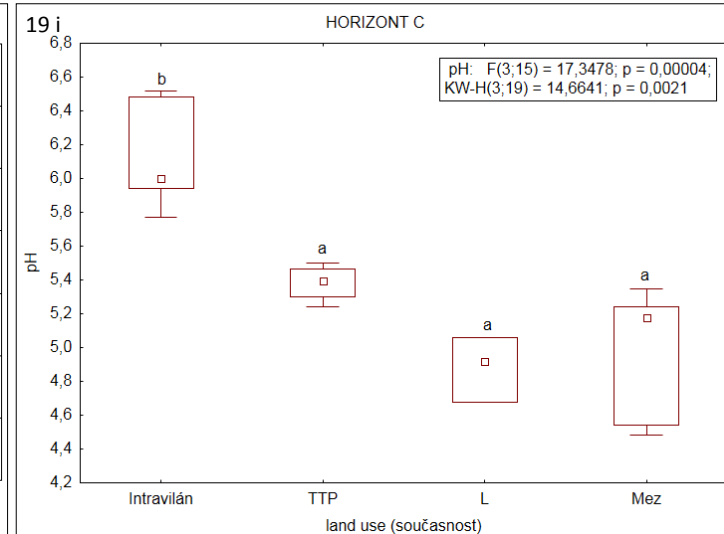
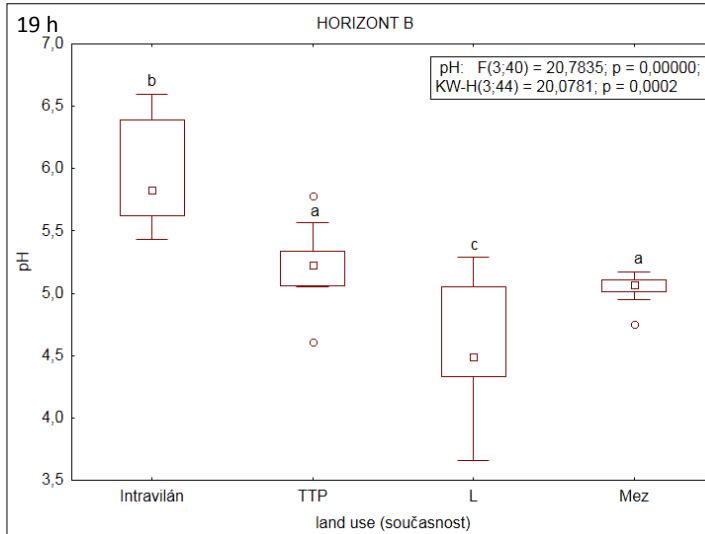
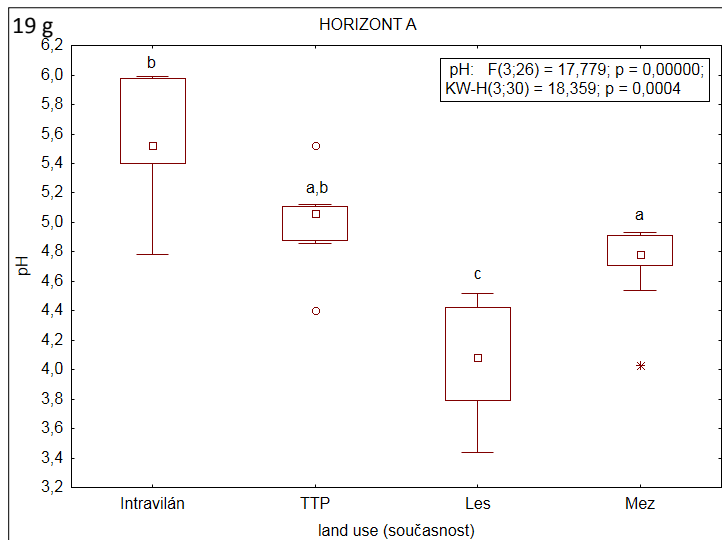


obr.č. 17: Ordinační diagram PCA analýzy (Principal Component Analysis) a sumární tabulka; byly užity všechny horizonty 24 sond - 93 vzorků, 24 závislých proměnných

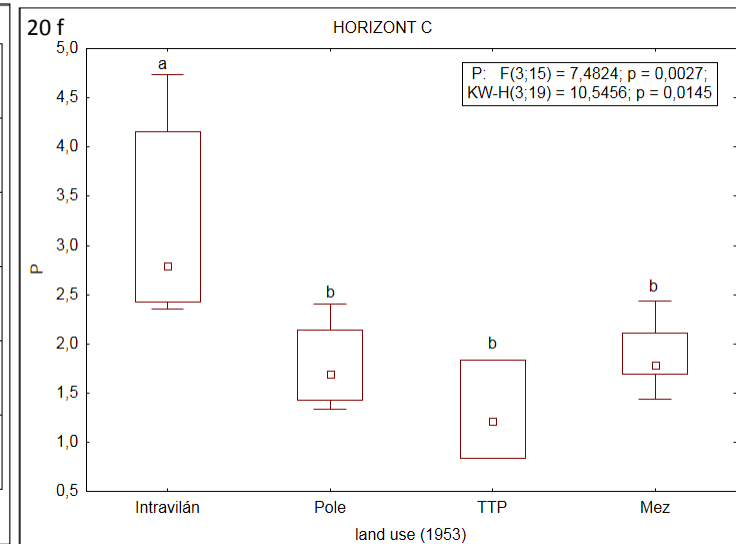
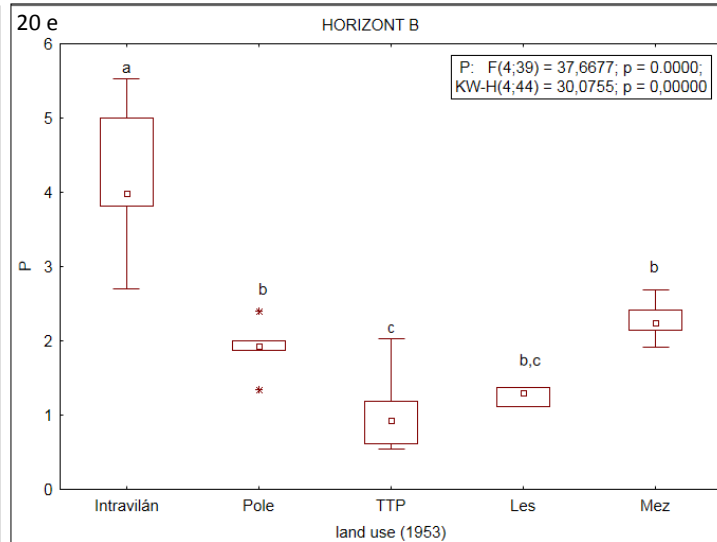
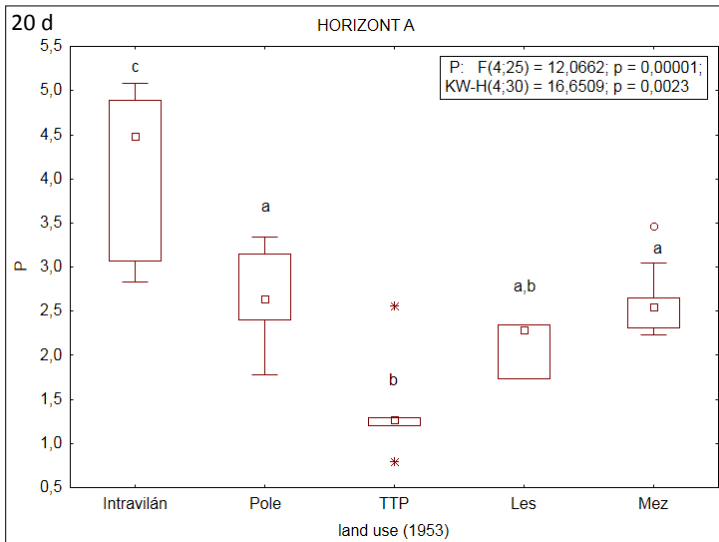
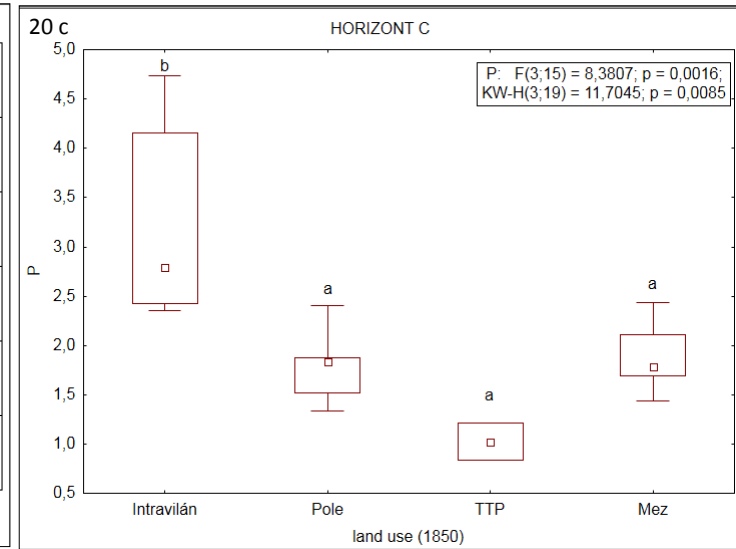
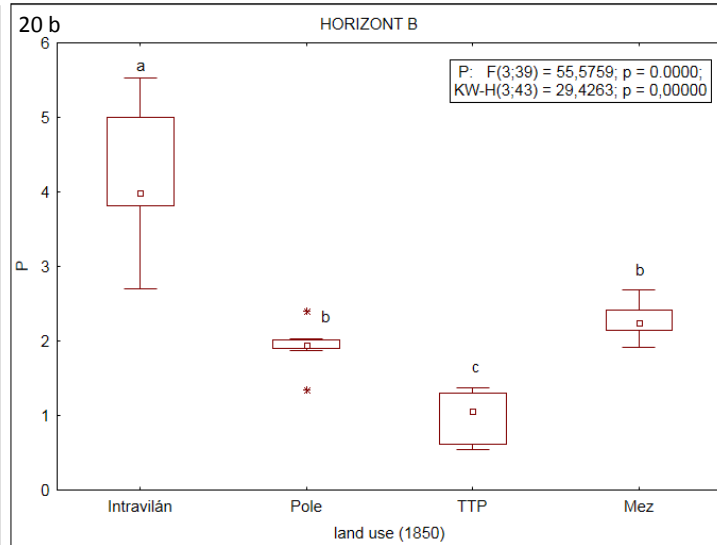
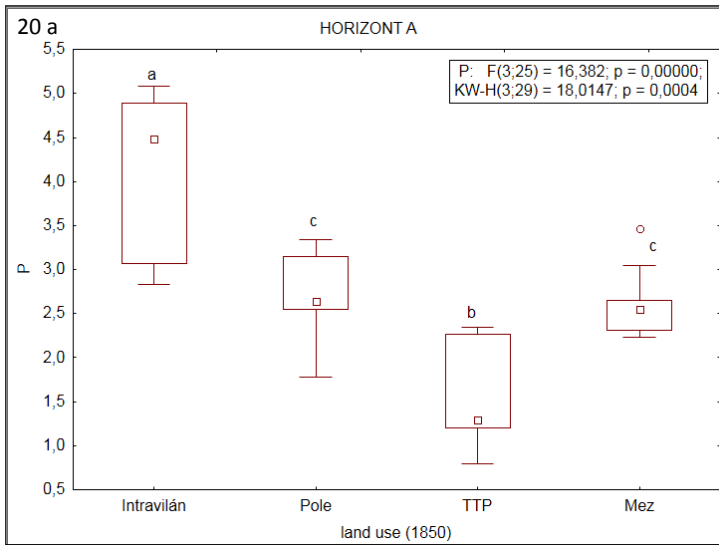


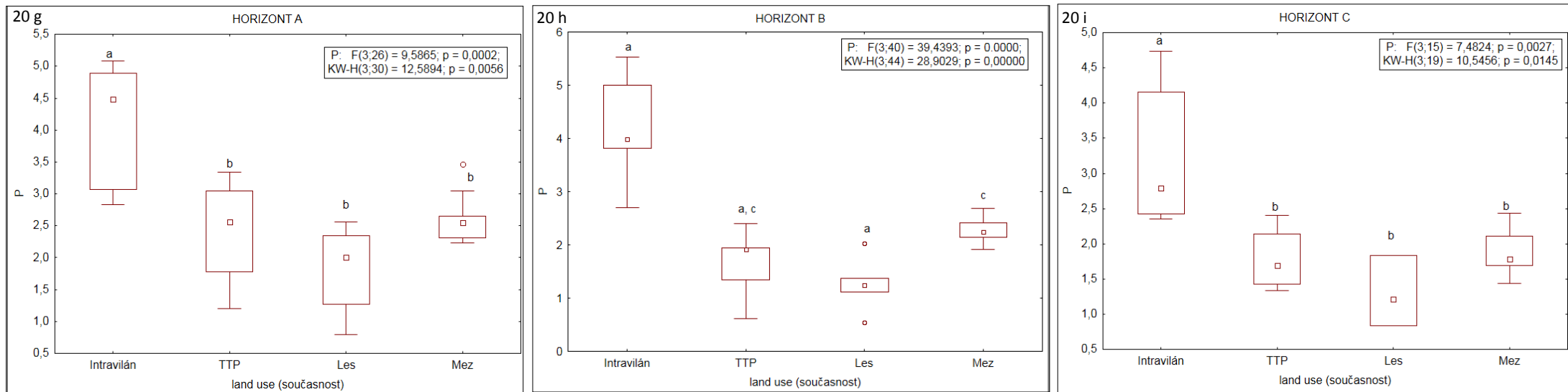
obr.č.18: závislost obsahu Ca na vzdálenosti od vesnice



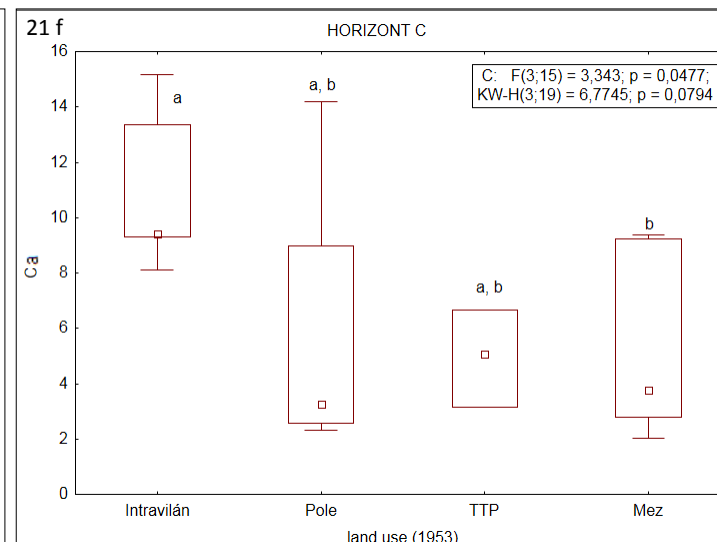
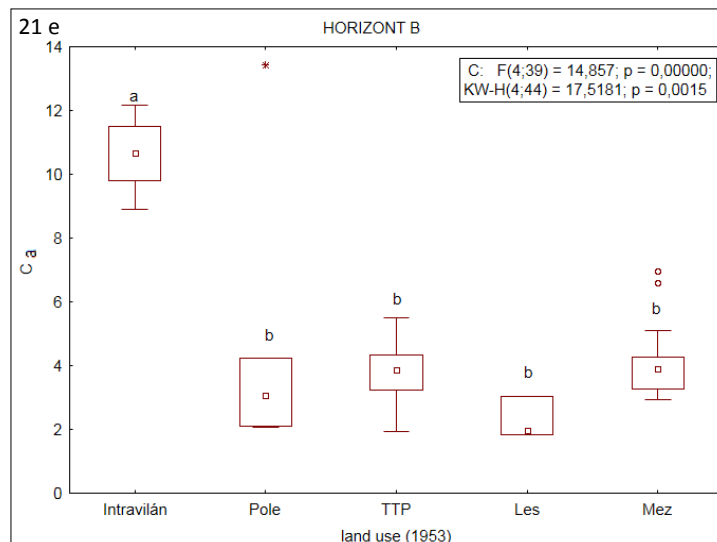
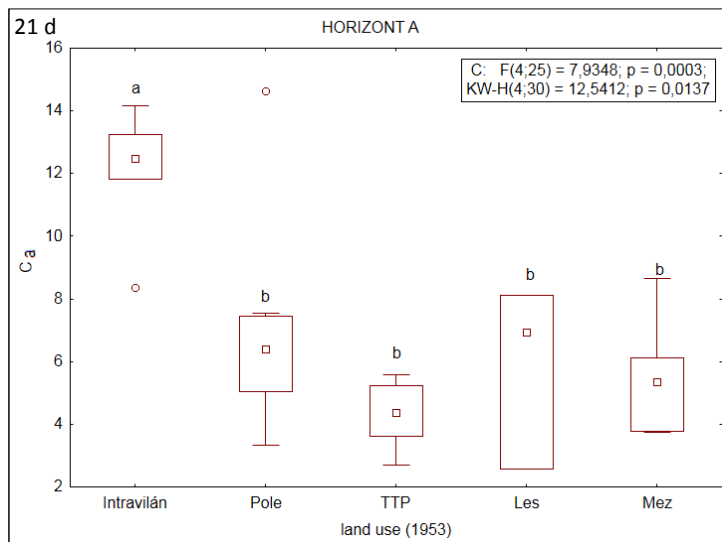
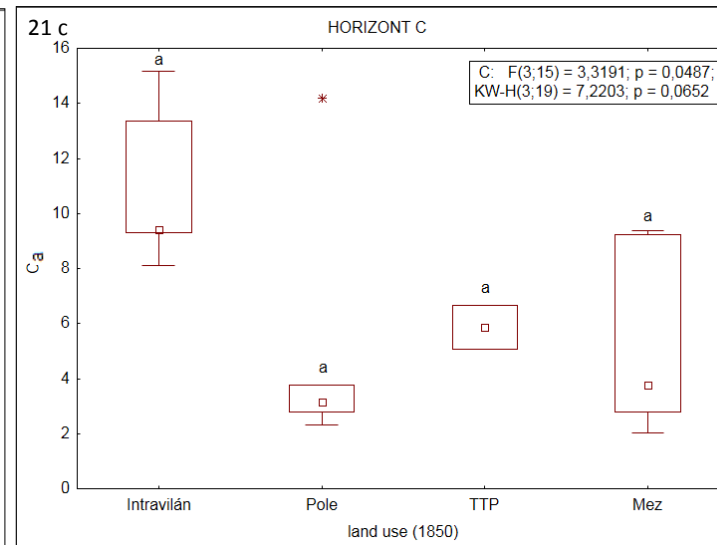
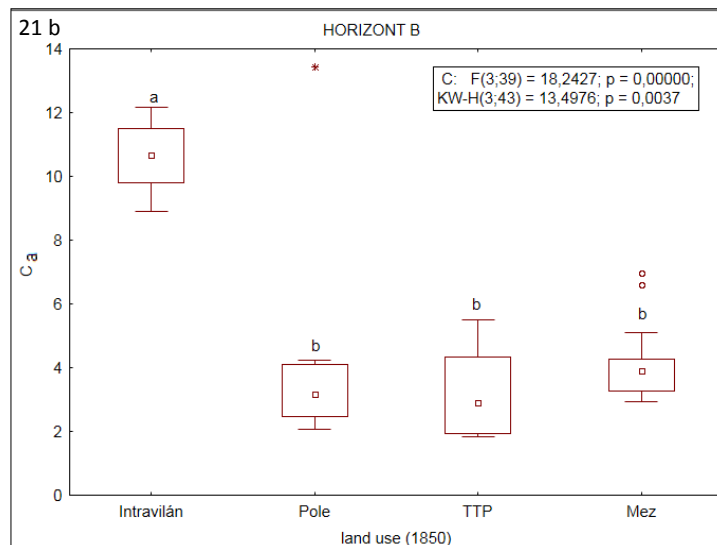
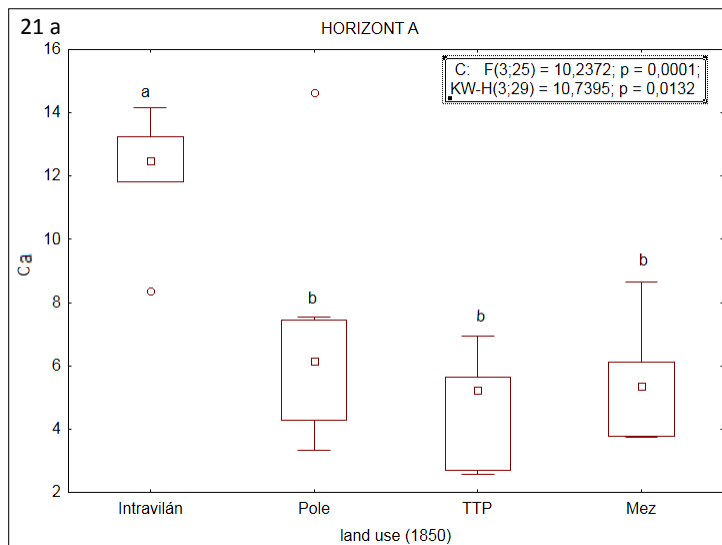


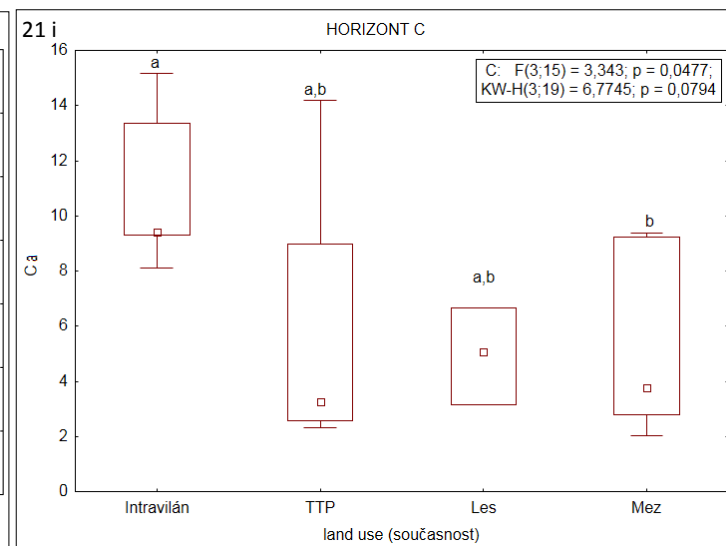
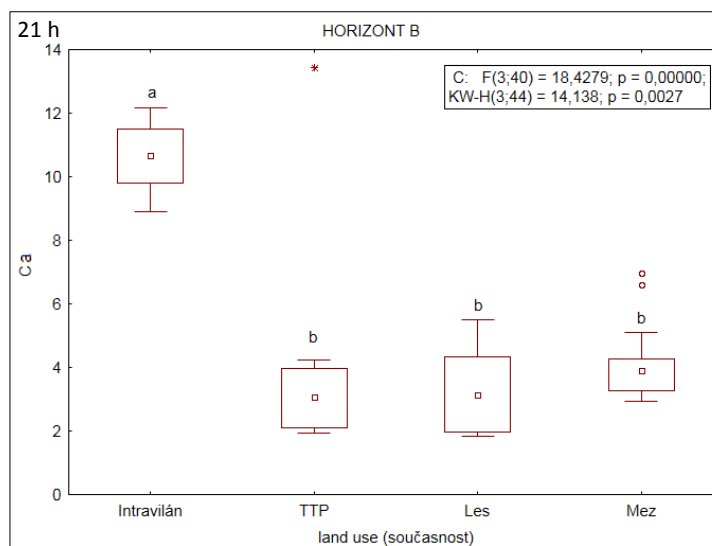
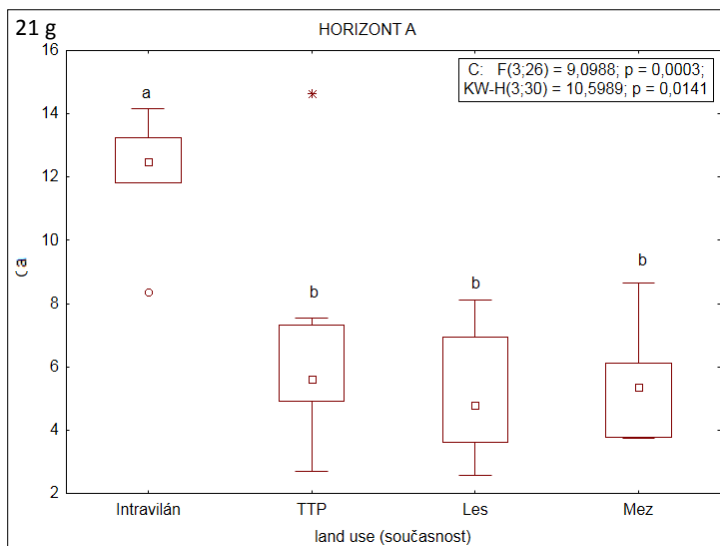
obr.č. 19: znázorňuje obsah pH v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“, grafy a – c spadají do roku 1850, grafy d-f do roku 1953 a grafy g – i do současného užití krajiny; první graf z trojice znázorňuje půdní horizont A, druhý znázorňuje půdní horizont B a třetí půdní horizont C; v grafech jsou zobrazeny mediány jako malé čtverečky, obdélník (box), jehož spodní hranou je dolní kvartil, horní pak horní kvartil (leží zde 50% všech případů), hvězdičkou jsou zobrazeny extrémní hodnoty a písmenem „o“ jsou znázorněny hodnoty odlehlé



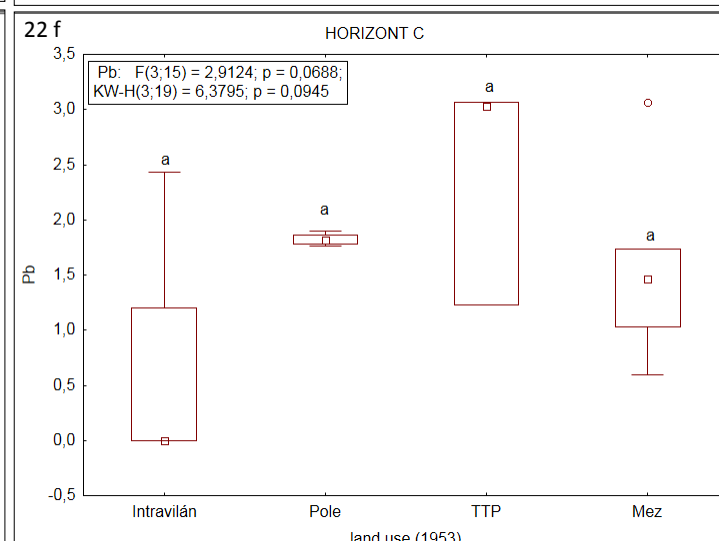
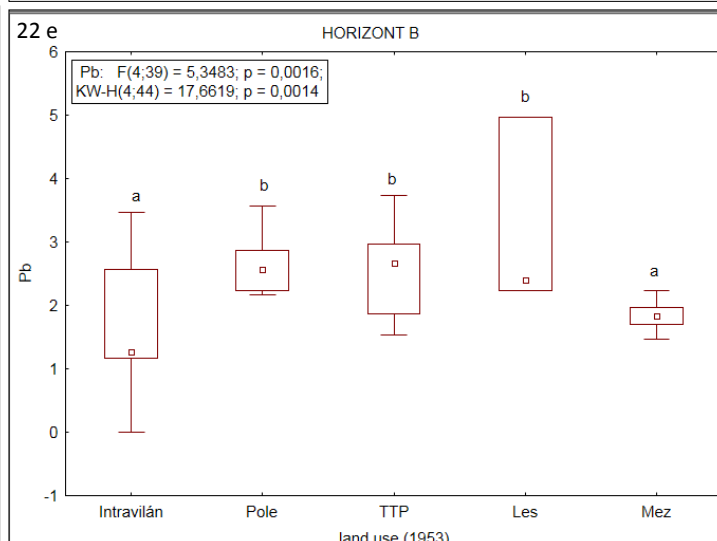
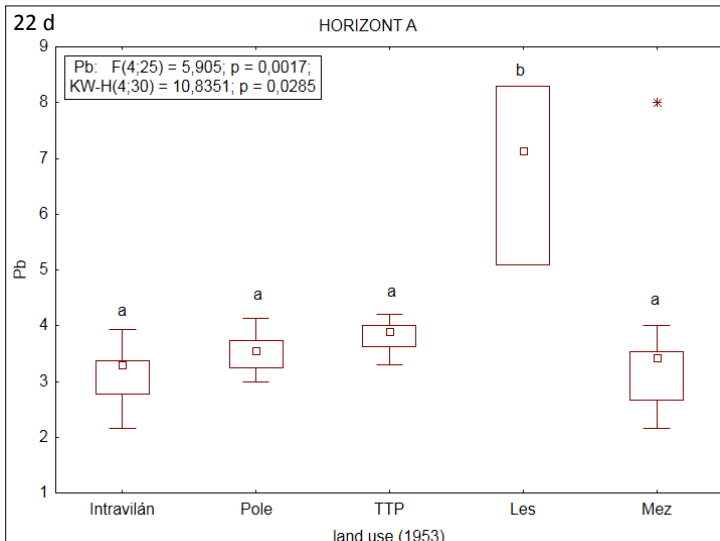
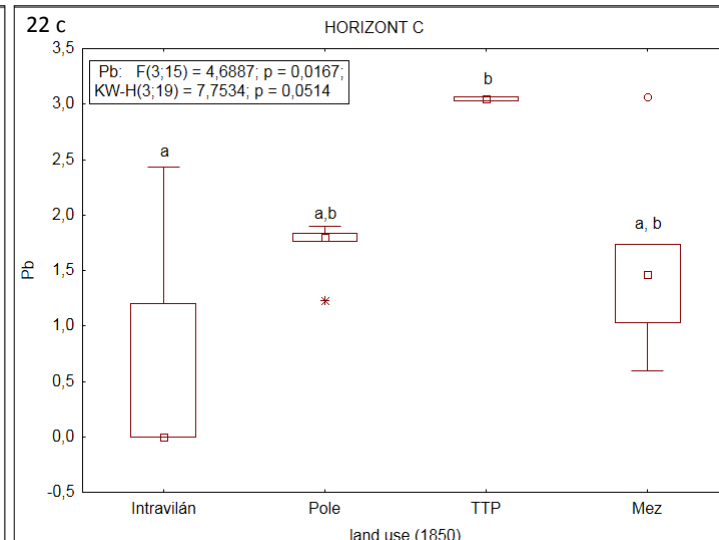
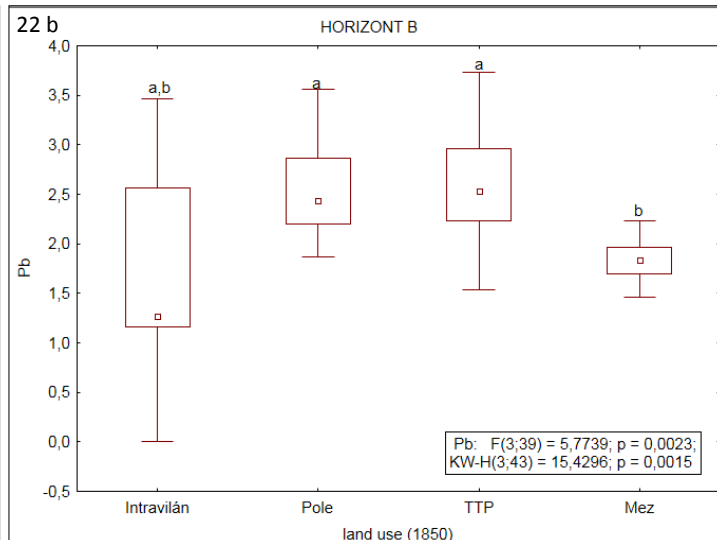
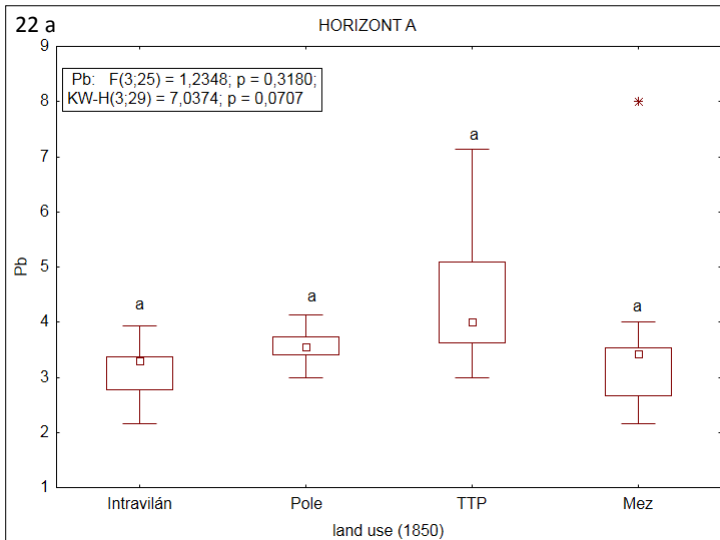


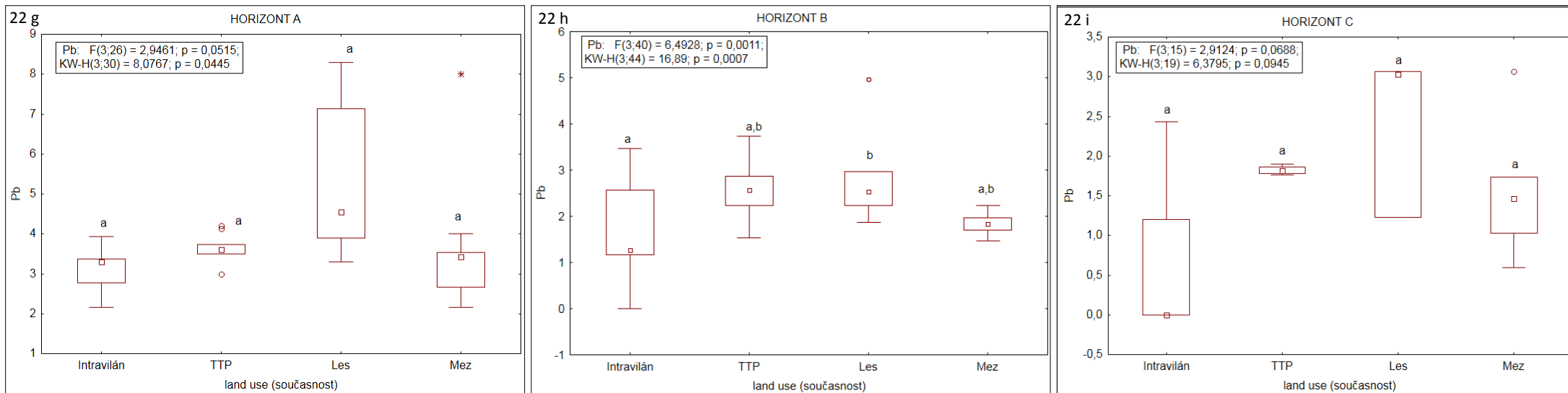
obr.č. 20 : znázorňuje obsah P (fosforu) v různých typech „land use“; grafy a – c spadají do roku 1850, grafy d-f do roku 1953 a grafy g – i do současného užití krajiny; první graf z trojice znázorňuje půdní horizont A, druhý znázorňuje půdní horizont B a třetí půdní horizont C; jednotkou pro obsah P je $1 \cdot 10^{-1}$ mg/kg



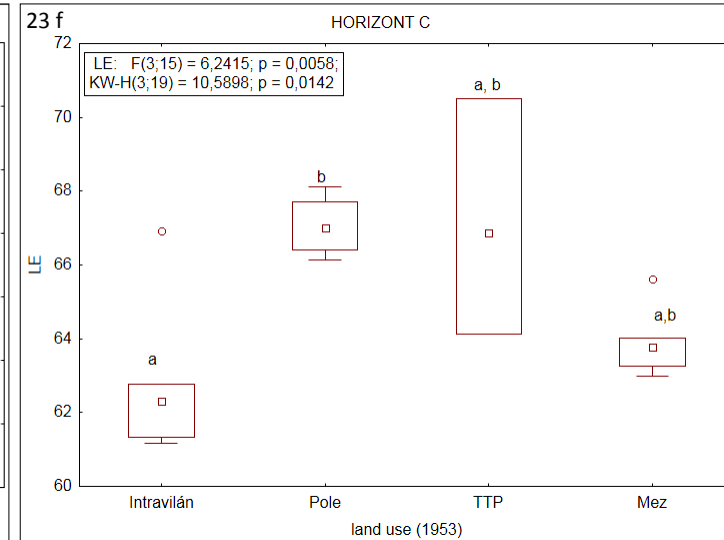
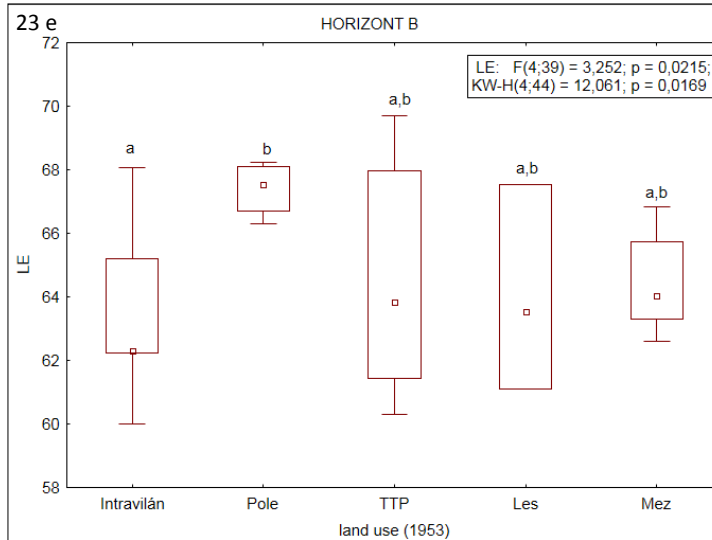
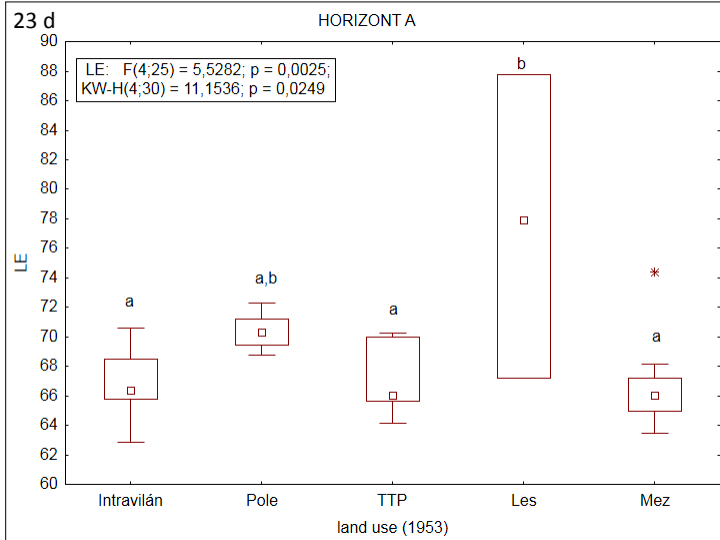
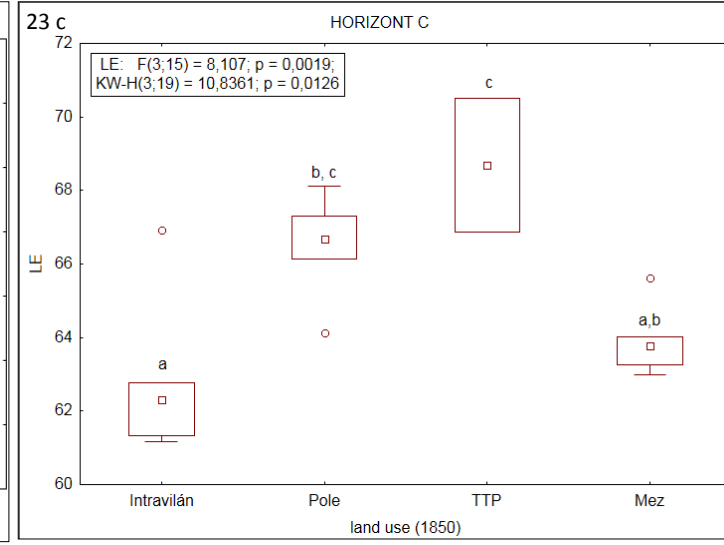
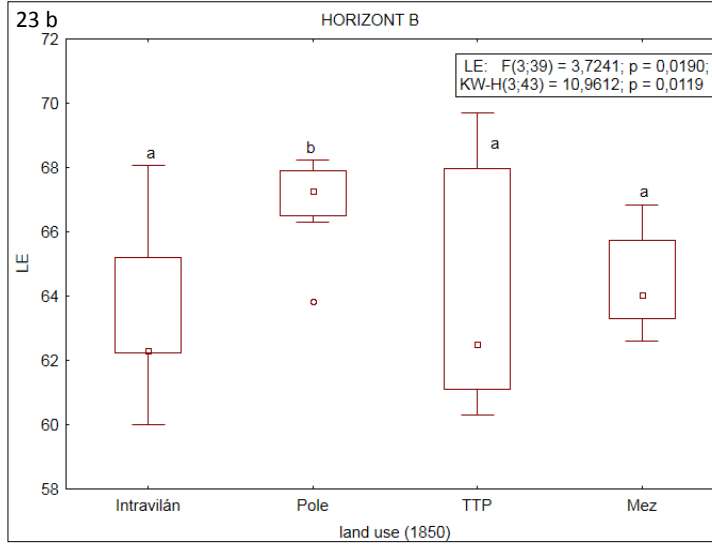
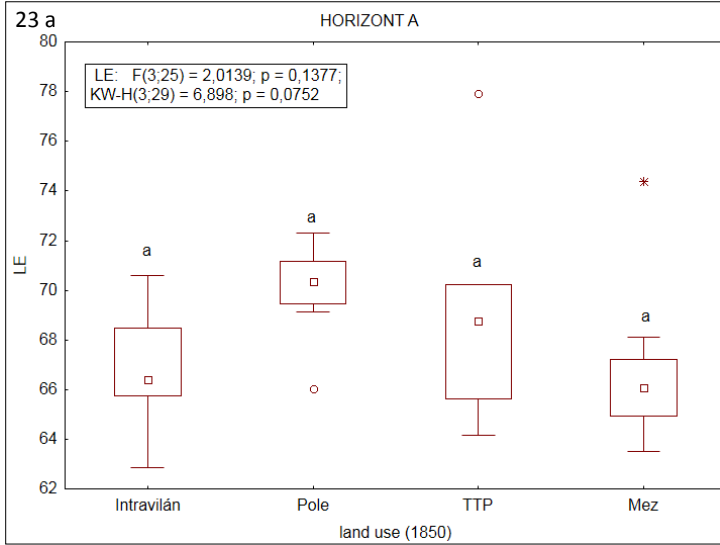


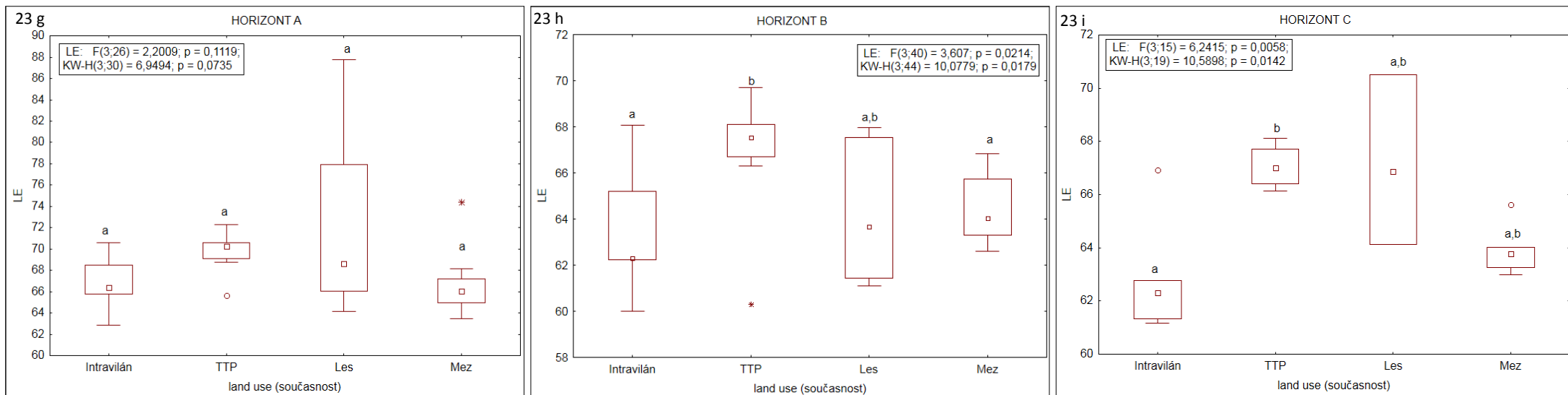
obr.č. 21: znázorňuje obsah Ca (vápníku) v různých typech „land use“; grafy a – c spadají do roku 1850, grafy d-f do roku 1953 a grafy g – i do současného užití krajiny; první graf z trojice znázorňuje půdní horizont A, druhý znázorňuje půdní horizont B a třetí půdní horizont C; jednotkou obsahu prvků pro Ca je $1 \cdot 10^{-1}$ mg/kg





obr. č.22: znázorňuje obsah Pb (olova) v různých typech „land use“; grafy a – c spadají do roku 1850, grafy d-f do roku 1953 a grafy g – i do současného užití krajiny; první graf z trojice znázorňuje půdní horizont A, druhý znázorňuje půdní horizont B a třetí půdní horizont C; jednotkou obsahu Pb je $\mu\text{g}/\text{kg}$.





obr.č.23: znázorňuje obsah LE („light elements“) v různých typech „land use“; grafy a – c spadají do roku 1850, grafy d-f do roku 1953 a grafy g – i do současného užití krajiny; první graf z trojice znázorňuje půdní horizont A, druhý znázorňuje půdní horizont B a třetí půdní horizont C; jednotka obsahu u LE byla zachována (ppm)

5. Diskuse

Primárním zjištěním této práce je, že signál $\delta^{15}\text{N}$, který je ovlivněn středověkým organickým hnojením byl na lokalitě detekován. Dalším závěrem je, že signál $\delta^{15}\text{N}$ je detekovatelný i po více než 60 letech od zániku vesnice. Dupouey & kol. (2002) dokonce uvádí, že změny v půdách a zároveň v biodiverzitě je možné zaznamenat i po dvou tisíciletích. S tímto tvrzením souhlasí i Součková & kol. (2013), kdy byl signál $\delta^{15}\text{N}$ detekován na středověké zaniklé osadě, která je v současnosti porostlá smrčinou (*Picea abies*).

Proto je možné užít signál $\delta^{15}\text{N}$ k identifikaci a zmapování středověkých zemědělských procesů spojených s rozkladem organických materiálů jako jsou fekálie, moč, chlěvská mrva aj. Obsah těžkého dusíku v půdě klesá se vzdáleností od vesnice, což je spojeno s fyzickou náročností aplikací organických hnojiv po celé délce plužiny a také s limitujícím množstvím hnoje. Více byly tedy hnojeny části plužiny u domu. Dambrine & kol. (2007) ve svém výzkumu římského zemědělství uvádějí, že diverzita rostlin se silně zvyšuje směrem k centru osídlení. Tento jev je doprovázen zvýšením pH, fosforu (P), ale také hlavně $\delta^{15}\text{N}$. Toto indikuje dlouhotrvající účinek bývalých zemědělských praktik. Úroda v blízkosti domu byla také více chráněna.

Zvýšený obsah $\delta^{15}\text{N}$ v půdě u domů a jeho blízkém okolí (do 50 m) ukazuje, že v rámci usedlosti byly stáje pro dobytek. Jak demonstroval Bol & kol. (2008), používání organických hnojiv signifikantně zvyšuje obsah $\delta^{15}\text{N}$ v půdě. Nejvyšší signál $\delta^{15}\text{N}$ byl kolem domu, domnívám se, že zde byla nejvyšší produkce hnoje. Toto tvrzení podporuje fakt ustájení dobytka v rámci usedlosti.

Nepřímým důkazem hnojení na této lokalitě jsou nalezené střepy keramiky na místech, která byla orána. Střepy byly nalezeny za a) v intravilánu a za b) na plochách bývalých polí. Nepotřebná keramika byla vyhazována na hnojiště a pak spolu s hnojem aplikována na plužinu, pokles kvantity keramických úlomků také potvrzuje vyšší frekvenci hnojení na bližších částech plužiny. S tímto tvrzením souhlasí Miller (1994), která totéž vyvozuje z nálezů podkov a jiných předmětů po celé délce pole. Také Součková & kol. (2013) vyvozují, že nálezy střepů keramiky v plužiny souvisí s aplikací hnoje.

Do analýz na testování stabilních izotopů dusíku byly zahrnuty jen sondy 1 – 10, a to z důvodu, že s místy, kde byly umístěny sondy 11 a 13 – nová, bylo

manipulováno i po zániku osady Malonín. Navíc se nacházejí na místě vlhkých luk, ne na polích. Sonda 13 – nová byla vyhloubena namísto sondy 12, jelikož při hloubení sondy 12 se narazilo na betonové skruže (odvodnění pozemků) a drenážní trubky (narušen původní půdní horizont). Sonda 12 tedy v analýzách chybí. Přesto byly vzorky půdy ze sond (11 a 13-nová) testovány na obsah $\delta^{15}\text{N}$, a jak ukazuje tabulka č. 1, došlo tam k navýšení stabilních izotopů N. Sonda 14 nebyla z důvodu svého umístění testována vůbec. Je umístěna v nivě Chrobolského potoka a navíc se v této nivě vyskytují olše (*Alnus spp.*). Olše jsou schopny vázat vzdušný dusík, který se po opadem listů dostává zpět do půdy, čímž navyšuje obsah dusíku v půdě (Arnone & Gordon, 1990). Tyto tři sondy tedy nebylo v zájmu výzkumu zaměřeného na obsah $\delta^{15}\text{N}$ v půdách testovat.

Zvýšené pH v intravilánu vesnice indikuje vyšší manipulaci s organickými hnojivy a popelem. Kolem domů se pohyboval dobytek, zároveň tam pravděpodobně bylo umístěno hnojiště a stáje (Součková & kol., 2013). Popel se pravděpodobně sypal na zahradu jako hnojivo anebo se jím také sypaly pěšiny, když bylo náledí. Obsah vápníku (Ca) se tedy zvyšoval hlavně v blízkosti domů. Zvýšení pH je také navyšováno vápněním. Vápno se používalo jako desinfekce, součást malty a také k bílení. Zvýšené pH, tam kde se vyskytovala lidská sídla, potvrzuje i (Hejcman & kol., 2011).

Používání popele je tedy prokazatelné kolem usedlosti, hlavně na bývalé zahradě, dvoře a na nejbližších polích. Se vzdáleností od vesnice, obsah Ca klesá. Je tedy pravděpodobné, že se popel sypal i na hnojiště a vyvážel spolu s hnojem na pole.

Signifikantní rozdíl mezi výskytem prvků (P, Ca) v intravilánu a zbytkem vesnice je dán tím, že v intravilánu se používal zmiňovaný popel, vyskytovalo se tam hnojiště, stáje, kálelo se tam apod. Hejcman & kol. (2011) uvádí, že přítomnost popela i po uplynutí 800 let navyšuje koncentraci prvků jako jsou P, K, Ca, Mg aj. U prvku P (fosfor), který je významně rozdílný v intravilánu je ale problematické říci, zda-li se jedná o formu dostupnou pro rostliny. Domnívám se, že pokud by byl fosfor testován chemickou cestou na fosforečnany (forma dostupná pro rostliny), a ne na totální množství fosforu, byly by rozdíly ještě markantnější. Dupouey & kol. (2002) potvrzují, že zvýšená koncentrace P v půdě je ovlivněna lidským osídlením.

Z RDA analýzy pro současné užití land use vyplývá, že změnou typu land use nivy (z TTP na les) se kategorie lesa stává heterogenní. Olšina, která roste na v nivě, už není tak kyselá.

Z nepřímé analýzy PCA vyplývá jistá podobnost mezi intravilánem a nivou lemující okraj plužiny, pro které jsou charakteristické zvýšené obsahy prvků, jako jsou např: Ca, Cu, Zn, Mg. Je to dáno z podobné povahy věci, příjmem a akumulace látek má jiný původ, ale dochází ke stejnému procesu. Nízké hodnoty obsahů prvků, zejména živin, lze nalézt především na bývalých polích a pastvinách, které jsou nyní zalesněny. Výrazně odchylná byla plocha kontinuálního lesa s extrémně nízkým pH a se zvýšeným výskytem těžkých kovů (Ag, Cd, Pb, U). Předpokladem je, že v lese byl použit chemický postřik, který navýšil výskyt těchto těžkých kovů.

LE („light elements“) se sestávají hlavně z Na, Mg, N a O. Signifikantní rozdíl obsahu LE byl pozorován v lese v horizontu A, je to pravděpodobně tím, že v lese je hodně opadanky (surového humusu), který obsahuje hlavně „light elements“.

6. Závěr

Analýza stabilních izotopů dusíku v půdě byla již použita pro identifikaci zemědělské činnosti v západní Evropě (Dupouey & kol., 2002; Bogaard & kol., 2007; Aquilera & kol., 2008), a v České republice (Součková & kol., 2013). Na lokalitě Malonín bylo zjištěno, že zvýšený isotopový signál (^{15}N) používáním organických hnojiv je měřitelný dodnes. Nepřímým důkazem používání organických hnojiv jsou nálezy keramiky na zaniklých polích. Také chov zvířat v blízkosti domu se jeví jako vysoce pravděpodobný, protože obsah těžkého dusíku v oblasti kolem domu je výrazně zvýšený oproti ostatním částem plůžiny.

Zvýšené pH v okolí domů ukazuje na používání popela a vápnění, navýšení P a C ukazuje na vyšší obsah humusu v půdě. Bývalé pastviny a pole jsou dnes chudé na živiny. Zvýšený výskytem těžkých kovů (Ag, Cd, Pb, U) v kontinuálním lese je pravděpodobně následkem chemického postřiku provedeného v posledních desetiletích.

Metoda stabilních izotopů dusíku a metoda rentgenovým spektromerem mají velký potenciál. Mohly by se podílet na nových aspektech využití v archeologii. Je velice pravděpodobné, že s metodou stabilních izotopů a hlavně s metodou rentgenového spektrometru se bude pokračovat v dalších budoucích studiích.

7. Použitá literatura

Aguilera M., Araus J. L., Voltas J., Rodríguez-Ariza M. O., Molina F., Rovira N., Buxó R. & Ferrio J. P., 2008: Stable carbon and nitrogen isotopes and quality traits of fossil cereal grains provide clues on sustainability at the beginnings of Mediterranean agriculture, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 22: 1653–1663.

Arnone, J. A., & Gordon, J. C., 1990: Effect of nodulation, nitrogen fixation and CO₂ enrichment on the physiology, growth and dry mass allocation of seedlings of *Alnus rubra* Bong, *New Phytol* 116: 55 - 66.

Astill, G. & John, L., [eds], 1997: *Medieval farming and technology: The impact of agricultural change in northwest Europe*, Brill.

Beneš, Z., 1992: *Dějiny středověku a raného novověku*, Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

Beranová M. & Kubačák A., 2010: *Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě*. Nakladatelství Libri, Praha.

Biermann K. & Hanus F. [eds], 1992: *Kronika lidstva*. Fortuna Print, Bratislava.

Binterová Z., 1997: *Zaniklé vesnice Chomutovska VII. díl. Okresní muzeum v Chomutově*, Chomutov.

Bogaard A., Heaton T.H.E., Poulton P. & Merbach I., 2007: The impact of manuring on nitrogen isotope ratios in cereals: archaeological implications for reconstruction of diet and crop management practices. *Journal of Archaeological Science* 34: 335-343.

Boháč P. & Kolář J., 1996: *Vyšší geomorfologické jednotky České republiky*. Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.

Bol R., Ostle N. J., Petzke K. J., Chenu C. & Balesdent, J., 2008: Amino acid ¹⁵N in long-term bare fallow soils: influence of annual N fertilizer and manure applications. *European Journal of Soil Science* 59: 617–629.

Bowen R. & Attendorn G., 1994: *Isotopes in the Earth Sciences*. Chapman and Hall, London, UK.

Čech, V. [eds], 1962: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200 000, Geofond, Praha.

Černý E., 1979: Zaniklé středověké osady a jejich plužiny. Československá akademie věd, Praha.

Dambrine E., Dupouey J.-L., Laüt L., Humbert L., Thinon M., Beaufiles T. & Richard H., 2007: Present forest biodiversity patterns in France related former Roman agriculture. *Ecology* 88: 1430–1439.

Dawson T. E. & Brooks P. D., 2001: Fundamentals of Isotope Chemistry and Measurement. In: Unkovich M., Pate J., McNeill A. & Gibbs J. [eds]: *Isotope Techniques Book in the Study of Biological Processes*. Kluwer academic publishers, Holandsko: 1-18.

Demek J. & kolektiv, 1987: *Zeměpisný lexikon ČSR, Hory a nížiny*. Academia, Brno.

Demek, J., Mackovič, P. & kol., 2006: *Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR, 2. vydání*, Agentura ochrany přírody a krajiny, Brno.

Drška V. & Picková D., 2004: *Dějiny středověké Evropy*. Skřivan, Praha.

Dudková V., Orna J., Vařeka P. & kol., 2008: Hledání zmiatělého, Archeologie zaniklých vesnic na Plzeňsku. Západočeské muzeum v Plzni, Plzeň.

Dupouey J. L., Dambrine E., Laffite J. D., & Moares C., 2002: Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology* 83: 2978–2984.

Fraser R. A., Bogaard A., Heaton T., Charles M., Jones G., Christensen B.T, Halstead P., Merbach I., Poulton P.R., Sparkes D. & Styring A. K., 2011: Manuring and stable nitrogen isotope ratios in cereals and pulses: towards a new archaeobotanical approach to the inference of land use and dietary practices. *Journal of archaeological science* 38: 2790-2804.

Gojda, M., 2000: *Archeologie krajiny - vývoj archetypů kulturní krajiny*, Academia, Praha.

Gojda, M., 2004: *Letecká archeologie a dálkový průzkum, Nedestruktivní archeologie*, Academia, Praha.

Gojda, M., 1997: *Letecká archeologie v Čechách: Aerial archaeology in Bohemia*, Archeologický ústav AVČR.

Groenestein C. M. & Van Faassen H. G., 1996: Volatilization of Ammonia, Nitrous Oxide and Nitric Oxide in Deep-litter Systems for Fattening Pigs. *Journal of Agricultural Engineering Research* 65: 269-274.

Hejcman, M., Ondráček, J., & Smrž, J., 2011: Ancient waste pits with wood ash irreversibly increase crop production in Central Europe, *Plant Soil* 339: 341–350.

Houfková, P., Bumerl, J., Pospíšil, L., Beneš, J., Bernardová, A., Karlík, P., & kol., submitted: How can be studied the origin and development of terraced fields: a case study of the deserted medieval village in the Czech Republic.

Hurst, J. & Beresford, M. W., 1990: English Heritage book of Wharram Percy Deserted medieval village, B.T. Batsford Ltd., London.

Kendall C., Elliott E. M. & Wankel S.D., 2007: Tracing Anthropogenic Inputs of Nitrogen to Ecosystems. In: Michener R., Lajtha K. [eds]: *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*, Blackwell Publishing, Oxford: 375-449.

Kirchner K., Andrejkovič T., Hofírková S. & Petrová A., 2003: Reliéf Národního parku Podyjí a jeho antropogenní transformace, *Geomorfologický sborník* 2. Západočeská univerzita, Plzeň: 31-38

Kovačiková L. & Brůžek J., 2008: Stabilní izotopy a bioarcheologie - výživa a sledování migrací v populacích minulosti (1). *Živa* 1: 42-45.

Křivánek R., 2004: Geofyzikální metody. In: Kuna M. [ed]: *Nedestruktivní archeologie*. Academia, Praha: 117-183.

Kuna M., 2004: Nedestruktivní terénní postupy v archeologii. In: Kuna M. [ed]: *Nedestruktivní archeologie*. Academia, Praha: 15-26.

Majer A., 2004: Geochemie v archeologii. In: Kuna M. [ed]: *Nedestruktivní archeologie*, Academia, Praha: 195-235.

Mareš S. & kol., 1990: Úvod do užité geofyziky, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha.

Miller N. F., 1994: *The Archaeology of Garden and Field*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

Mortensen H., 1947: *Zur Entstehung der deutschen Dorfformen, insbesondere des Waldhufendorfs*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.

Nekuda R., 1974: Příklad historické archeologie k výzkumu zaniklých středověkých osad v Evropě. *Archaeologia historica* I.

Němeček J., Smolíková L. & Kutílek M., 1990: *Pedologie a paleopedologie*. Academia, Praha.

Němeček J., Vokoun J., Smejkal J., Macků J., Kozák J., Němeček K. & Borůvka L., 2001: *Taxonomický klasifikační systém půd*. ČZU Praha, VÚMOP Praha, Praha.

Oberbeck G., 1958: *Neue Ergebnisse der Flurformen forschung in Niedersachsen*. Deutschen Landeskr : 125-142.

Peterken G. F. & Game M., 1984: Historical factors affecting the number and distribution of vascular plant species in the woodlands of central Lincolnshire. *Journal of Ecology* 72: 155-182.

Profous, A., 1951: *Místní jména v Čechách*. Vol III (M-Ř), Československé akademie věd, Praha.

Robinson D., 2001: $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. *Trends in Ecology Evolution* 16:153-162.

Sar, Rosa de. & Růžička, J., 2011: *Pyramidy, obří a zaniklé vyspělé civilizace u nás*, SAR, Praha.

Smetánka, Z., 1988: *Život středověké vesnice - Zaniklá Svídna*, 1. vydání, Academia, Praha.

Smrčka, V., Bůzek F., Erban V., Berkovec T., Dočkalová M., Neumanová K. & Fišáková M., 2005: Carbon, nitrogen and strontium isotopes in the set of skeletons from the neolithic settlement at Vedrovice (Czech Republic). *Anthropologie* 43: 315-323.

Součková, K., Hejzman, M. & Klír, T., 2013: Medieval Farming Practices in Deserted Villages Can be Determined Based on the Nitrogen Isotopic Signature in Recent Forest Soils, *Interdisciplinaria archaeologica* IV: 63-71.

Státní Regionální Archiv v Prachaticích, kniha č. 205, *Kronika obce Frantol 1945–1954*.

Sweeney D. [ed], 1995: *Agriculture in the Middle Ages: Technology, Practice, and Representation*, University of Pennsylvania .

Štěpánek M., 1968: Plužina jako pramen osídlení. Československý časopis historický 16: 247-274.

Templer P., Arthur M., Lovett G. & Weathers K., 2007: Plant and soil natural abundance delta 15N: indicators of relative rates. Oecologia 153(2): 399-406.

Tolasz, R. & kol., 2007: Atlas podnebí Česka, Český hydrometeorologický ústav, Český hydrometeorologický ústav, Praha.

Tomášek, M., 2003: Půdy České republiky, Česká geologická služba, Praha.

Vařeka, J. & Florec, V., 2007: Lidová architektura, Encyklopedie, 2. přepracované vydání, Grada Publishing, Praha.

Williams, M., 2000: Dark ages and dark areas: global deforestation, Journal of Historical Geography 26 : 28-46

Zímová, K., Pospíšil, L., Janovská, V., Karlík, P., Petra, H., Bumerl, J. & kol., 2013: Analýza vývoje plužiny zaniklé obce Malonín na Prachaticku, Acta Pruhoniana 104: 27 - 37.

8. Další zdroje:

URL 1 : BAS Rudice spol. s r.o, 2009: Rentgenové spektrometry (ED-XRF), Blansko, online: <http://www.bas.cz/rentgenove-spektrometry/xrf-rentgenove-spektrometry.php>, cit. 15.11.2014

URL 2: Seznam.cz, a.s., turistická mapa lokalizující zkoumanou lokalitu, online: <http://www.mapy.cz/turisticka?x=14.0815606&y=48.9587799&z=11&source=muni&id=935&q=chroboly>, cit. 14.10. 2014

URL 3: Petránek, J., 2007: Geologická encyklopedie, Česká geologická služba, online: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?granulit>, cit. 22.11.2014

URL 4: Vávra, V., 2013: Multimediální atlas hornin, Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta MU, Brno, online: <http://atlas.horniny.sci.muni.cz/metamorfovane/granulit.html>, cit. 22.11.2014

Cenia, Česká informační agentura životního prostředí, MŽP, online: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>, cit. 5.10.2014

Ceskedalnice.cz, online: <http://www.ceskedalnice.cz/mapy/mapa-cesko-silnice.png> .
použito: 4.3.2014 (příloha č. 1)

Dohnal M., 2011: Středověké plužiny Velké Británie a jejich význam pro poznání zemědělského vývoje v českých zemích . Český lid: Etnologický časopis 98: 337-357(obrázek č. 7 a 8)

Nechvíle M., online: [http://www.muzeumcl.cz/userfiles/file/prezentace_stredoveka_vesnice/Archeologie%20st%C5%99edov%C4%9Bk%C3%A9%20vesnice%20\(MN\).pdf](http://www.muzeumcl.cz/userfiles/file/prezentace_stredoveka_vesnice/Archeologie%20st%C5%99edov%C4%9Bk%C3%A9%20vesnice%20(MN).pdf) , použito: 4. 12. 2014 (příloha č. 6)

Pešta, J., 2000: Několik památek ke studiu půdorysné struktury venkovských sídel na území Čech, Průzkumy památek II (příloha č. 2)

Stanovský M., Klub českých turistů , online: www.kct.cz/cmsvyber-oblasti, použito : 10.11.2014 (obrázek č. 6)

Vomáčková V., Vendy atelier, Moravské Budějovice, Online: <http://vendyatelier.cz/krava-0>, použito: 10.11.2014 (obrázek č. 5)

9. Seznam obrázků

- **obr. č. 1:** Plužina dělených úseků (převzato: Černý, 1979)
- **obr. č. 2:** Plužina scelených úseků (převzato: Černý, 1979)
- **obr. č. 3:** Plužina traťová (převzato: Černý, 1979)
- **obr. č. 4:** Záhumenicová plužina lesní lánové vsi (převzato: Černý, 1979)
- **obr. č. 5:** Princip organického hnojení (zdroj: <http://vendyatelier.cz>)
- **obr. č. 6:** Vesnice Malonín v rámci ČR (převzato: www.kct.cz/cmsvyber-oblasti)
- **obr. č. 7:** Lány viditelné v dnešní krajině (převzato: Dohnal, 2011)
- **obr. č. 8:** Lány viditelné v dnešní krajině (převzato: Dohnal, 2011)
- **obr. č. 9:** Odkryv půdního horizontu na lokalitě Malonín
- **obr. č. 10:** Rozdělení půdního horizontu pro kambizem dystrickou
- **obr. č. 11:** Graf: Závislost obsahu $\delta^{15}\text{N}$ v půdě na vzdálenosti vesnice
- **obr. č. 12:** Graf: Závislost kvantity střepů na vzdálenosti od vesnice
- **obr. č. 13:** Graf: Porovnání obsahu $\delta^{15}\text{N}$ v půdě v bývalém doma v plužině
- **obr. č. 14:** Ordinační diagram RDA pro land use roku 1850
- **obr. č. 15:** Ordinační diagram RDA pro land use roku 1953
- **obr. č. 16:** Ordinační diagram RDA pro land use současnosti
- **obr. č. 17:** Ordinační diagram PCA
- **obr. č. 18 :** Graf: Závislost obsahu Ca na vzdálenosti od vesnice
- **obr. č. 19:** Krabicový graf znázorňující obsah pH v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“
- **obr. č. 20:** Krabicový graf znázorňující obsah P v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“
- **obr. č. 21:** Krabicový graf znázorňující obsah Ca v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“
- **obr. č. 22:** Krabicový graf znázorňující obsah Pb v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“
- **obr. č. 23:** Krabicový graf znázorňující obsah LE („light elements“) v různých půdních a časových horizontech v závislosti na „land use“

10. Seznam příloh

- **příloha č. 1:** Prachaticko v rámci České republiky (převzato: <http://www.ceskedalnice.cz/mapy/mapa-cesko-silnice.png>)
- **příloha č. 2:** Typologie plužin dle Máčela (převzato: Pešta, 2000)
- **příloha č. 3:** Typologie plužin dle Černého (převzato: Černý, 1979):
- **příloha č. 4:** Rozmanitost mezi formami radlic (převzato: Beranová & Kubačák, 2010)
- **příloha č. 5:** Letecký snímek jižní části vesnice Malonín (zdroj: ArcGis)
- **příloha č. 6:** Wharram Percy (North Yorkshire, VB) – rekonstrukce vzhledu zaniklé vesnice (převzato: Nechvíle Martin)
- **příloha č. 7:** Mapa stabilního katastru obce Malonín (Plöschen) (zdroj: ČÚZK)
- **příloha č. 8:** Krabicové grafy prvků změřených rentgenovým spektrometrem