

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Chemické signály archeologických půd na eneolitické  
dlouhé mohyle ve Vražkově

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Vilém Pavlů

Konzultant: Mgr. Jan Fišer

Diplomant: Bc. Martina Markaczová

Praha 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martina Markaczová

Regionální environmentální správa

Název práce

**Chemické signály archeologických půd na eneolitické dlouhé mohyle ve Vražkově**

Název anglicky

**Chemical signals of archaeological soils on the Late Neolithic long barrow in Vražkov**

---

## Cíle práce

Cílem práce je odpovědět na otázku, jak se liší různé typy půd na mohyle obsahem různých prvků se zaměřením na porovnání současné ornice s pohřbenými pravěkými půdami.

## Metodika

Mnoho archeologických lokalit bylo objeveno z leteckých snímků na základě vegetačních příznaků. Dlouhá eneolitická mohyla ve Vražkově pod Řípem není výjimkou. Plodiny rostou na mohyle lépe než v jejím okolí, můžeme předpokládat, že se na její stavbu používaly půdy s různým obsahem biogenních prvků a zakonzervovaly se v ní pravěké půdy. Cílem práce je proto provést analýzu obsahu prvků v půdách, které byly odebrány při archeologickém odkryvu mohyly. Studentka provede porovnání současné ornice s výplněmi příkopů a hrobů v mohyle, které se projevovaly pozitivními vegetačními příznaky na plodinách rostoucích na místě před zahájením archeologického výzkumu.

**Doporučený rozsah práce**

40-50 s

**Klíčová slova**

Antropogenní prvky, pohřbená půda, fosfor, zinek, měď, vegetační příznaky

---

**Doporučené zdroje informací**

- Hejcman, M., Součková, K., Křišťuf, P., Peška, J., 2013. What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500-2200BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quat. Int.* 316, 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.014>
- Hildebrandt-Radke, I., Makarowicz, P., Matviishyna, Z.N., Parkhomenko, A., Lysenko, S.D., Kochkin, I.T., 2019. Late Neolithic and Middle Bronze Age barrows in Bukivna, Western Ukraine as a source to understand soil evolution and its environmental significance. *J. Archaeol. Sci. Reports* 27. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101972>
- Turek, J., 2021. Neolithic Long Barrows and Enclosures as Landmarks of Ritual Landscape of Central and North Bohemia. *Open Archaeology* 7, 1674-1684. <https://doi.org/10.1515/opar-2020-0207>

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. Dr. Ing. Vilém Pavlů

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 24. 3. 2023

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Chemické signály archeologických půd na eneolitické dlouhé mohyle ve Vražkově vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne .....

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala prof. RNDr. Michalovi Hejmanovi Ph.D. et Ph.D., který nemohl být uvedený oficiálně jako vedoucí práce z důvodu změny pracoviště, ale přesto mi práci vedl, věnoval mi čas při konzultacích a poskytl cenné rady. Zároveň bych chtěla poděkovat svému konzultantovi Mgr. Janu Fišerovi za konzultace a vstřícný přístup. Dále bych chtěla poděkovat za poskytnutí půdních vzorků z projektu Grantové agentury České republiky „Eneolitické dlouhé mohyly v Čechách a rekonstrukce rituální krajiny pod Řípem“. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu při celém studiu.

## Abstrakt

V historii měly lidské činnosti vliv na krajinu a prvkové složení půdy. Pomocí letecké archeologie a vegetačních příznaků byla doložena přítomnost několika pravěkých mohyl v oblasti Podřipska, včetně mohyly u Vražkova, která byla zkoumána v této práci. Cílem práce bylo zjistit: 1. Zda se liší jednotlivé půdní vrstvy v obsahu antropogenních prvků, pokud ano jak? 2. Je rozdíl v obsahu antropogenních prvků mezi orníci a podorničím a jak se mezi sebou liší obsahy prvků mezi výplněmi objektů jako je žlábek kolem mohyly a hroby? 3. Byla mohyla vybudována na místě, které bylo před stavbou a nebo později využíváno k sídelní činnosti?

Během archeologického odkryvu byly odebrány půdní vzorky, které byly následně analyzovány v laboratoři pomocí XRF spektrometru. Změřené vzorky byly rozděleny podle odběru do tří vrstev a do různých kategorií v rámci vrstev, které se mezi sebou porovnávaly.

Pomocí analýzy půd bylo zjištěno, že obsah antropogenních prvků, se v různých půdních vrstvách liší. Zároveň byly naměřeny zvýšené hodnoty obsahů P, Ca a Zn v okolí těla ve srovnání se zbytkem mohyly. Nízká odlišnost mezi žlábkem mohyly a orníci doložila, že mohyla byla navržena z materiálu pocházejícího z vyhloubeného žlábků. Dále dle zjištěných obsahů nebyla mohyla ovlivněna sídelní lidskou činností, a to před ani po vybudování mohyly.

Lze konstatovat, že eneolitická dlouhá mohyla stále ovlivňuje krajinu svým chemickým složením a změnou půdní stratigrafie. Tento vliv se projevuje pozitivními vegetačními příznaky, které jsou viditelné i v současné krajině.

Klíčová slova: dlouhá mohyla, antropogenní prvky, pohřbená půda, vegetační příznaky, fosfor, Podřipsko

## **Abstract**

Throughout history, human activities had an impact on the landscape and the elemental composition of the soil. Cropmarks on aerial photographs documented the presence of several prehistoric barrows in the Podřipsko region, including the long barrow near Vražkov, which is the subject of this thesis. The aim of the thesis was to answer: 1. Whether individual soil layers differ in the content of anthropogenic elements, if so how? 2. Is there a difference in anthropogenic element content between topsoil and subsoil and how element contents differ among infill of features such as the ditch and graves? 3. Was the barrow built on a site which was used for settlement activities before or after its construction?

Soil samples were collected during the archaeological excavation and subsequently analysed in the laboratory using an XRF spectrometer. The measured samples were divided into three layers according to the sampling and into different categories within the layers, which were compared each other.

Using soil analysis, it was found that the content of anthropogenic elements varied in the different soil layers. At the same time, significant differences in P, Ca and Zn contents were measured between the graves and the rest of the barrow. The low difference between the ditch infill and the topsoil indicates, that the barrow was constructed from the material originating from the excavated ditch. In addition, according to almost natural content of anthropogenic elements the barrow was not affected by human settlement activities before or after the construction of the barrow.

It can be concluded that the eneolithic long barrow still influences the landscape by its chemical composition and the change in soil stratigraphy. This influence is expressed by crop marks, which are also visible in the contemporary landscape.

**Keywords:** long barrow, anthropogenic elements, buried soil, cropmarks, phosphorus, Podřipsko

## Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíle práce .....	3
3 Literární rešerše .....	4
3.1 Eneolit.....	4
3.1.1 Geneze mohylového pohřbívání v eneolitu.....	4
3.1.2 Fenomén dlouhých mohyl v Evropě .....	7
3.2 Nedestruktivní archeologie .....	9
3.2.1 Dálkový průzkum země .....	9
3.2.2 Geochemická analýza .....	11
3.3 Antropogenní půdy .....	12
3.3.1 Antropogenní půdy v archeologii.....	13
3.4 Rentgenová fluorescenční spektrometrie .....	15
3.4.1 Princip fungování .....	15
3.4.2 Využití v archeologii.....	16
4 Charakteristika zájmového území .....	18
4.1 Dlouhá mohyla u Vražkova .....	18
4.2 Přírodní podmínky .....	19
4.2.1 Geomorfologie .....	19
4.2.2 Pedologické podmínky.....	20
4.2.3 Klimatické podmínky.....	21
4.2.4 Vodoteče .....	21
5 Metodika .....	23
5.1 Odběr vzorků .....	23
5.2 Měření obsahu prvků v půdních vzorcích.....	25
5.3 Statistická analýza a mapové výstupy.....	25
6 Výsledky .....	26
6.1 Popis vrstev A, B a C.....	26
6.1.1 Obsahy prvků P, Ca, Sr a Zn.....	26



6.1.2 Obsahy prvků Al, Fe, K a Mn.....	27
6.1.3 Obsahy prvků As, Pb, Cu a Ni.....	28
6.1.4 Obsahy prvků Si, Ti, Zr a Cr.....	29
6.1.5 Obsahy prvků Rb, Th a LE.....	31
6.2 Porovnání kategorií ve vrstvě B.....	34
6.3 Porovnání kategorií ve vrstvě C.....	34
7 Diskuze.....	36
8 Závěr a přínos práce.....	39
9 Zdroje.....	40
9.1 Použitá literatura.....	40
9.2 Mapové poklady.....	46
9.3 Ostatní zdroje.....	47
10 Seznam tabulek.....	48
11 Seznam obrázků.....	49
12 Seznam příloh.....	50
13 Přílohy.....	52

# 1 Úvod

Lidské činnosti napříč historií měly prokazatelně zásadní vliv na strukturu půdy a obsah prvků v půdě. Stopy, které po sobě lidé zanechali, lze v krajině pozorovat i v současné době. Jednou z možností, jak tyto stopy číst, je nedestruktivní archeologie, jejímž prostřednictvím se zkoumají archeologické lokality, aniž by byla výrazně narušena jejich struktura. Jednou z metod nedestruktivní archeologie je geochemická analýza (Kuna 2004).

Stanovení obsahu prvků v půdě v rámci geochemické analýzy půdy je v současné době hojně využívaná metoda, která je schopna rozpoznat jevy, jejichž příčiny nelze zjistit pomocí běžného destruktivního archeologického výzkumu. Pro stanovení zastoupení prvků v půdě se dnes již běžně používá metoda rentgenové fluorescenční spektrometrie (XRF), která získává informace o širokém spektru prvků za krátkou dobu a poměrně nízkou cenu (Hunt a Speakman 2015). Analýza obsahu antropogenních prvků v půdě byla využita v mnoha archeologických výzkumech a svými výsledky přispěla k objasnění využívání mnoha archeologických lokalit (Šmejda a kol. 2017, Janovský a Horák 2018, Horák a kol. 2018).

Historické aktivity člověka se projevují akumulací prvků v půdách a sedimentech na místech bývalých sídel, pohřebišť, hospodářsky a nebo jinak člověkem využívaných místech. Jedním z významných prvků na určení lidských aktivit je fosfor, protože se akumuluje v dostatečně velkém množství a z půdy se příliš nevyplavuje – cykluje v ekosystémech v geologickém čase (Holliday a Gartner 2007). Nicméně existuje řada dalších prvků, fungující jako dobré indikátory lidských aktivit, které si v této práci blíže představíme.

Diplomová práce se zaměřuje na geochemický výzkum eneolitické mohyly u Vražkova, ležící v Podřipské oblasti. Mohyla se nachází na orné půdě, a tak jediné co indikuje její přítomnost v krajině, jsou pozitivní vegetační příznaky v plodinách, které jsou však ze země jen těžko pozorovatelné. Mohyla u Vražkova společně s dalšími mohylami v Podřipské oblasti byla proto nalezena prostřednictvím letecké archeologie. Letecká archeologie získává snímky z velké výšky, a díky tomu je možné rozpoznat zásahy do krajiny z minulosti, které ze země nejsou patrné (Gojda a Hejcman 2012). I když se o přítomnosti těchto mohyl, díky letecké archeologii, vědělo už delší dobu, samotný archeologický odkryv započal teprve v roce 2021 a to v rámci

projektu Grantové agentury České republiky „Eneolitické dlouhé mohyly v Čechách a rekonstrukce rituální krajiny pod Řípem“.

## **2 Cíle práce**

V této práci se pokusím zjistit:

1. Liší se jednotlivé půdní vrstvy v obsahu antropogenních prvků, pokud ano jak?
2. Je rozdíl v obsahu antropogenních prvků mezi ornicí a podorničím a jak se mezi sebou liší obsahy prvků mezi výplněmi objektů jako je žlábek kolem mohyly a hroby?
3. Byla mohyla vybudována na místě, které bylo před stavbou a nebo později využíváno k sídelním činnostem?

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Eneolit**

Český eneolit se dlouho označoval jako „doba přechodní“, jelikož se jednalo o období na rozhraní mezi neolitem a dobou bronzovou (Stocký 1926, Schránil 1928). Toto období bylo tvořeno skupinami, které žily v Čechách současně a pocházely z nejrůznějších směrů, a poté „stmelovacím procesem“ splynuly v únětické kultuře doby bronzové (Filip 1948). Samotný termín eneolit se v české archeologii začal více objevovat od konce 2. světové války, kdy se začala budovat relativní chronologie, poznáváním typologie a periodizací jednotlivých eneolitických skupin (Böhm 1941).

#### **Rozpoznání eneolitu**

Mezi nejvýraznější rysy eneolitu patří přílohové zemědělství s využitím oradla a tažných zvířat nebo změny v hierarchizaci společnosti. Proměnila se také sídelní struktura, v eneolitu výrazně přibýlo dokladů osídlení výšinných poloh. Dalším významným znakem je využití a zpracování mědi. Je však nutné podotknout, že v tomto období se používala měď především na výrobu ozdob a zbraní, ne na výrobu nástrojů (Neustupný 2008a). V této době vznikají mohylová pohřebiště, která jsou následně kontinuálně osazovaná i v době bronzové (Neustupný 1998).

#### **3.1.1 Geneze mohylového pohřbívání v eneolitu**

Eneolit na českém území spadá přibližně do období od 4500/4400 př. n. l. do 2300/2200 př. n. l.. Dále se dělí na: časný, starší, střední a mladší eneolit.

Pohřební areály v eneolitu představují zcela nový kulturní rys, neboť jsou poprvé tvořeny mohylami. Jedná se o uměle navržený hliněný nebo z části kamenný násep nacházející se na kostrovém či žárovém hrobu. Rozsáhlá mohylová pohřebiště byla tvořena v časném a starším eneolitu dlouhými mohylami předmegalitického typu, které dosahovaly délky až několik desítek metrů, ojediněle i přes 140 metrů. V mladším eneolitu převládají mohylové násypy v kultuře se šňůrovou keramikou okrouhlé, o průměru asi 10 metrů (Neustupný a Smrž 1989). Pohřebiště z období

eneolitu jsou charakteristická tím, že jsou tvořena prostorově vymezenými skupinami hrobů, ukrywající pravděpodobně jednotlivé rodiny (Neustupný 1983).

### **Časný eneolit – 4 400 – 3800 let př. n. l.**

Časný eneolit lze rozdělit do dvou stupňů: I. starší stupeň, který je tvořen pozdně lengyelskou skupinou a starší jordanovskou skupinu. II. stupeň časného eneolitu tvoří skupiny jordanovské a michelsbergské se schussenriedskou keramikou. V rámci schussenriedu nešlo přímo o samostatnou skupinu, nýbrž o převážně o bohatě zdobené džbány vyskytující se v různých souvislostech (Neustupný 2008b).

Z časného eneolitu známe malé množství hrobů, většina patří do jordanovské skupiny. Hroby ostatních skupin jsou jen velmi vzácné. U těchto hrobů se vždy zaznamenával jen vnitřek hrobové jámy s větším počtem hrobových přídavků (keramika, ozdoby). Hroby z časného eneolitu jsou kostrové a těla jsou ukládána ve skrčené poloze (Novotný 1950, Neustupný 2008b).

V časném eneolitu bylo rozšířeno pohřbívání do dlouhých mohyl, které se podobaly neolitickým domům, ale lišily se od nich v několika případech, např. malou šířkou (Childe 1949). Tyto hroby nazýváme předmegalitické, protože předcházejí megalitické hroby, na jejichž budování byly využity velké kamenné bloky. Do předmegalitických hrobů byly pohřbívání jednotlivci nebo i další osoby do jejich náspů (Neustupný 2001).

### **Starší eneolit – 3800 – 3350 let př. n. l.**

Pro starší eneolit je charakteristická kultura nálevkovitých pohárů a v menší míře i nejstarší badenská kultura. V Čechách se kultura nálevkovitých pohárů rozprostírala od Kadaňska přes Bílinsko, Pooohří a Litoměřicko, ve Středočeském kraji pak od pražsko-slánské oblasti k Čáslavsku. Menší výskyt je doložený i na Chrudimsku, Pojizeří a Královéhradecku (Zápotocký 2013).

Nejvýraznější pohřební formu kultury nálevkovitých pohárů představují dlouhé mohyly obdélného či trapézového půdorysu (Neustupný 2001). U této formy převažuje kostrové pohřbívání, ale díky nálezům z Moravy nelze vyloučit ani žárový způsob. Důležitá je u dlouhých mohyl jejich orientace, nejčastěji jsou budovány ve

směru východ-západ. Stejně tak hraje důležitou roli i poloha těla v hrobě, ve většině případů byla těla ukládána ve skrčené poloze na pravém či levém boku. Kromě hrobů v prosté zemi se budovaly i hroby s kamennou konstrukcí postavenou na vícero způsobů. Povrch hrobů byl většinou prostý, jen ve výjimečných případech je na povrchu doložena kamenná dlažba překrytá náspem. Do hrobů byly vkládány nádoby, zbraně a ozdoby (Zápotocký 2013).

Nejznámější publikovaný výzkum dlouhých mohyl proběhl v Březně u Loun, kde bylo původně předmětem výzkumu neolitické sídliště. Po nález dvou monumentálních pohřebních objektů nicméně došlo ke změně zaměření výzkumu. Celkem bylo odhaleno pět hrobů spadající nejpravděpodobněji do období kultury nálevkovitých pohárů (Pleinerová 1980). Jako další příklad dlouhé mohyly z kultury nálevkovitých pohárů lze zmínit nález u Velkých Žernosek, kde bylo nalezeno několik hrobů. Hroby byly rozděleny do dvou skupin, přičemž pět hrobů z jedné skupiny leží v jedné řadě, která tak může naznačovat osu dlouhé mohyly (Kryštof a Švejcar 2013). Dalšími příklady mohou být nálezy mohyly v Žatci, Nymburce nebo u obce Dušníky (Holodňák 2006, Motyková 1998, Wallererová 2022). Do tohoto období spadá i mohyla u Vražkova, která je předmětem této práce.

### **Střední eneolit – 3350 – 2800 let př. n. l.**

Osou kulturního vývoje Čech ve středním eneolitu se stává badenská kultura. Vedle ní se objevují kultury bošácká, řivnáčská, chamská a kultura kulovitých amfor. Pro řivnáčskou kulturu je typické souběžné praktikování kostrového i žárového způsobu pohřbívání. Těla byla rituálně uložena v kostrových hrobech či popelnicích. Dlouhé mohyly charakteristické pro kulturu nálevkovitých pohárů se tomto období nevyskytují (Zápotocký 2008). Hroby kultury kulovitých amfor se na českém území vyskytují ojediněle. V dosud zjištěných případech se jedná o hroby s těly ve skrčené poloze, která jsou uložena v obdélníkových jámách bez známek dalších úprav (Dobeš 2008).

### **Mladší eneolit – 2800 – 2200 let př. n. l.**

V mladším eneolitu rozlišujeme 2 kultury, a to kulturu se šňůrovou keramikou a kulturu zvoncovitých pohárů. Původně se u kultury se šňůrovou keramikou

uvažovalo pouze o plochých hrobech, jelikož ve většině případů se nedochovaly žádné náspy. Nicméně vzdálenost mezi jednotlivými hroby na pohřebištích dokládá opak. Důvodem proč se do dnešní doby nezachovaly náspy, jsou zemědělské práce, které mohly prakticky beze zbytku zničit. Převážně se jednalo o kostrové hroby s obdélníkovým půdorysem se zaoblenými rohy, ve výjimečných případech oválné. Pohřebiště z období zvoncovitých pohárů se vyskytují spíše v menším rozsahu. Několik relativně dobře zachovalých mohyl se nachází na lesních lokalitách na Moravě. Příkladem může být mohylové pohřebiště v Dřevohostickém lese na východní Moravě (Hejzman a kol. 2013). Většina zkoumaných pohřebních skupin má do pěti pohřbů a lze předpokládat, že jde jen o fragmenty větších pohřebních celků (Neustupný 2008c, Turek 2008).

Obě zmiňované kultury měly striktní pravidla pohřbívání, která byla odlišná pro mužské a ženské pohřby. V kultuře se šňůrovou keramikou se pokládaly těla na bok nebo na záda s pokrčenými nohama. Obě pohlaví měla obličej obrácený k jihu, ale muži leželi na pravém boku hlavou k západu a nohama k východu, zatímco ženy ležely obráceně - hlavou k východu a nohama k západu. Pohlaví zemřelých ovlivňovalo i to, jaké přídavky byly do hrobů mužů a žen vkládány. K mužům se dávaly např. sekeromlaty a k ženám náhrdelníky. V kultuře zvoncovitých pohárů byly muži uloženi na levý bok s hlavou orientovanou k severu, ženy naopak na pravý bok, hlavou k jihu tak, že zemřelí obou pohlaví hleděli na východ. Pohlaví odpovídaly i přídavky, mužské hroby obsahovaly např.: šípy, hroty, luky nebo dýky. U ženských hrobů se jednalo o destičky na spínání vlas, záušnice nebo knoflíky (Neustupný 2008c, Turek 2008).

### **3.1.2 Fenomén dlouhých mohyl v Evropě**

#### **Velká Británie**

Na území Velké Británie vznikaly mezi lety 4000 – 3000 př. n. l. megalitické stavby, lišící se strukturou i materiálem. Znamé jsou především kamenné objekty, ale ne všude bylo tohoto materiálu dostatek, proto vedle kamenných staveb vznikaly i hlinito-dřevěné stavby. Kolem roku 3800 př. n. l. vznikaly dlouhé trapézové nebo obdélníkové mohyly ukrývající jeden či více hrobů. V některých případech je jeden z konců mohyly upraven do tzv. předsíně, která nejspíše sloužila pro vykonávání rituálů.



Důležitou roli v umístění mohyl hrála místní topografie, jelikož se často nacházely u vrcholků strmých svahů (Darvill 2016).

Na britských ostrovech se nachází tisíce dlouhých mohyl. Mezi největší dlouhé mohyly patří West Kennet nebo Wiltshire, měřící více než 100 m. West Kennet je jednou z nejprozkoumanějších prehistorických památek ve Velké Británii. Vznikla pravděpodobně kolem roku 3600 př. n. l. a obsahovala pozůstatky 46 jedinců (Darvill 2016).

## **Polsko**

Kulturně bližší je naší zemi Polsko, které má na rozdíl od České republiky pokročilejší výzkum dlouhých mohyl. To je dáno i tím, že na území Polska je zachováno velké množství těchto objektů, především v oblasti Kujavska a v říčních údolích u pobřeží Baltského moře. Nejstarší bezkomorové mohyly v Kujavsku se datují do období kolem 4500 př. n. l. Později se začaly budovat mohyly s monumentální kamennou konstrukcí, nicméně v letech 3700 – 3200 se od této formy upustilo. V této době se mohyly zmenšily a byly tvořeny dřevěnou nebo kamennou konstrukcí. Významné jsou objevy na jihu Polska, které indikují, že dlouhé mohyly tvořily velké a složité ceremoniální komplexy, které byly ohrazené příkopy a valy (Pospieszny 2006).

## **Německo a Nizozemsko**

Pro prehistorickou krajinu Severozápadního Německa a Nizozemska jsou megalitické stavby poměrně běžné. Dlouhé mohyly, spadající do kultury nálevkovitých pohárů, byly tvořeny obrovskými balvany nebo dřevěnými konstrukcemi, které byly ohrazené mělkým příkopem. V německé oblasti Mecklenburg-Vorpommern je známo kolem 1200 megalitických staveb (Garcia a Ferrer 2007).

Na závěr této kapitoly je důležité podotknout, že dlouhé mohyly byly objeveny i v dalších evropských zemích, ale pro účely této práce jsem vybrala pouze pár příkladů k přiblížení fenoménu dlouhých mohyl v Evropě. Další důležitou poznámkou je fakt,

že mohylové pohřbívání není jen záležitostí eneolitu, ale i dalších období, jelikož mohyly vznikaly dále až do středověku.

## **3.2 Nedestruktivní archeologie**

Nedestruktivní archeologie se dá chápat jako soubor metod, kterými se vyhledávají a zkoumají archeologické prameny, bez destruktivního zásahu do archeologického naleziště nebo krajiny. Na cíle nedestruktivní archeologie se dá nahlížet dvěma pohledy. Prvním z nich je využití nedestruktivní archeologie jako formu průzkumu, kdy jde o vyhledávání archeologických pramenů v krajině. Samotný výzkum místa se poté provádí jinou metodou, např. archeologickým výkopem. V tomto pojetí je na nedestruktivní archeologii nahlíženo spíše jako na předběžnou či doplňující metodu. Druhá forma pojetí má širší význam. Na nedestruktivní archeologii se už nenahlíží jako na pomocný krok před daným výzkumem, nýbrž jako na samostatný výzkum archeologického pramene. V tomto případě nedestruktivní archeologie klade vlastní otázky a má své postupy k jejich řešení. Hlavní výhodou nedestruktivních metod představuje jejich šetrnost k archeologickým památkám. Oproti tomu destruktivní archeologie (archeologické výkopy), nenávratně narušuje archeologický pramen (Kuna 2004).

Existuje několik metod nedestruktivní archeologie, pro účely této práce si přiblížíme jenom některé z nich. První z nich je dálkový průzkum pomocí leteckého snímkování, touto metodou byla objevena i mohyla u Vražkova (Gojda a kol. 2011).

### **3.2.1 Dálkový průzkum země**

Dálkový průzkum země (DPZ) představuje soubor metod k získávání informací o zemském povrchu. Počátky využití DPZ v archeologii lze spojovat s pojmem letecká archeologie, která dokáže velice dobře pracovat v prostoru a objevovat velké množství nových archeologických lokalit. Pojem letecká archeologie představuje činnosti spojené se získáváním snímků z výšky sta metrů až kilometrů, s vizuálním průzkumem krajiny a s interpretací získaných obrazových pramenů. Letecká archeologie je nedílnou součástí krajinné archeologie, neboť informace získané touto metodou umožňují analyzovat a rekonstruovat zaniklou krajinu. Díky

širokému prostorovému záběru dokáže hledat vazby mezi sídelními a hospodářskými částmi krajiny a okolním přírodním prostředím (Gojda 2004, 2017).

Hlavní výhodou, kterou přináší letecká archeologie, je možnost rozpoznat zásahy do krajiny z minulosti, které jsou pozorovatelné jenom z větší vzdálenosti. Archeologické objekty mohou být skryté pod vrstvou zeminy a jejich pozůstatky lze v krajině detekovat jenom díky příznakům, které signalizují jejich přítomnost. Tyto příznaky se dělí na přímé a nepřímé. Mezi přímé příznaky patří odlišné zbarvení půdy nad objektem a světelné efekty kopírující reliéf terénu. Do nepřímých příznaků řadíme vegetační příznaky, vyprahlostní, sněžné a vlhkostní příznaky (Gojda 2004).

### **Vegetační příznaky**

Vegetační příznaky jsou nejvýznamnějším indikátorem antropogenních i přírodních podpovrchových objektů. Vznikají právě v souvislosti přítomnosti objektu pod povrchem, který mění chemické složení půdy. Tato změna má vliv na růst vegetace, která se na daném místě nachází. Vegetační příznaky můžeme dělit na pozitivní a negativní. O pozitivní příznacích se mluví tehdy, je-li výška a hustota plodin nad objekty větší než u plodin v okolí (Gojda 2004). Pozitivní vegetační příznaky indikují objekty, které vznikly zahloubením, jako např.: příkopy, zahloubená obydlí, základové žlaby domů, jámy různého účelu, hroby apod.. Právě v těchto objektech se hromadí humusovité složky, které zlepšují podmínky růstu plodin rostoucích nad objekty (Obrázek 1). Výplň objektu má zároveň často i menší propustnost a lépe zadržuje vodu a prodlužuje tak vegetační období plodin, zejména na lehčích pískovitých půdách (Hejcman a kol. 2011). O negativních příznacích se naopak hovoří tehdy, pokud je výška plodin menší než v okolí, zároveň se mohou projevit i změnou barvy plodiny. Tyto příznaky se objevují nad konstrukcemi z pevných materiálů, např.: nad základy zdí nebo nad starověkými cestami s vysoce zhutněnými půdními vrstvami, které zasahují nad spodní úroveň dosahu kořinek rostlin a ty tak nejsou dostatečně zásobovány vodou a živinami (Gojda a kol. 2011).



Obrázek 1: Projev pozitivních vegetačních příznaků na mohyle u Vražkova na podkladu ortofoto mapy ČR.

### 3.2.2 Geochemická analýza

Geochemická analýza zahrnuje velké množství metod, které zkoumají chemické vlastnosti zeminy. Mezi ně patří: stanovení zrnitosti zemin, objemové hmotnosti půdy, barvy zemin, pH zemin, obsahu lipidů prvků apod.. Je nutné podotknout, že geochemická analýza se musí provádět na místě, které prošlo již archeologickým průzkumem nebo je jeho historie archeologům známa z historických pramenů. Správná interpretace dat je totiž silně závislá na znalosti charakteru sídelních aktivit v různých obdobích, proto je spolupráce s archeologem vždy velmi důležitá (Majer 2004).

#### Stanovení obsahu prvků v půdě

Hlavní výhoda stanovení obsahu prvků v půdě spočívá v tom, že dokáže prokazovat jevy, jejichž příčiny nemůžeme dnes archeologicky stanovit. Jako příklad si můžeme uvést fosfor (P), který se už v minulosti osvědčil jako dobrý indikátor sídelních aktivit, díky jeho stabilitě v půdě. Jeho zvýšený obsah v půdě může vznikat

ukládáním organického odpadu a popelů poblíž obytných objektů nebo v důsledku chování domácích zvířat. Důležitou roli může hrát při průzkumu hrobů, kdy se hrob našel prázdný nebo má nezvyklé rozmístění kosterních pozůstatků (Majer 2004, Holliday a Gartner 2007).

Kromě P existuje řada dalších prvků, jejichž obsah v půdě dokáže přiblížit povahu lidských aktivit z historických dob. V některých případech se může stát, že P má nižší obsah než jiné naměřené prvky půdy, a ty tak lépe mohou vykazovat určitý vzorec. Z tohoto důvodu se provádí tzv. víceprvková analýza (*multi-element analysis*; Entwistle a kol. 1998, 2000). Prvky které často fungují jako dobré indikátory dřívějších lidských aktivit se obecně označují jako prvky antropogenní, kromě P mezi ně patří: vápník (Ca), draslík (K), hořčík (Mg), mangan (Mn), měď (Cu), zinek (Zn) (Milek a Roberts 2013, Oonk a kol. 2009, Šmejda a kol. 2018). Vápník je spojován především s přípravou jídla (Misarti a kol. 2011). Je důležitou součástí zubů a kostí (Cannell a kol. 2018) a nachází se také v dřevěném uhlí a popelu (Wilson a kol. 2008). Draslík a hořčík mohou hrát v archeologii důležitou roli, jelikož jsou součástí jílovitých půd. Jíl byl v historii používán jako stavební materiál, proto tyto prvky dobře indikují zaniklé osady a obytné objekty (Žabičková a kol. 2016). Vyšší obsah Mn se může vyskytovat na místech, kde se dřív vyhazoval organický odpad, sypal popel, nebo se hojně využívala hnojiva (Wilson a kol. 2008). Měď a zinek jsou spojeny s dřívějšími lidskými aktivitami především díky procesům zpracování kovů (Carey a kol. 2014) a vyskytují se také popelech, protože se jedná o biogenní prvky (Canti 2003). Měď je důležitým stavebním prvkem kostí, proto má Cu zvýšený obsah na místech, která jsou spojená s pohřebními rituály (Cannell a kol. 2018). Mimo již zmíněných prvků se dají jako indikátory lidských aktivit využít i další antropogenní prvky jako např.: stroncium (Sr), rubidium (Rb), cesium (Cs), baryum (Ba), olovo (Pb) apod., ale vždy záleží na charakteru zkoumaného místa (Entwistle a kol. 2000, Wilson a kol. 2008).

### **3.3 Antropogenní půdy**

Antropogenní půdy jsou půdy, které na rozdíl od přírodních půd byly ovlivněny, změněny nebo vytvořeny lidskou činností. Vyskytují se po celém světě, nicméně jsou hojně spojovány s Evropou. Obvykle mají vlastnosti, které leží mimo rozsah přírodních typů půd a vyžadují klasifikaci jako jiný typ půdy. Antropogenní

půdy se vážou na městské prostředí, těžbu nerostných surovin, zemědělskou činnost a na archeologická naleziště (Howard 2017).

Podle půdní matečné horniny lze rozlišit dva základní typy antropogenních půd: metagenické a neogenické. Metagenické půdy jsou tvořeny z člověkem pozměněné matečné horniny, jedná se tedy o již existující půdy, které byly rozsáhle modifikovány člověkem na daném místě. Tyto půdy jsou charakteristické pro zemědělské prostředí, lidská obydlí a pro historická obřadní a pohřební místa. Neogenické půdy vznikají z člověkem přenesených materiálů, které byly vytvořeny a uloženy uměle jako přímý důsledek lidské činnosti. Neogenické půdy jsou spojovány s těžebními činnostmi, městskou zástavbou a mohylami, kde dochází k přemístování půdního materiálu (Howard 2017).

### **3.3.1 Antropogenní půdy v archeologii**

Antropogenní půdy se vyskytují na archeologických nalezištích, kde člověk ovlivnil půdu svou zemědělskou činností, obřadními a pohřebními činnostmi. Může se jednat o povrchové půdy obsahující jednoduché kamenné nástroje na odlehlých venkovských místech nebo složité archeologické vrstvy v hustě osídlených lokalitách, které jsou bohaté na artefakty. Antropogenní archeologické půdy jsou půdy, které byly výrazně ovlivněny dlouhodobými přídávky organických zbytků (např. rostlinný materiál, kosti, dřevěné uhlí) a nebo anorganického materiálu (např. keramika, cihly, schránky měkkýšů). Kromě změn chemických vlastností, mohlo docházet k výrazným fyzikálním změnám zhutněním půdy, výkopy a ukládáním půdy. Archeologické půdy mohou být tudíž jak metagenické, tak neogenické (Holliday 2004, Howard 2017).

Rozlišuje se 6 základních typů antropogenních archeologických půd: plaggické, pretické, middenové, evropské tmavé země, půdy mohylové a půdy hřbitovní. Tyto půdy se od sebe vzájemně liší svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Existují však dvě charakteristiky, které mají podobné: obohacení organickým uhlíkem a přítomností artefaktů (Howard 2017).

### **Plaggické půdy**

Plaggické půdy vznikaly během zemědělské činnosti, kdy člověk v průběhu mnoha let přidával do půdy směs drnů a hnoje. Docházelo k tomu především v severní Evropě během středověku. Cílem bylo zlepšení produktivity písčitých půd s malou úrodností, ve snaze udržet souvislou produkci žita. Dlouhodobé přidávání organické hmoty vedlo k vytvoření uměle zhutněného horizontu A (Howard 2017).

### **Pretické půdy**

Podobně jako plaggické půdy se i pretické půdy vyznačují uměle nadměrným zhutněním horizontu A, který je obohacený organickou hmotou. Zdrojem uhlíku byl ale v tomto případě biochar a další organický odpad přidávaný do půdy. Tyto půdy se vyskytují na rozsáhlém území tropického deštného pralesa v povodí řeky Amazonky v Brazílii a na severovýchodě země. Pretické půdy vznikly jedinečnou zemědělskou činností původních obyvatel amerického kontinentu a často obsahují archeologické nálezy (Howard 2017).

### **Middenové půdy**

Middenové půdy jsou spojeny s kuchyňskou činností, kdy lidé záměrně vyhazovali zbytky jídla na určité místo. Často se nacházelo v neurbanizovaném, odlehlém prostředí, kde se pravěcí kočovní lidé ze severní a jižní Ameriky dočasně usadili. Vyhazovaný odpad obsahoval: zvířecí kosti, schránky měkkýšů, semena, dřevěné uhlí, popel a další rostlinné zbytky. Na těchto místech se následně během staletí vytvořila černá, organicky bohatá svrchní vrstva půdy. Middenové půdy jsou typické pro pobřežní mořské oblasti, ale mohou se vyskytovat i ve sladkovodních oblastech (Howard 2017).

### **Evropské tmavé země**

Evropské tmavé země se nacházejí v sídlištích s minulostí sahající až do středověku a starověku jako jsou: Londýn, Paříž, Brusel, ale i další. Konkrétně v Londýně tato půda vzbudila velký zájem archeologů, jelikož se předpokládalo, že její původ souvisí s historií Londýna z doby temna (raného středověku), o které je jen málo

písemných historických záznamů. Nicméně původ těchto půd se nepodařilo s jistotou prokázat. Evropské tmavé země se projevují velice tmavou hnědou barvou a obsahují fosfáty a organický uhlík (Howard 2017).

### **Hřbitovní půdy**

Jak už název napovídá, jedná se o půdy vytvořené na pohřebních místech. Jáma hrobu obsahující lidské ostatky je zasypana stejnou zemínou, která byla předtím z hrobu odstraněna. I když se zemina nasype na hrob, vždy zůstane nějaké přebytečné množství zeminy, které je buď ponecháno na místě, kde bylo navršeno při kopání hrobu, nebo se rozhrne, a nebo se přemístí někam jinam. Navršená zemina je obohacena o organickou hmotu vzniklou pohřbem a množstvím artefaktů. Narozdíl od zemědělsky vzniklých antropogenních půd, které jsou výsledkem přidavku organické hmoty na zemských površích, má půda z hrobů organicky bohatou podpovrchovou vrstvu, která vzniká akumulací humusu pocházejícího z rozkladu pohřbených lidských ostatků (Howard 2017).

### **Mohylové půdy**

Mohyly byly v Evropě často budovány nad jedním původním hrobem a vznikaly tak další nové vrstvy. Některé z nich vykazují známky zemědělské činnosti v době, kdy byly budovány. Půdy mohyl mají často navýšený obsah organického uhlíku a celkového fosforu vlivem rozkladu pohřbených lidských ostatků, jako tomu je u hřbitovních půd (Howard 2017).

## **3.4 Rentgenová fluorescenční spektrometrie**

### **3.4.1 Princip fungování**

V nedestruktivní archeologii existuje mnoho různých technologií, využívaných ke zkoumání půdy nebo archeologických nálezů. V archeologii se vedle optické spektrometrie (ICP-OES) a atomové hmotnostní spektrometrie (ICP-MS) nejčastěji využívá stále více populární rentgenová fluorescenční spektrometrie (XRF, Save a kol. 2020).



Základním principem XRF spektrometrů je ozáření zkoumaného vzorku rentgenovým zářením, díky tomuto záření jsou elektrony vyraženy z vnitřních vrstev atomu. Vzniká tak volný prostor, který se elektrony z vyšších vrstev snaží zaplnit a tím dojde k emisi sekundárního rentgenového záření (fluorescenci). Uvolněná energie má určitou vlnovou délku, která je specifická pro každý prvek. K měření emitovaného záření slouží detektor spektrometru, ze kterého se pomocí příslušného softwaru získají potřebné kvantitativní údaje. Rozlišují se 2 typy rentgenových fluorescenčních spektrometrů – vlnově disperzní (WD) a energiově disperzní (ED) podle toho, jakým způsobem se emitované záření měří (Laing 1981, Pollard a kol. 2007). Výhoda této metody spočívá v její snadné proveditelnosti, rychlosti a poměrně nízké ceně. XRF spektrometry mohou být přenosné nebo laboratorní. U přenosných zařízení je výhodou, že se dají použít přímo v terénu (Hunt a Speakman 2015).

### **3.4.2 Využití v archeologii**

V archeologii má XRF spektrometr širokou škálu využití, dokáže zjistit složení jak archeologických artefaktů, tak i přírodních pramenů. Takto získané informace, o půdě, sedimentech nebo původu archeologických nálezů, mohou archeologům pomoci nastínit, jaké lidské aktivity se v historii odehrávaly na daném místě (Pollard a kol. 2007).

#### **Půdy**

Půdy a jejich chemické složení mohou být zásadně ovlivněny lidskou činností. Někdy jsou půdy a sedimenty samotným archeologickým nalezištěm, jelikož jsou svým charakterem a stratigrafií schopné poskytnout důkazy nebo přinést informace doplňující archeologický kontext. XRF spektrometr dokáže zjistit obsah prvků v půdě či sedimentech a podle zjištěných výsledků lze porovnat rozdíly v chemickém složení půd na zkoumané lokalitě a zjistit tak, zda místo bylo ovlivněno lidskou aktivitou či nikoliv (Pollard a kol. 2007). V Tel Burně v Izraeli probíhal výzkum archeologické lokality, kde byly měřeny obsahy antropogenních prvků v půdách za použití XRF spektrometru. Nejsilnější chemický signál měl P, ale i u dalších antropogenních prvků jako K, Zn, Cu byly naměřeny vysoké hodnoty, především na poli, pastvině a v místě opevnění (Šmejda a kol. 2017, Šmejda a kol. 2018). Carey a kol. (2014) prováděl

výzkum půd v místě, kde se zpracovávaly kovy a výsledky odhalily navýšené obsahy kovů v sedimentech.

### **Keramika**

Kromě půd se XRF využívá ke zkoumání samotných artefaktů. Je tak možné určit složení základního materiálu a podle toho odhadnout původ keramiky a technologii výroby. Prostřednictvím zjištěného zastoupení oxidů prvků, lze určit minerální složení keramiky (Slavíček a kol. 2016). Kromě samotného složení keramiky, dokáže spektrometr analyzovat dochované barvy a glazury. Jako výzkumné předměty mohou být použity úlomky nádob, kachle, pokličky a kahany (Slavíček a kol. 2020).

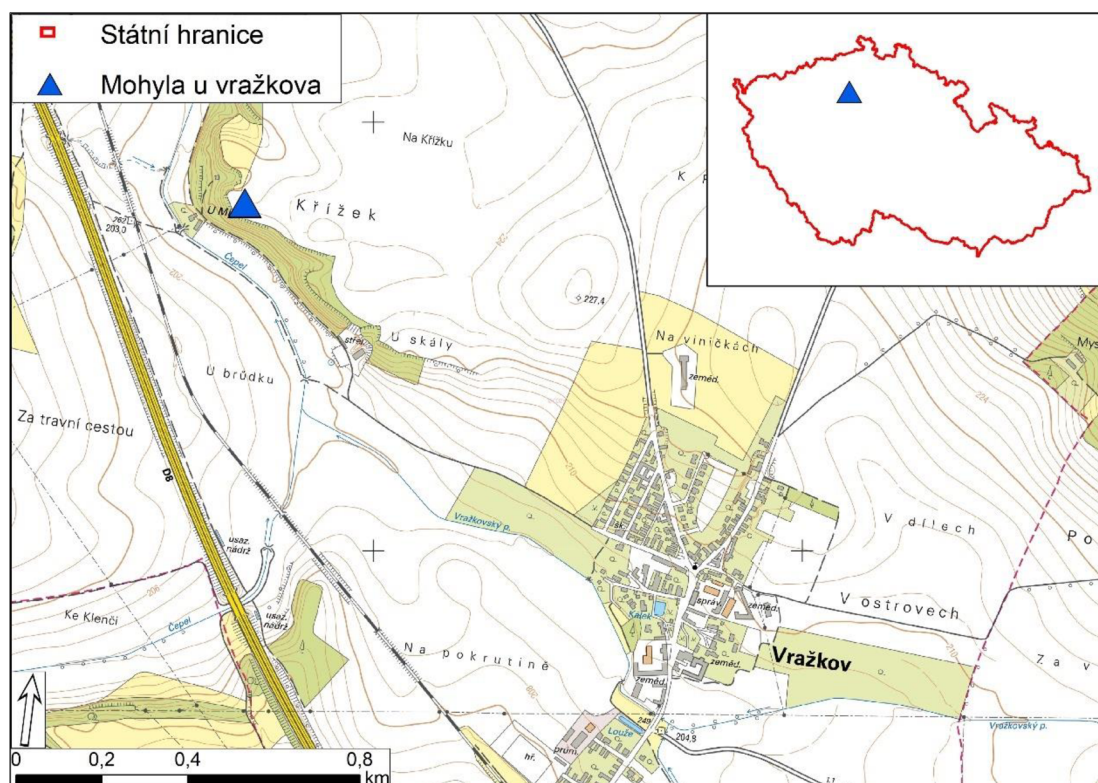
### **Obsidián**

Podobně jako u keramiky se XRF spektrometr používá i ke zjišťování prvkového složení a původu obsidiánu. Jedná se o horninu označující se jako přírodní sklo, která vzniká sopečnou činností. Jde o poměrně tvrdý materiál, proto se využíval na výrobu pracovních nástrojů (Creig a kol. 2007). Metoda XRF byla využita u několika studií na odhalení původu obsidiánových archeologických nálezů. Creig a kol. (2007) studoval 68 vzorků obsidiánu z oblasti v jižním Peru a původ byl prokázán u 66 vzorků. Jiná studie se zaměřila na obsidiány z raného neolitu, kdy byla provedena analýza zdrojů obsidiánu, na základě které byly odhadnuty obchodní cesty v oblasti Středozemního moře (Tykot 2002).

## 4 Charakteristika zájmového území

### 4.1 Dlouhá mohyla u Vražkova

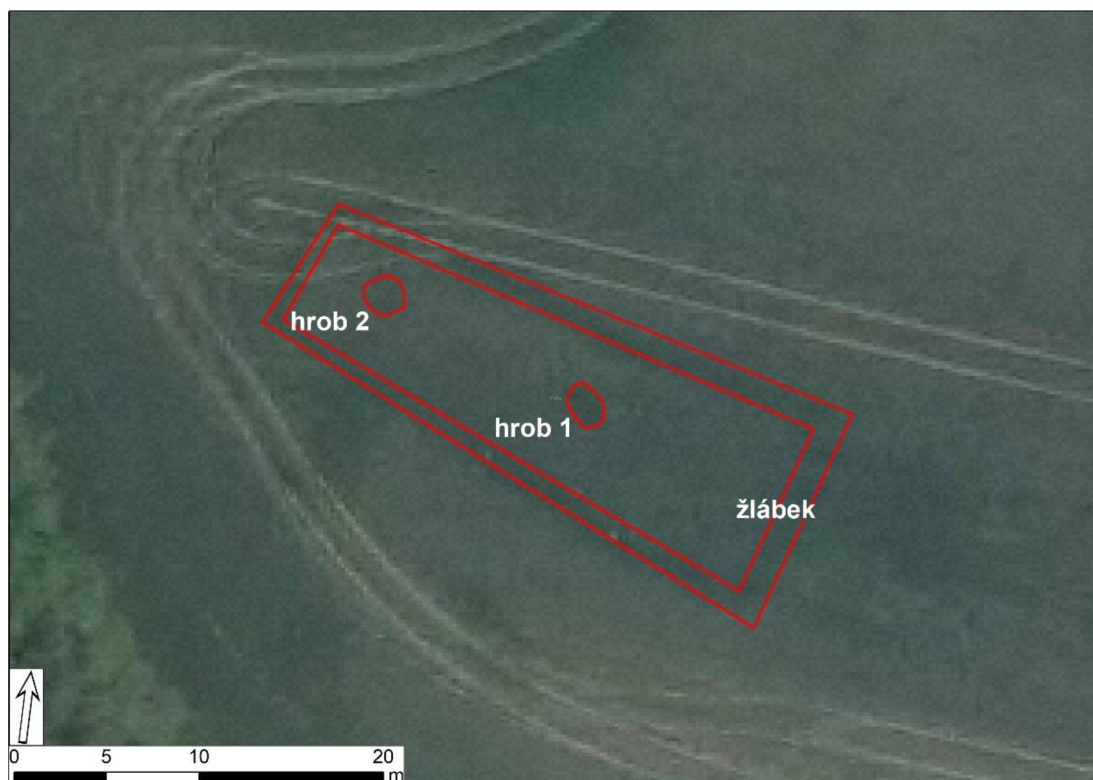
Pravěká mohyla, která je předmětem této práce, se nachází v Ústeckém kraji, v okrese města Litoměřice mezi obcemi Vražkov a Kleneč, necelé 3 km vzdušnou čarou od hory Říp (Obrázek 2). Okolí Řípu bylo v minulosti několikrát zkoumáno pomocí leteckého snímkování. Díky pozitivním a negativním vegetačním příznakům bylo objeveno několik archeologických lokalit. Jednou z nich je i mohyla u Vražkova, kromě ní byly nalezeny a zkoumány i další mohyly např. mohyla u obce Dušníky nebo u obce Straškov (Gojda a Hejcman 2012). Oblast Podřipska je bohatá na výskyt mohyl, což může být dáno existencí Řípu, který jinak v rovinnaté krajině tvoří přírodní dominantu a v historii mohl mít pro lidi duchovní význam (Turek 2021).



Obrázek 2: Poloha mohyly u Vražkova v České republice a detailní pohled umístění mohyly v základní mapě ČR.

Mohyla se nachází na zemědělské půdě a je lemována z jižní a západní strany lesním porostem. Jedná se o dlouhou mohylu trapézového půdorysu, orientovanou

směrem z jihozápadu na severovýchod. Rozměry delších stran lze odhadovat na 30 m, kratší strany se pak pohybují okolo 7 m a 11 m. Celková velikost mohyly činí přibližně 280 m<sup>2</sup>. Uvnitř mohyly se nachází dva bodové objekty představující hrobové jámy (Obrázek 3).



Obrázek 3: Vyznačení příkopu/žlábků mohyly a dvou hrobů na podkladě ortofoto mapy ČR.

## 4.2 Přírodní podmínky

### 4.2.1 Geomorfologie

Na území severních a východních Čech a severozápadě Moravy se nachází Česká tabule, která se dělí na 3 části – Severočeskou tabuli, Středočeskou tabuli a Východočeskou tabuli. Středočeská tabule se nachází v jižní části České tabule a rozkládá se podél řek Labe, Jizera a Ohře. Oblast Středočeské tabulce se dělí na 3 celky – Dolnooharská tabule, Jizerská tabule a Středolabská tabule. Dolnooharská tabule se dále dělí na 3 podcelky – Hazmburská tabule, Řipská tabule a Tereziňská kotlina (Demek a Mackovčín 2006).

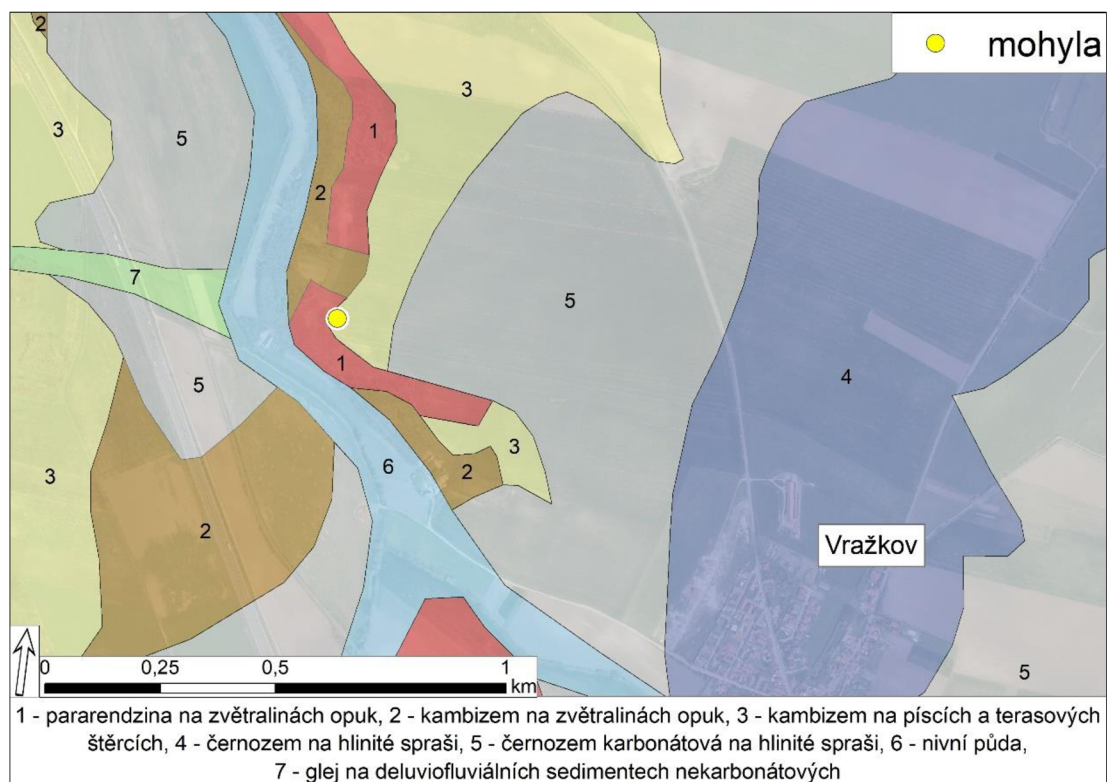
Mohyla u Vražkova se nachází na východní části Řípské tabule, konkrétně na Krabčické plošině. Jedná se o členitou pahorkatinu, která je charakteristická svým mírným zvlněním a plochými vyvýšenými terasami. Je tvořena turonskými slínovci, písčitymi slínovci, prachovci a spongility, které jsou převážně zakryté kvartétními fluvialními a eolickými sedimenty. Krabčická plošina představuje typický erozně akumulací povrch staropleistocenních teras Vltavy a Labe, krytých většinou sprašemi (Demek a Mackovčín 2006).

#### 4.2.2 Pedologické podmínky

Mohyla u Vražkova se nachází na půdní vrstvě, která je převážně tvořena pararendzinou a kambizemí. Půdotvorný substrát je tvořen zvětralinami opuk, pískem a terasovými štěrky (Obrázek 4).

Kambizem je nejrozšířenější půdní typ v České republice. Nachází se jak v pahorkatinách a vrchovinách, tak i v horách, jenom v nížinách není příliš zastoupena. Často se váže na členitý reliéf (svahy, hřbety, vrcholy apod.) a také na terasové písky a štěrky. Vyskytuje se převážně v humidních oblastech ve výškách 450 – 800 m. n. m.. Vzniká při intenzivním vnitropůdním zvětrávání. Z hlediska vývoje se jedná o mladý typ půdy, který v méně členitém terénu přechází po delší době na jiný půdní typ. Kambizem je zpravidla mělká a skeletovitá. Zrnitost je různá v závislosti na charakteru matečné horniny. Obsah humusu hodně kolísá a je zpravidla méně kvalitní. Sorpční vlastnosti se liší podle obsahu humusu a zrnitostním složení. V rámci zemědělské produkce se jedná o půdu střední až nízké kvality, ale může být velmi dobrým lesním stanovištěm (Tomášek 1995).

Pararendzina je obdoba kambizemě vyskytující se na vápnitých břidlicích, pískovcích, opukách a na karbonátových zvětralinách čedičů. Vyskytuje se lokálně, nezávisle na klimatických podmínkách a částečně i na nadmořské výšce. Většinou nevystupuje do vyšších poloh, jelikož se váže na výše uvedené substráty. Dominuje u ní proces humifikace a vnitropůdní zvětrávací pochody. Pararendzina je většinou mělká skeletovitá půda, jejímž hlavním znakem je přítomnost karbonátů. Sorpční kapacita u pararendziny je velmi závislá na zrnitosti, u silně skeletovitých profilů se objevuje značný sklon k vysychání. Z hlediska zemědělské produkce se jedná o horší půdy, především kvůli své skeletovitosti (Němeček a kol. 2008, Tomášek 1995).



Obrázek 4: Typy půd na podkladě půdní mapy ČR a ortofoto mapy ČR. Žlutý bod označuje umístění mohyly.

### 4.2.3 Klimatické podmínky

Podle Quittovy klasifikace se oblast Podřipska nachází v teplé oblasti s poměrně nízkým úhrnem srážek (Quitt 1971). Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje mezi 8-9 °C. Konkrétněji pro roční období je to: jaro 8-9°C, léto 15-16 °C, podzim 8-9 °C, zima -1 až 0 °C. Průměr ročních maxim teploty vzduchu je 32-33 °C. Průměr ročních minim teploty vzduchu je -17 až -16 °C. Z hlediska srážek je pro tuto oblast průměrný roční úhrn 500-550 mm a průměrná roční maxima denních úhrnů srážek 35-40 mm. Průměrný sezónní počet dní se sněžením je 50-60 dní a průměrná roční relativní vlhkost vzduchu je 75-80% (Tolasz 2007).

### 4.2.4 Vodoteče

Současná vodní síť je na Podřipsku poměrně řídká. Proces odlesňování, který byl započat již v mladším pravěku, a především intenzivní zemědělské využívání krajiny v poválečném období způsobilo nenávratnou změnu vodního režimu krajiny (Gojda a kol. 2011).

V blízkosti studované mohyly se nachází Vražkovský potok, který se vlévá do potoka Čepel. Potok Čepel následně obtéká mohylu ze západní strany a pokračuje dál na sever, kde se v Doksanech vlévá do řeky Ohře. Oba zmiňované potoky byly v pravěku důležitou osou sídelních aktivit (Gojda a kol. 2011).

## 5 Metodika

### 5.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků na mohyle u Vražkova probíhal v říjnu 2021, kdy proběhl archeologický odkryv mohyly v rámci projektu: Eneolitické dlouhé mohyly v Čechách a rekonstrukce rituální krajiny pod Řípem (projekt je řešen Univerzitou Karlovou v Praze – řešitel PhDr. Jan Turek, Ph.D. ve spolupráci se Západočeskou univerzitou v Plzni – řešitel PhDr. Petr Křišťuf, Ph.D. a Univerzitou Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem – řešitel prof. RNDr. Michal Hejzman, Ph.D. et Ph.D.). Nejdříve došlo ke skrývce ornice, ze které bylo odebráno několik půdních vzorků. Následovalo postupné odkrývání půdních vrstev ve třech sondách napříč mohylou. První sonda zahrnovala část příkopu na severu a jihu mohyly a hrob 1. Druhá sonda zahrnovala východní část mohyly s příkopem a třetí sonda obsahovala hrob 2 a část příkopu na severu a jihu mohyly. Mohyla byla odrývána po 10 cm vrstvách, ve kterých byly odebírány půdní vzorky (Obrázek 5). Odběr vzorků byl proveden členy týmu projektu, já osobně jsem se odběrů neúčastnila.



Obrázek 5: Odběr půdních vzorků z hrobu 2 (foto: Michal Hejzman)



Odebrané vzorky byly rozděleny do vrstev A, B a C. Nejedná se přímo o půdní horizonty, pro účely práce byly vytvořeny tyto umělé vrstvy, jelikož jednotlivé kategorie mají rozdílnou hloubku půdního profilu a byly ovlivněné člověkem. Vrstva A odpovídá ornici, vrstva B představuje podorničí a umělou antropogenní vrstvu a vrstva C představuje štěrkopískové podloží. Dohromady bylo odebráno 295 vzorků, 8 vzorků ve vrstvě A, 72 vzorků ve vrstvě B a 215 vzorků ve vrstvě C. V rámci těchto vrstev byly půdní vzorky rozděleny do následujících kategorií:

### **Vrstva B**

B ditch\_hoard – půdní vzorky odebrané u nalezeného depotu bronzových žeber v příkopu mohyly

B ditch\_low – půdní vzorky odebrané ve spodní části příkopu

B ditch up – půdní vzorky odebrané v horní části příkopu

B gr1\_bone – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, u nalezené kostry

B gr1\_inf25 – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, 25 cm nad kostrou

B gr1\_inf45 – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, 45 cm nad kostrou

B gr2\_clay – půdní vzorky odebrané v hrobě 2, v jílové vrstvě

B gr2\_inf – půdní vzorky odebrané v hrobě 2

### **Vrstva C**

C gr1\_body – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, přímo pod kostrou

C gr1\_body25 – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, ve vzdálenosti 25 cm kolem těla

C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – půdní vzorky odebrané v hrobě 1, 2 – 12 cm pod kostrou

C gr1\_out - půdní vzorky odebrané v hrobě 1, mimo kostrou

C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – půdní vzorky odebrané 2 – 12 cm od kostry v hrobě 1

C gr2\_pit – půdní vzorky odebrané v hrobě 2

C gr2\_output – půdní vzorky odebrané u hrobu 2 (mimo hrob)

## 5.2 Měření obsahu prvků v půdních vzorcích

Odebrané vzorky byly sušeny při pokojové teplotě a následně skladovány. Poté byly měřeny v laboratoři Fakulty životního prostředí na České zemědělské univerzitě v Praze. Následná metodika vychází z článku Janovský a kol. (2020). Nejdříve se vzorky rozmělnily v hmoždíři, aby se zvětšila měřená plocha všech zrn, a tím se zlepšila přesnost měření vzorků. Následně byly vzorky prosety sítem s velikostí ok 2 mm, k odstranění kamenů. Vzniklá jemnozem byla nasypána do kyvety a měřena v XRF spektrometru Delta Professional od výrobce Olympus InnovX. Každý vzorek byl měřen 1x po dobu jedné minuty.

## 5.3 Statistická analýza a mapové výstupy

Pro analýzu zkoumaného území byly vybrány tyto následující prvky: Al, Si, P, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Pb, Th, a LE (lehké prvky). Ostatní prvky, které spektrometr měřil, nebyly do statistické analýzy zahrnuty, jelikož častokrát vykazovaly nízké hodnoty pod mezi detekce V případě, kdy pouze několik málo vzorků vykazovalo hodnoty pod mezi detekce příslušného prvku, byla chybějící hodnota doplněna polovinou meze detekce, jedná se o prvky: P, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Pb a Th.

Všechny grafy a výpočty byly vytvořeny v programu R verze 3.6.3 (R Core Development Team 2020). Pro vyhodnocení rozdílů obsahů prvků mezi jednotlivými vrstvami, byl použit neparametrický Kruskal-Wallisův test, který srovnává navzájem mediány.

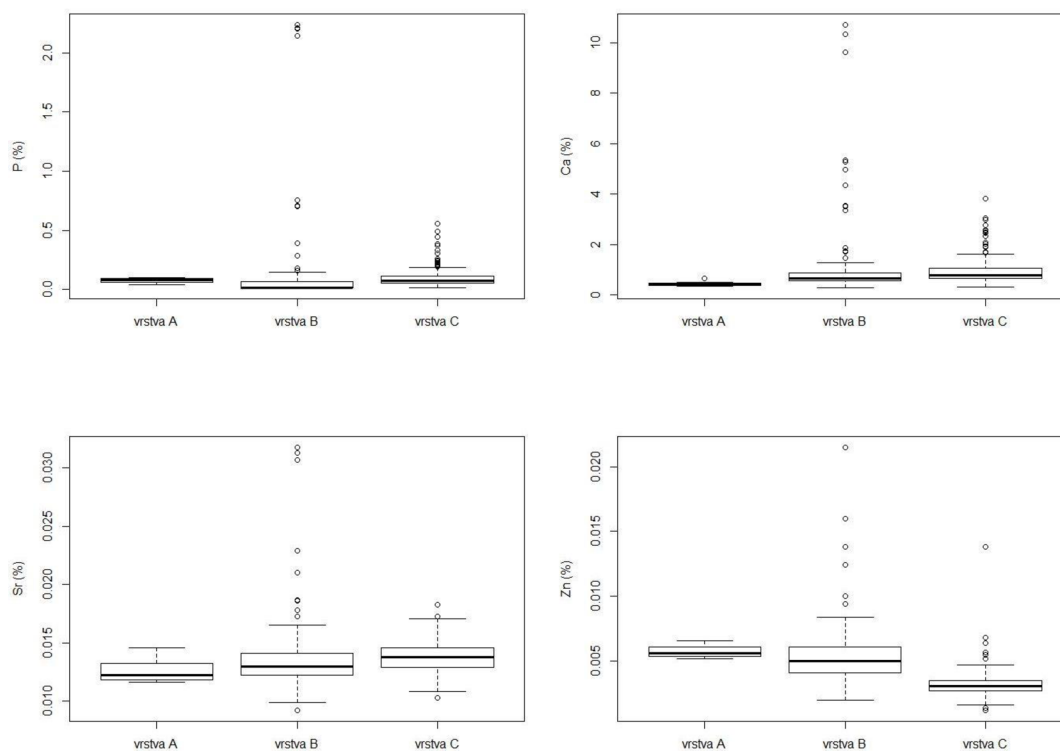
Mapové výstupy byly vytvořeny v programu ArcMap 10.8.1 (ESRI 2020). Pro poklad byly využity různé mapové vrstvy webové mapové služby (WMS) České republiky: základní mapa, ortofoto (Český úřad zeměměřický a katastrální) a půdní mapa (Česká geologická služba).

## 6 Výsledky

### 6.1 Popis vrstev A, B a C

#### 6.1.1 Obsahy prvků P, Ca, Sr a Zn

Obsah P byl ve vrstvě A v rozmezí 418 ppm – 989 ppm a mediánová hodnota 794 ppm. Pro vrstvu B se pohyboval v rozmezí 135 ppm – 22 394 ppm s mediánovou hodnotou 135 ppm, mediánová hodnota byla v tomto případě stejná jako nejnižší naměřená hodnota, jelikož byl zde velký počet stejných hodnot a jen několik značně vyšších hodnot, které jsou vidět i na Obrázku 6. Ve vrstvě C byl obsah P v rozmezí 135 ppm – 5566 ppm a mediánová hodnota 740 ppm. Obsah Ca se ve vrstvě A pohyboval v rozmezí 0,37% - 0,66% s mediánovou hodnotou 0,46 %. Ve vrstvě B byl obsah Ca v rozmezí 0,29% - 10,71% a mediánová hodnota 0,65, i v tomto případě zde bylo několik vysokých hodnot, které byly několikanásobně vyšší než mediánová hodnota viz Obrázek 6. Obsah Ca ve vrstvě C byl v rozmezí 0,31% - 3,81% a mediánová hodnota byla 0,79%. Obsah Sr byl ve vrstvě A v rozmezí 116 ppm – 146 ppm a mediánová hodnota byla 126 ppm. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Sr v rozmezí 92 ppm – 318 ppm s mediánovou hodnotou 130 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Sr v rozmezí 103 ppm – 183 ppm a mediánová hodnota 138 ppm. Sr a Ca měly hodně podobný trend, kdy hodnoty mediánů rostly se zvyšující se hloubkou. Obsah Zn byl ve vrstvě A v rozmezí 52 ppm – 66 ppm a mediánová hodnota 56 ppm. Ve vrstvě B byl obsah Zn v rozmezí 20 ppm – 215 ppm s mediánovou hodnotou 50 ppm. I v tomto případě měl Zn ve vrstvě B několik značně vyšších hodnot, než kterých dosahuje většina naměřených vzorků (Obrázek 6). Ve vrstvě C se obsah Zn pohyboval v rozmezí 12 ppm – 138 ppm a mediánová hodnota byla 31 ppm. Zn měl narozdíl od Sr a Ca opačný trend, kdy s rostoucí hloubkou klesal jeho obsah. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1 a 2.

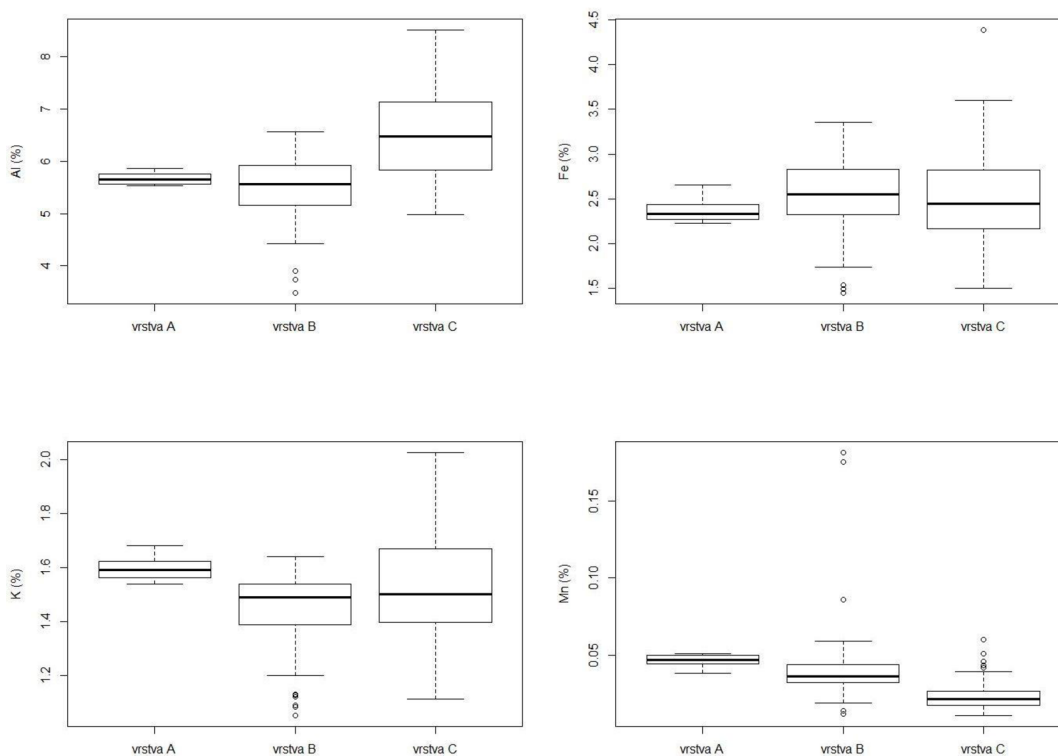


Obrázek 6: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Zn, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.

## 6.1.2 Obsahy prvků Al, Fe, K a Mn

Obsah Al se pohyboval ve vrstvě A v rozmezí 5,53% - 5,86% s mediánovou hodnotou 5,66%. Ve vrstvě B byl v rozmezí 3,48% - 6,57% a mediánová hodnota byla 5,56%. Ve vrstvě C byl obsah Al v rozmezí 4,98% - 8,52% a mediánová hodnota 6,48%. Obsah Fe byl ve vrstvě A v rozmezí 2,23% - 2,65% a mediánová hodnota byla 2,33%. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Fe v rozmezí 1,45% - 3,35% s mediánovou hodnotou 2,55%. Ve vrstvě C byl obsah Fe v rozmezí 1,5% - 4,39% a mediánová hodnota byla 2,45%. V případě Fe vyšel Kruskal-Wallisův test s p-hodnotou  $>0,05$ , kdy se hodnoty statisticky významně nelišily. Obsah K se pohyboval ve vrstvě A v rozmezí 1,54% - 1,68% a mediánová hodnota byla 1,59%. Ve vrstvě B byl obsah K v rozmezí 1,05% - 1,64% a mediánová hodnota 1,49%. Ve vrstvě C se pohyboval obsah K v rozmezí 1,11% - 2,03% s mediánovou hodnotou 1,5%. Obsah Mn byl ve vrstvě A v rozmezí 380 ppm - 508 ppm a mediánová hodnota 467 ppm. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Mn v rozmezí 119 ppm - 1816 ppm s mediánovou hodnotou 361 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Mn v rozmezí 107 ppm - 599 ppm a mediánová hodnota

byla 216 ppm. Jak jde vidět i na Obrázku 7, obsah Mn s rostoucí hloubkou klesal. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1.

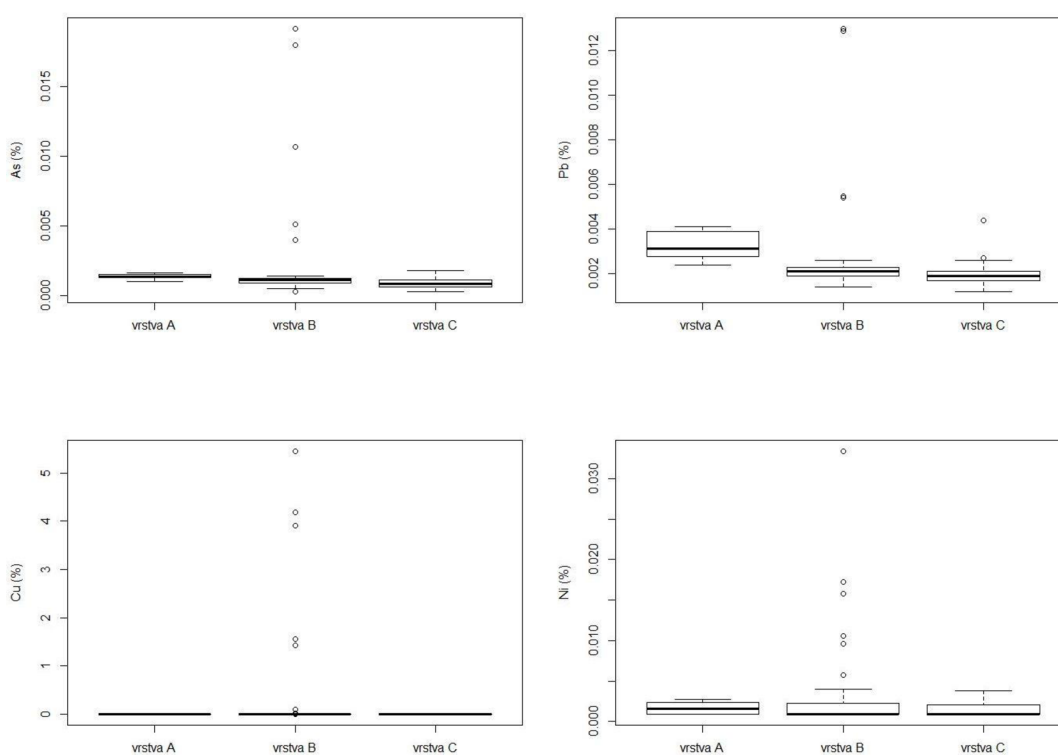


Obrázek 7: Krabicové grafy obsahu prvků Al, Fe, K, Mn (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.

### 6.1.3 Obsahy prvků As, Pb, Cu a Ni

Ve vrstvě A byl obsah As v rozmezí 10 ppm – 16 ppm a mediánová hodnota byla 13,5 ppm. Ve vrstvě B se obsah As pohyboval v rozmezí 2,5 ppm – 192 ppm s mediánovou hodnotou 11 ppm. Obsah As ve vrstvě C byl v rozmezí 2,5 ppm – 18 ppm a mediánová hodnota byla 8 ppm. Obsah Pb byl ve vrstvě A v rozmezí 24 ppm – 41 ppm a mediánová hodnota byla 32 ppm. Ve vrstvě B se obsah Pb pohyboval v rozmezí 14 ppm – 140 ppm s mediánovou hodnotou 21 ppm, v této vrstvě se vyskytovalo pár hodnot, které byly značně vyšší než většina hodnot. Ve vrstvě C byl obsah Pb v rozmezí 12 ppm – 44 ppm a mediánová hodnota byla 19 ppm. Obsah Pb s rostoucí hloubkou klesal, jak jde vidět i na Obrázku 8. Obsah Cu ve vrstvě A byl v rozmezí 14 ppm – 30 ppm a mediánová hodnota byla 22,5 ppm. Ve vrstvě B se obsah Cu pohyboval v rozmezí 6,5 ppm - 54 552 ppm s mediánovou hodnotou 27,5 ppm. Ve

vrstvě C byl obsah Cu v rozmezí 6,5 ppm – 33 ppm a mediánová hodnota byla 19 ppm. Obsah Ni ve vrstvě A byl v rozmezí 9 ppm – 27 ppm a mediánová hodnota byla 16 ppm. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Ni v rozmezí 9 ppm – 334 ppm s mediánovou hodnotou 9 ppm. Ve vrstvě C se pohyboval obsah Ni v rozmezí 9 ppm – 38 ppm a mediánová hodnota byla 9 ppm. V rámci provedeného Kruskal-Wallisova testu vyšla p-hodnota u Ni  $>0,05$ , tudíž se hodnoty významně statisticky nelišily. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 2. Všechny čtyři prvky měly ve vrstvě B vždy pár hodnot, které byly výrazně vyšší než zbytek hodnot, tomuto trendu se bude podrobněji věnovat kapitola 6.2.

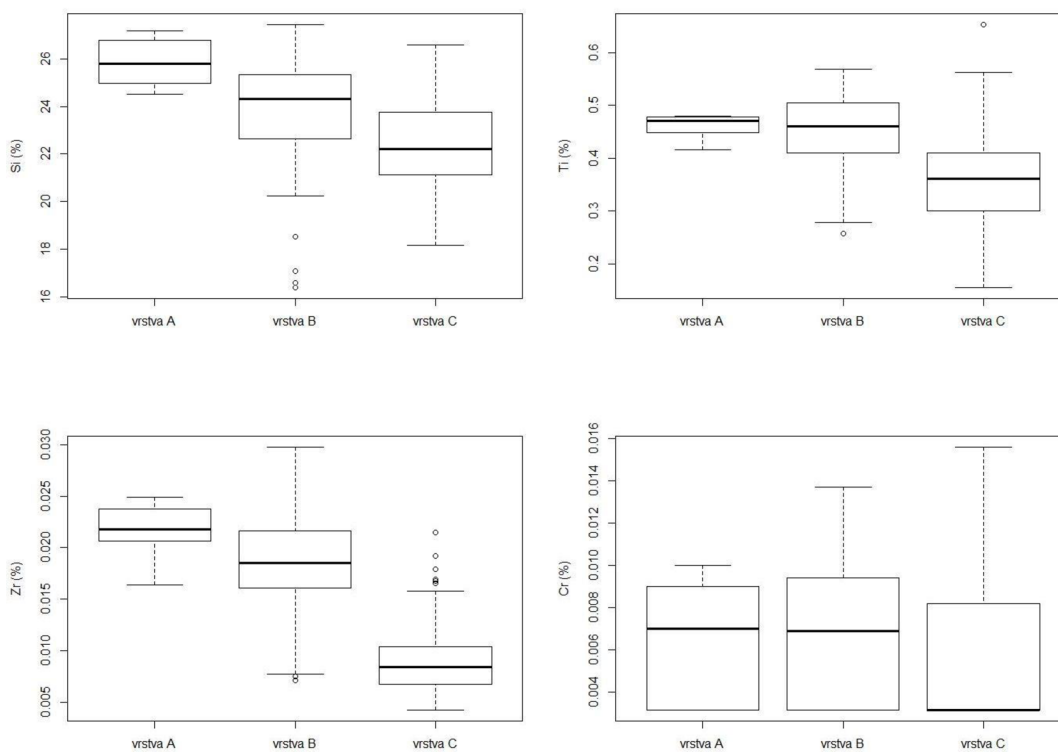


Obrázek 8: Krabicové grafy obsahu prvků As, Pb, Cu, Ni (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.

#### 6.1.4 Obsahy prvků Si, Ti, Zr a Cr

Obsah Si byl ve vrstvě A v rozmezí 24,51% - 27,19% a mediánová hodnota byla 25,81%. Ve vrstvě B se pohyboval v rozmezí 16,38% - 27,46% s mediánovou hodnotou 24,32%. Ve vrstvě C byl obsah Si v rozmezí 18,15% - 26,59% a mediánová hodnota byla 22,22%. Obsah Si s rostoucí hloubkou klesal, jak je patrné i z Obrázku

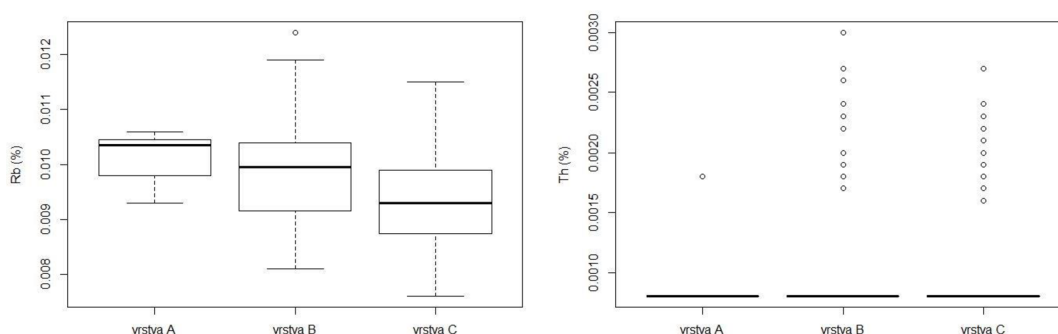
9. Obsah Ti se pohyboval ve vrstvě A v rozmezí 0,42% - 0,48% s mediánovou hodnotou 0,47%. Ve vrstvě B byl obsah Ti v rozmezí 0,26% - 0,57% a mediánová hodnota byla 0,46%. Ve vrstvě C se obsah Ti pohyboval v rozmezí 0,16% - 0,65% s mediánovou hodnotou 0,36%. Obsah Zr byl ve vrstvě A v rozmezí 164 ppm - 249 ppm a mediánová hodnota byla 217 ppm. Ve vrstvě B se obsah Zr pohyboval v rozmezí 71 ppm - 298 ppm s mediánovou hodnotou 185 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Zr v rozmezí 42 ppm - 215 ppm a mediánová hodnota byla 84 ppm. Podobně jako u Si i obsah Zr klesal s rostoucí hloubkou. Obsah Cr byl ve vrstvě A v rozmezí 31,5 ppm - 100 ppm a mediánová hodnota byla 70 ppm. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Cr v rozmezí 31,5 ppm - 137 ppm s mediánovou hodnotou 69 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Cr v rozmezí 31,5 ppm - 156 ppm a mediánová hodnota byla 31,5 ppm. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 1 a 2. Stejně jako u Fe a Ni vyšla p-hodnota Kruskal-Wallisova testu pro Cr >0,05, proto hodnoty nebyly statisticky významné.



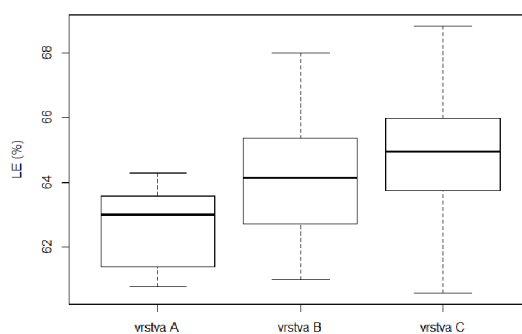
Obrázek 9: Krabicové grafy obsahu prvků Si, Ti, Zr, Cr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.

### 6.1.5 Obsahy prvků Rb, Th a LE

Ve vrstvě A se obsah Rb pohyboval v rozmezí 93 ppm – 106 ppm s mediánovou hodnotou 103,5 ppm. Ve vrstvě B byl obsah Rb v rozmezí 81 ppm – 124 ppm a mediánová hodnota byla 99,5 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Rb v rozmezí 76 ppm – 115 ppm s mediánovou hodnotou 93 ppm. Jak je vidět i z Obrázku 10, obsah Rb s rostoucí hloubkou klesal. Obsah Th byl ve vrstvě A v rozmezí 8 ppm – 18 ppm a mediánová hodnota byla 8 ppm. Ve vrstvě B se pohyboval obsah Th v rozmezí 8 ppm – 30 ppm s mediánovou hodnotou 8 ppm. Ve vrstvě C byl obsah Th v rozmezí 8 ppm – 27 ppm a mediánová hodnota byla 8 ppm. Ve všech vrstvách měl Th vždy pár hodnot, které byly výrazně vyšší než zbytek hodnot viz Obrázek 10. Obsah LE ve vrstvě A byl v rozmezí 60,78% - 64,28% a mediánová hodnota byla 63,01%. Ve vrstvě B se obsah LE pohyboval v rozmezí 60,99% - 68% s mediánovou hodnotou 64,13%. Ve vrstvě C byl obsah LE v rozmezí 60,57% - 68,84% a mediánová hodnota byla 64,94% (Obrázek 11). Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 2.



Obrázek 10: Krabicové grafy obsahu prvků Rb a Th (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.



Obrázek 11: Krabicový graf obsahu lehkých prvků (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé vrstvy.



Tabulka 1: Počet naměřených hodnot u jednotlivých vrstev. Minimální a maximální naměřené hodnoty, kvartil 1, kvartil 3 a medián pro prvky Al, Si, P, K, Ca, Ti, Cr, Mn a Fe v jednotlivých vrstvách. P-hodnota = dosažená hladina významnosti.

		Al (%)	Si (%)	P (ppm)	K (%)	Ca (%)	Ti (%)	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)
<b>Vrstva A</b> počet hodnot: 8	Min.	5,53	24,51	418,0	1,54	0,37	0,42	31,5	380,0	2,23
	Q1	5,56	25,13	638,3	1,57	0,39	0,46	31,5	451,3	2,28
	Medián	5,66	25,81	793,5	1,59	0,42	0,47	70,0	467,0	2,33
	Q3	5,75	26,71	939,5	1,61	0,47	0,48	89,0	496,5	2,41
	Max.	5,86	27,19	989,0	1,68	0,66	0,48	100,0	508,0	2,65
<b>Vrstva B</b> počet hodnot: 72	Min.	3,48	16,38	135,0	1,05	0,29	0,26	31,5	119,0	1,45
	Q1	5,16	22,66	135,0	1,39	0,56	0,41	31,5	325,0	2,32
	Medián	5,56	24,32	135,0	1,49	0,65	0,46	69,0	361,5	2,55
	Q3	5,92	25,35	643,8	1,54	0,87	0,50	94,0	439,5	2,83
	Max.	6,57	27,46	22394,0	1,64	10,71	0,57	137,0	1816,0	3,35
<b>Vrstva C</b> počet hodnot: 215	Min.	4,98	18,15	135,0	1,11	0,31	0,16	31,5	107,0	1,50
	Q1	5,83	21,12	570,0	1,40	0,65	0,30	31,5	176,0	2,17
	Medián	6,48	22,22	740,0	1,50	0,79	0,36	31,5	216,0	2,45
	Q3	7,14	23,76	1118,0	1,67	1,06	0,41	82,0	265,5	2,82
	Max.	8,52	26,59	5566,0	2,03	3,81	0,65	156,0	599,0	4,39
	P-hodnota	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,157	<0,001	0,259

Tabulka 2: Počet naměřených hodnot u jednotlivých vrstev. Minimální a maximální naměřené hodnoty, kvartil 1, kvartil 3 a medián pro prvky Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Pb, Th a LE (lehké prvky) v jednotlivých vrstvách. P-hodnota = dosažená hladina významnosti.

		Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)	Pb (ppm)	Th (ppm)	LE (%)
<b>Vrstva A</b> počet hodnot: 8	Min.	9,0	14,0	52,0	10,0	93,0	116,0	164,0	24,0	8,0	60,78
	Q1	9,0	17,0	53,8	12,8	99,0	118,5	209,3	28,5	8,0	61,43
	Medián	16,0	22,5	56,0	13,5	103,5	122,5	217,5	31,5	8,0	63,01
	Q3	23,3	27,8	59,0	14,5	104,3	131,8	234,8	38,5	8,0	63,45
	Max.	27,0	30,0	66,0	16,0	106,0	146,0	249,0	41,0	18,0	64,28
<b>Vrstva B</b> počet hodnot: 72	Min.	9,0	6,5	20,0	2,5	81,0	92,0	71,0	14,0	8,0	60,99
	Q1	9,0	23,0	41,0	9,0	91,8	122,0	160,8	19,0	8,0	62,72
	Medián	9,0	27,5	50,0	11,0	99,5	130,0	185,0	21,0	8,0	64,13
	Q3	22,5	35,0	61,0	12,0	104,0	140,0	216,3	23,0	8,0	65,35
	Max.	334,0	54552,0	215,0	192,0	124,0	318,0	298,0	130,0	30,0	68,00
<b>Vrstva C</b> počet hodnot: 215	Min.	9,0	6,5	12,0	2,5	76,0	103,0	42,0	12,0	8,0	60,57
	Q1	9,0	14,0	27,0	6,0	87,5	129,0	67,0	17,0	8,0	63,76
	Medián	9,0	19,0	31,0	8,0	93,0	138,0	84,0	19,0	8,0	64,94
	Q3	21,0	22,0	35,0	11,0	99,0	146,0	103,5	21,0	8,0	65,98
	Max.	38,0	33,0	138,0	18,0	115,0	183,0	215,0	44,0	27,0	68,84
	P-hodnota	0,304	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,024	<0,001

## 6.2 Porovnání kategorií ve vrstvě B

Vrstva B měla vysoké rozdíly mezi určitými kategoriemi u obsahů prvků: P, Ca, Sr, Zn, Cu, As, Ni, Pb, Al, Fe, K, Si.

Obsahy prvků P a Zn měly stejný trend, kdy nejvyšší hodnoty byly naměřeny v hrobě 1 u kostí. Mediánová hodnota obsahu P byla 22 000 ppm, což je 11x více než v ostatních kategoriích. Mediánová hodnota Zn byla 140 ppm, zatímco u zbytku kategorií se pohybovala okolo 50 ppm. Podobný trend byl i u obsahu Ca a Sr, kdy u kostí v hrobě 1 byly vyšší hodnoty. Nicméně nejvyšší hodnoty byly v hrobě 2, a to v jílové vrstvě, kde mediánová hodnota Sr byla 300 pm a Ca 9%, což jsou 2x vyšší hodnoty než v hrobě 1 u kostí (Příloha 1 a 3).

Další významnou skupinu prvků tvořily Cu, As, Ni a Pb. Tyto prvky měly signifikantně vyšší hodnoty u nalezeného depotu bronzových žeber v příkopu mohyly. Mediánová hodnota obsahu Cu zde byla 27 000 ppm, zatímco u zbytku kategorií se pohybovala okolo 30 ppm. Mediánová hodnota obsahu As byla 80 ppm, zatímco u ostatních kategorií se pohybovala okolo 10 ppm. Mediánová hodnota obsahu Ni byla 130 ppm a u ostatních kategorií cca 10 ppm. Obsah Pb měl mediánovou hodnotu 54 ppm, zatímco ostatní kategorie se pohybovaly okolo 20 ppm (Příloha 2 a 3).

Obsah Fe byl nejvyšší v hrobě 1, kde se mediánová hodnota pohybovala okolo 2,9%, nejnižší byl naopak v hrobě 2 v jílové vrstvě, kde byla mediánová hodnota obsahu Fe 1,6%. Obsah Al byl, podobně jako obsah Fe, nejnižší v hrobě 2 v jílové vrstvě s mediánovou hodnotou 3,9%. Naopak nejvyšší mediánovou hodnotu měl Al 25 – 45 cm nad tělem v hrobě 1, a to 6,1%. Obsah K byl nejnižší u kostí v hrobě 1 a jílové vrstvě hrobu 2, kde se mediánová hodnota pohybovala okolo 1,1%, naopak nejvyšší mediánové hodnoty byly zjištěny 25 cm nad tělem v hrobě 1 a horní části příkopu mohyly, kde dosahovaly 1,55%. Podobný trend měl i Si, kdy nejnižší hodnoty byly naměřeny u kostí v hrobě 1 a naopak nejvyšší v příkopu mohyly a 25 cm nad tělem v hrobě 1 (Příloha 3 a 4).

## 6.3 Porovnání kategorií ve vrstvě C

Ve vrstvě C jsou signifikantní rozdíly mezi určitými kategoriemi v nabohacení u prvků: Al, Si, P, K, Ca, Fe, Zn.

Obsah Al se výrazně lišil mezi hroby, v hrobě 1 poblíž nalezených kosterních pozůstatků se obsah Al pohyboval okolo 5,7%, zatímco v hrobě 2 byl obsah Al vyšší, mediánová hodnota byla 7%. Nejvyšší obsah P byl v hrobě 1 hned u těla, kde byla mediánová hodnota 2200 ppm. Naopak v hrobě 2 byla mediánová hodnota obsahu P nejnižší, a to 580 ppm. Obsah Ca byl v celé vrstvě C hodně podobný. V hrobě 1 byl nejvyšší obsah Ca hned u těla s mediánovou hodnotou 1%, zatímco v okolí těla se mediánová hodnota pohybovala v rozmezí 0,6% - 0,9%. V hrobě 2 byla mediánová hodnota obsahu Ca podobná, ale bylo zde pár hodnot, které byly výrazně vyšší a dosahovaly až k 3,5%. Hodnoty obsahu Zn byly ve vrstvě C hodně podobné, stejně jako tomu bylo u obsahu Ca. Nejvyšší obsah Zn byl v hrobě 1 u těla a hned pod tělem, kde byla mediánová hodnota okolo 43 ppm, u ostatních kategorií se mediánová hodnota obsahu Zn pohybovala okolo 30 ppm. Obsah Fe byl nejvyšší u těla v hrobě 1, kde byla mediánová hodnota 2,8%, v okolí těla se mediánová hodnota pohybovala okolo 2,2%, v hrobě 2 byla mediánová hodnota podobná, a to 2,3%. Hodnoty Si ve vrstvě C hodně kolísaly, nejvyšší hodnoty byly zjištěny nad tělem a zároveň mimo tělo, kde se mediánové hodnoty pohybovaly okolo 24%. Nejvyšší obsah K byl 25 cm od těla v hrobě 1, kde byla mediánová hodnota 1,8%, s rostoucí hloubkou poté hodnota klesala. V hrobě 2 byla mediánová hodnota obsahu K 1,4% (Příloha 6,7 a 8).

## 7 Diskuze

Výsledky Kruskal-Wallisova testu ukázaly, že obsah prvků Cr, Fe a Ni nejeví statisticky významný rozdíl mezi vrstvami A, B a C. Tento fakt je dán i tím, v rámci některých těchto prvků byly naměřené hodnoty pod mezí detekce a hodnoty tak byly dopočítávány, což mělo za následek nízkou variabilitu hodnot. Obsahy dalších prvků však už jeví významné rozdíly mezi jednotlivými vrstvami.

Obsah P má nejvyšší mediánovou hodnotu ve vrstvě A. To může být dáno aplikací hnojiv bohatých na P, jelikož mohyla se nachází na zemědělské půdě, která je dlouhodobě obdělávána. Nicméně navýšení není tak velké oproti vrstvě B, nejspíše je to i proto, že dochází každoročně k orbě a orniční vrstva A je promíchávána s několika centimetry podorniční vrstvy B, která již není obohacována P z minerálních hnojiv. I když má vrstva B mírně nižší mediánovou hodnotu obsahu P než vrstva A, byly zde naměřeny nejvyšší hodnoty obsahu P, které dosahovaly až dvacetinásobku mediánové hodnoty. Tyto hodnoty byly naměřeny u nalezené kostry pohřbeného těla. Důvodem je fakt, že P je společně s Ca základní stavebním prvkem kostí, zároveň je obsažen i v lidské tkáni, která se v těle pohřbeného člověka postupně rozkládala. Podobný trend má i podložní vrstva C, která má několik vysokých odlehlých hodnot, vysvětlení je stejné jako u vrstvy B, tyto odlehlé hodnoty byly naměřeny pod kostrou, tudíž se jedná o následek postupného rozkladu pohřbeného těla. Další prvek, který se projevil zvýšeným obsahem u kostry a pod kostrou je Zn. Jedná se o prvek, který se nachází v měkké lidské tkáni a funguje jako dobrý indikátor rozkladu těla (Asare a kol. 2020). V hrobě 1 je zároveň je možné pozorovat, že v přilehlém okolí kostry, jsou už hodnoty P, Ca a Zn podstatně nižší, tudíž nabožení těmito prvky je skutečně jen v místě, kde ležela kostra.

S přibývajícím hloubkou klesá obsah Ca, nejvyšší mediánovou hodnotu má v podložní vrstvě C. Tento jev je přirozený, jelikož Ca je v půdním profilu mobilní a v půdní vodě je ve formě kationtu infiltrován směrem dolů. Nárůst obsahu Ca s rostoucí hloubkou byl zaznamenán i v případě neolitické mohyly na Moravě (Hejzman a kol. 2013). Vysoký obsah Ca byl podobně jako u P naměřen u kostry a pod kostrou těla. Vůbec nejvyšší hodnoty Ca byly naměřeny v jílové vrstvě hrobu 2, což je dáno faktem, že jíl obsahuje mimo jiné i kationy Ca (Kumari a Mohan 2021). Stejný trend má i Sr, taktéž má nejvyšší hodnoty ve vrstvě C a zároveň ve vrstvě B

dosahuje nejvyšších hodnot u kostry a v jílové vrstvě hrobu 2, to je dáno podobnými vlastnostmi Sr a Ca, kdy Sr snadno nahrazuje Ca v minerálech (Abdel-Sabour 2022).

Jednou výraznou kategorií je depot bronzových žeber v příkopu mohyly ve vrstvě B, který ovlivnil obsah prvků v přilehlé půdě. Nacházely se zde vysoké obsahy As, Cu a Pb, které jsou několikanásobně vyšší než v ostatních kategoriích ve vrstvě B, v případě mědi se jedná až o 90x vyšší hodnoty. Slitiny z doby bronzové obsahovaly různé příměsi ostatních prvků, dříve se také k výrobě bronzu nepoužíval Sn ale As, což vysvětluje zvýšený obsah As. Vysoký obsah As v bronzu může být také dán původem mědi, protože některá ložiska Cu se vyznačují vyšším obsahem As a v pravěku nebylo snadné oddělit příměs ostatních prvků (McKerrell a Tylecote 1972).

Olovo má také mírně navýšený obsah ve vrstvě A a se zvyšující se hloubkou klesá. Tento jev je způsobený sub-recentní depozicí Pb pocházející z olovnatých benzínů, které se využívaly ve 20. století. Olovo se skrze výfukové plyny dostávalo do životního prostředí a kontaminovalo půdní povrch (Komárek a kol. 2008). Nižší obsah Pb ve vrstvě C než ve vrstvě A a B může být i dán tím, že vrstva C je tvořena terasovými písky a štěrky, které nejsou tolik bohaté na organickou hmotu. Pb se tak váže na organickou hmotu, která se nachází ve vyšších vrstvách.

Hodnoty obsahu prvků mezi vrstvou A a příkopem ve vrstvě B se nijak výrazně nelišily. Na základě podobného chemického signálu mezi vrstvou A a příkopem ve vrstvě B je tedy možné vyloučit, že by byla mohyla navršena z materiálu pocházejícího z jiného místa. Na stavbu mohyly byla s největší pravděpodobností využita zemina z vyhloubeného žlábků. Poté, co mohyla přestala být využívána, došlo k rozplavení mohyly a navršená zemina se dostala do příkopu. Zatímco půda na mohyle postupně degradovala, černozem se v příkopu zachovala jako sekundárně přemístěná.

Dle zjištěných obsahů prvků ve vrstvě A a B nebylo území, kde se mohyla nachází, využíváno k sídelním činnostem, a to před ani po vybudování mohyly. Sídelní činnosti jsou spojovány s vyhazováním organického odpadu a popelu z biomasy, kdy v půdě dochází k akumulaci prvků jako jsou P, Ca, Sr, Zn, Cu a Mn. Obsahy těchto prvků nebyly zjištěny v takové výši, která by odpovídala obsahům prvků naměřené v lokalitách se zvýšenou sídelní činností. Jeden z nejvyužívanějších indikátorů lidských sídelních aktivit je P (Holliday a Gartner 2007). Obsah P se na mohyle pohyboval okolo 750 ppm ve všech vrstvách. Křišťuf a kol. (2023, nepublikováno)

prováděli mimo jiné výzkum sídelní oblasti zaniklého pravěkého sídliště ve Ctiněvsi, které se nachází též v oblasti Podřipska. Mediánová hodnota vrstvy A byla 2 183 ppm a vrstvy B byla 7 135 ppm, v případě vrstvy B je to skoro až desetinásobek toho, co bylo změřeno na mohyle. Podobně jsou na tom další antropogenní prvky, např. obsah Ca byl ve Ctiněvsi ve vrstvě B vyšší až 12x a obsah Cu byl ve Ctiněvsi 2x vyšší než na mohyle. Tato zjištění dokládají, že místo, kde se mohyla nachází, bylo využíváno čistě pro rituální účely, což je v souladu s dalšími pozdně neolitickými mohylami na Moravě (Hejzman a kol. 2013) nebo v Maďarsku (Barczy a kol. 2016). Zajímavostí je, že v jiných částech Evropy byly zjištěny opačné případy. Například v Polsku, byly nalezeny mohyly, které těsně přiléhaly k sídlišti nebo byly dokonce postaveny na místě, kde se dříve sídlilo (Papiernik a kol 2018).

## 8 Závěr a přínos práce

Z výzkumu vyplynulo, že v oblasti mohyly nedocházelo k sídelním aktivitám a oblast tak pravděpodobně sloužila k rituálním účelům. Nízké obsahy antropogenních prvků jsou v souladu s chybějící sídlištní keramikou. Analýza prvkového složení půdy má potenciál odhalit sídelní oblasti a měla by být nedílnou součástí archeologického výzkumu.

Rozdíl obsahů v různých půdních vrstvách byl prokazatelný hned u několika antropogenních prvků. Je zřejmé, že došlo ke změně prvkového složení půd v blízkosti pohřbeného těla, kde byl nalezen zvýšený obsah P, Ca a Zn a okolí bronzového depotu, kde byl zvýšený obsah Cu, Pb a As ve srovnání se zbytkem mohyly. Obsah Pb obecně klesal s rostoucí hloubkou, což bylo dáno používání olovnatých benzínů ve 20. století.

Dle prvkové analýzy se vrstva A významně neliší v hodnotách obsahů antropogenních prvků od výplně příkopu. Na vybudování mohyly byl využit materiál z blízkého okolí mohyly, který se postupem času přeměnil na výplň příkopu. Zároveň bylo zjištěno, že ve zkoumaném místě se nesídlilo před ani po vybudování mohyly. Obsahy prvků, které indikují sídelní činnosti, byly na mohyle příliš nízké, aby se místo dalo spojovat s pravěkými sídelními činnostmi.

Výzkum přinesl informace o prvkovém složení půd v mohyle u Vražkova a společně s dalšími výzkumy mohyl v Podřípské oblasti přibližuje, jak byla krajina v minulosti ovlivňována člověkem.



## 9 Zdroje

### 9.1 Použitá literatura

**Abdel-Sabour M. F., 2022:** Fate of Cesium and Strontium in Soil-to-Plant System (Overview). *Journal of Radiation and Nuclear Applications* 7: 87–93.

**Asare M. O., Šmejda L., Horák J., Holodňák P., Černý M., Pavlů V., Hejman M., 2020:** Human burials can affect soil elemental composition for millennia—analysis of necrosols from the Corded Ware Culture graveyard in the Czech Republic. *Archaeological and Anthropological Sciences* 12: 1–17.

**Barczy A., Joó K., Petó Á., Bucsi T., 2006:** Survey of the buried paleosol under the Lyukas mound in Hungary. *Eurasian Soil Science* 39: 133–140.

**Böhm J., 1941:** Zur Frage der Endphase der donauländischen Kultur. *Altböhmen und Altmähren* 1: 37–64.

**Creig N., Speakman R. J., Popelka-Filcoff R. S., Glascock M. D., Robertson J. D., Shackley M. S., Aldenderfer M. S., 2007:** Comparison of XRF and pXRF for Analysis of Archaeological Obsidian from Southern Perú. *Journal of Archaeological Science* 34: 2012–2024.

**Cannell R. J. S., Gustavsen L., Kristiansen M., Nau E., 2018:** Delineating an Unmarked Graveyard by High-Resolution GPR and pXRF Prospection: The Medieval Church Site of Furulund in Norway. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 1: 1–18.

**Canti M. G., 2003:** Aspects of the Chemical and Microscopic Characteristics of Plant Ashes Found in Archaeological Soils. *Catena* 54: 339–361.

**Carey Ch. J., Wickstead H. J., Juleff G., Anderson J. C., Barber M. J., 2014:** Geochemical Survey and Metalworking: Analysis of Chemical Residues Derived from Experimental Non-Ferrous Metallurgical Processes in a Reconstructed Roundhouse. *Journal of Archaeological Science* 49: 383–397.

**Darvill D., 2016:** Megalithic tombs, barrows, and enclosures in fourth millennium BC Britain. In: Ard V., Pillot L. (eds.): *Giants in the Landscape: Monumentality and Territories in the European Neolithic*. Archaeopress, Oxford: 3–19.

**Demek J., Mackovčín P., 2006:** *Zeměpisný lexikon ČR*. AOPK ČR, Brno.

**Dobeš M., 2008:** Kultura kulovitých amfor. In: Neustupný E. (ed.): *Archeologie pravěkých Čech*. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 115–122.

**Entwistle J. A., Abrahams P. W., Dodgshon R. A., 1998:** Multi-Element Analysis of Soils from Scottish Historical Sites. Interpreting Land-Use History Through the Physical and Geochemical Analysis of Soil. *Journal of Archaeological Science* 25: 53–68.

**Entwistle J. A., Abrahams P. W., Dodgshon R.A., 2000:** The Geoarchaeological Significance and Spatial Variability of a Range of Physical and Chemical Soil Properties from a Former Habitation Site, Isle of Skye. *Journal of Archaeological Science* 27: 287–303.

**Filip J., 1948:** *Pravěké Československo: úvod do studia dějin pravěku*. Společnost čs. Prehistoriků, Praha.

**Garcia A. C. G., Ferrer L. C., 2007:** Orientation of megalithic monuments in Germany and the Netherlands. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 6: 201–208.

**Gojda M., 2004:** Letecká archeologie a dálkový průzkum. In: Kuna M. (ed.): *Nedestruktivní archeologie: Non-destructive archaeology*. Academia, Praha: 49–116.

**Gojda M., Trefný M., Janíková R., 2011:** Archeologie krajiny pod Řípem: Archaeology in the landscape around the hill of Říp. Katedra archeologie Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni, Plzeň.

**Gojda M., Hejzman 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.

**Gojda M., 2017:** Výzkum historické krajiny a ochrana archeologického dědictví prostřednictvím metod dálkového průzkumu. *Zprávy památkové péče* 77: 137–144.

**Hejzman 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.

**Hejzman M., Součková K., Křišťuf P., Peška J., 2013:** What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500e2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quaternary International* 316: 179–189.

**Holliday V. T., 2004:** *Soils in Archaeological Research*. Oxford University Press, New York.

**Holliday V. T., Gartner W. G., 2007:** Methods of Soil P Analysis in Archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34: 301–333.

**Holodňák P., 2006:** *Labyrintem žateckého pravěku*. Albis international, Ústí nad Labem.

**Horák J., Janovský M., Hejzman M., Šmejda L., Klír T., 2018:** Soil Geochemistry of Medieval Arable Fields in Lovětín Near Třešť, Czech Republic. *Catena* 162: 14-22.

**Howard J., 2017:** *Anthropogenic Soils*. Springer International Publishing, Cham.

**Hunt A. M. W., Speakman R. J., 2015:** Portable XRF Analysis of Archaeological Sediments and Ceramics. *Journal of Archaeological* 53: 626-638.

**Childe V. G., 1949:** The origins of Neolithic culture in northern Europe. *Antiquity* 32: 129–135.

**Janovský M., Horák J., 2018:** Large Scale Geochemical Signatures Enable to Determine Landscape Use in the Deserted Medieval Villages. *Interdisciplinaria Archaeologica. Natural Sciences in Archaeology* 9: 71-80.

**Janovský M. P., Karlík P., Horák J., Šmejda L., Asare Opore M., Beneš J., Hejzman M., 2020:** Historical Land-use in an Abandoned Mountain Village in the Czech Republic Is Reflected by the Mg, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Zr, and Sr Content in Contemporary Soils. *Catena* 182.

**Komárek M., Ettler V., Chrastný V., Mihaljevič M., 2008:** Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environmental International* 34: 562-577.

**Křišťuf P., Švejcar O., 2013:** Kontinuita pohřebních areálů: struktura a vývoj pohřebiště ve Velkých Žernosekách. *Archeologické rozhledy* 65: 599–617.

**Kumari N., Mohan Ch., 2021:** Basics of Clay Minerals and Their Characteristic Properties. In: Morari Do Nascimento G. (ed.): *Clay and Clay Minerals*. IntechOpen, London: 1-29.

**Kuna M., 2004:** Nedestruktivní terénní postupy v archeologii. In: Kuna M. (ed.): *Nedestruktivní archeologie: Non-destructive archaeology*. Academia, Praha: 15–30.

**Laing M., 1981:** An Introduction to the Scope, Potential and Applications of X-ray Analysis. University College Cardiff Press, Cardiff.

**Majer A., 2004:** Geochemie v archeologii. In: Kuna M. (ed.): *Nedestruktivní archeologie: Non-destructive archaeology*. Academia, Praha: 49–116.

**McKerrell H., Tylecote R. F., 1972:** The working of copper-arsenic alloys in the Early Bronze Age and the effect on the determination of provenance. *Proceedings of the Prehistoric Society* 38: 209–218.

**Milek K. B., Roberts H. M., 2013:** Integrated Geoarchaeological Methods for the Determination of Site Activity Areas: a Study of a Viking Age House in Reykjavik, Iceland. *Journal of Archaeological Science* 40: 1845–1865.

**Misarti N., Finney B. P., Maschner H., 2011:** Reconstructing Site Organization in the Eastern Aleutian Islands, Alaska Using Multi-element Chemical Analysis of Soils. *Journal of Archaeological Science* 38: 1441–1455.

**Motyková K., 1998:** Mohyla z pozdní doby kamenné zůstane v Nymburce zachována. *Vlastivědný zpravodaj Polabí* 32: 6–26.

**Němeček J., Rohošková M., Macků J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P., 2008:** Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU, Praha.

**Neustupný E., 1983:** Demografie pravěkých pohřebišť. Archeologický ústav AV ČR, Praha.

**Neustupný E., 1998:** Structures and events: the theoretical basis of spatial archaeology. In: Neustupný E. (ed.): Space in prehistoric Bohemia. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 9–44.

**Neustupný E., 2001:** The Origin of Megalithic Architecture in Bohemia and Moravia. In: Biehl P., Bertemes F., Meller H. (eds.): The Archaeology of Cult and Religion. Archaeolingua, Budapest: 203–207.

**Neustupný E., 2008a:** Všeobecný přehled eneolitu. In: Neustupný E. (ed.): Archeologie pravěkých Čech. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 11–37.

**Neustupný E., 2008b:** Časný eneolit. In: Neustupný E. (ed.): Archeologie pravěkých Čech. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 38–59.

**Neustupný E., 2008c:** Kultura se šňůrovou keramikou. In: Neustupný E. (ed.): Archeologie pravěkých Čech. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 124–146.

**Neustupný E., Smrž Z., 1989:** Čachovice – pohřebiště kultury se šňůrovou keramikou a zvoncovitých pohárů. Památky archeologické 80: 282–383.

**Novotný B., 1950:** Jordanovská skupina a jihovýchodní vlivy v českém neolitu. Obzor prehistorický 14: 163–260.

**Oonk S., Slomp C. P., Huisman D. J., 2009:** Geochemistry As an Aid in Archaeological Prospection and Site Interpretation: Current Issues and Research Directions. Archaeological Prospection 16: 35–51.

**Papiernik P., Wicha J., Płaza D. K., 2018:** Excavations of the Kuyavian megalithic long barrow no. 2 of the Funnel Beaker culture, situated on site 1 at Gaj, commune of Izbica Kujawska, province of Kuyavia-Pomerania. Prace i materiały muzeum archeologicznego i etnograficznego w Łodzi - seria archeologiczna 47: 443-457.

**Pleinerová I., 1980:** Kultovní objekty z pozdní doby kamenné v Březně u Loun. Památky archeologické 71: 10–60.

**Pollard A. M., Batt C. M., Stern B., Young S. M. M., 2007:** Analytical Chemistry in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge.

**Pospieszny Ł., 2006:** The Neolithic Landscapes of the Polish Lowlands. In: Larsson Å. M., Pappmehl-Dufay L. (eds.): Uniting Sea II: Stone Age societies in the Baltic Sea Region. Department of Archaeology and Ancient History, Uppsala: 147–170.

**Quitt E., 1971:** Klimatické oblasti Československa. Academia, Brno.

**Save S., Kovacik J., Demarly-Cresp F., Issenmann R., Poirier S., Sedlbauer S., Teyssonneyre Y, 2020:** Large-scale Geochemical Survey by pXRF Spectrometry of Archaeological Settlements and Features: New Perspectives on the Method. *Archaeological Prospection* 27: 203-218.

**Schránil J., 1928:** Vorgeschichte Böhmens und Mährens. Walter de Gruyter & Co, Berlin.

**Slavíček K., Bočková Z., Všianský D., 2016:** Analýzy keramických materiálů z hradu Rokštejna. In: Měřínský Z., Klápště J. (eds.): *Workshopy ke středověké a novověké keramice*. Masarykova univerzita, Brno: 110-118.

**Slavíček K., Petřík J., Španihel S., 2020:** Archeometrické studium raně novověké keramiky ze severozápadního Slovenska (Žilina, Budatín a Lietava). *Archaeologia historica* 45: 405-428.

**Stocký A., 1926:** Pravek země české, Díl I – věk kamenný. Národní museum, Praha.

**Šmejda L., Hejcman M., Horák J., Shai I., 2017:** Ancient Settlement Activities as Important Sources of Nutrients (P, K, S, Zn and Cu) in Eastern Mediterranean Ecosystems – The Case of Biblical Tel Burna, Israel. *Catena* 156: 62-73.

**Šmejda L., Hejcman M., Horák J., Shai I., 2018:** Multi-element Mapping of Anthropogenically Modified Soils and Sediments at the Bronze to Iron Ages Site of Tel Burna in the Southern Levant. *Quaternary International* 483: 111–123.

**Tolasz R., Míková T., Valeriánová A., Voženílek V., 2007:** Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc.

**Tomášek M., 1995:** Atlas půd České republiky. Český geologický ústav, Praha.

**Turek J., 2008:** Kultura zvoncovitých pohárů. In: Neustupný E. (ed.): *Archeologie pravěkých Čech*. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 147–170.

**Turek J., 2021:** Neolithic Long Barrows and Enclosures as Landmarks of Ritual Landscape of Central and North Bohemia. *Open Archeology* 7: 1674-1684.

**Tykot R. H., 2002:** Geochemical Analysis of Obsidian and the Reconstruction of Trade Mechanisms in the Early Neolithic Period of the Western Mediterranean. In: Jakes K. A. (ed.): Archaeological Chemistry. American Chemical Society, Washington, DC: 169-184.

**Wallererová J., 2022:** Pozůstatky dlouhých eneolitických mohyl ovlivňují vlastnosti současných půd, růst a výživu rostlin. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 65 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

**Wilson C. A., Davidson D. A., Cresser M. S., 2008:** Multi-element Soil Analysis: An Assessment of Its Potential As an Aid to Archaeological Interpretation. Journal of Archaeological Science 35: 412–424.

**Zápotocký M., 2008:** Řivnáčská kultura. In: Neustupný E. (ed.): Archeologie pravěkých Čech. Archeologický ústav AV ČR, Praha: 95–110.

**Zápotocký M., 2013:** Kultura nálevkovitých pohárů v severočeském Polabí. Archeologie ve středních Čechách 17: 387–513.

**Žabičková I., Otcovská T., Padevět P., 2016:** Building Materials and their Properties. Applied Mechanics and Materials 827: 247–250.

## 9.2 Mapové poklady

Základní mapa ČR 1:10 000:

[https://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM10\\_PUB/WMSservice.aspx](https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx) [cit.2023.02.09]

Ortofoto mapa ČR:

[https://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx)

[cit.2023.02.09]

Půdní mapa ČR: <https://mapy.geology.cz/pudy/> [cit.2023.02.09]

## 9.3 Ostatní zdroje

**ESRI, 2020:** ArcGIS Desktop. Dostupné z: <https://www.esri.com/en-us/home>

**R Core Development Team, 2020:** The R Project for Statistical Computing.  
Dostupné z: <https://rstudio.com/>



## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet naměřených hodnot u jednotlivých vrstev. Minimální a maximální naměřené hodnoty, kvartil 1, kvartil 3 a medián pro prvky Al, Si, P, K, Ca, Ti, Cr, Mn a Fe v jednotlivých vrstvách. P-hodnota = dosažená hladina významnosti..... 32

Tabulka 2: Počet naměřených hodnot u jednotlivých vrstev. Minimální a maximální naměřené hodnoty, kvartil 1, kvartil 3 a medián pro prvky Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Pb, Th a LE (lehké prvky) v jednotlivých vrstvách. P-hodnota = dosažená hladina významnosti..... 33

## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Projev pozitivních vegetačních příznaků na mohyle u Vražkova na podkladu ortofoto mapy ČR. ....	11
Obrázek 2: Poloha mohyly u Vražkova v České republice a detailní pohled umístění mohyly v základní mapě ČR. ....	18
Obrázek 3: Vyznačení příkopu/žlábků mohyly a dvou hrobů na podkladě ortofoto mapy ČR. ....	19
Obrázek 4: Typy půd na podkladě půdní mapy ČR a ortofoto mapy ČR. Žlutý bod označuje umístění mohyly.....	21
Obrázek 5: Odběr půdních vzorků z hrobu 2 (foto: Michal Hejcman).....	23
Obrázek 6: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Zn, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	27
Obrázek 7: Krabicové grafy obsahu prvků Al, Fe, K, Mn (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	28
Obrázek 8: Krabicové grafy obsahu prvků As, Pb, Cu, Ni (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	29
Obrázek 9: Krabicové grafy obsahu prvků Si, Ti, Zr, Cr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	30
Obrázek 10: Krabicové grafy obsahu prvků Rb a Th (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	31
Obrázek 11: Krabicový graf obsahu lehkých prvků (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé vrstvy.....	31

## 12 Seznam příloh

Příloha 1: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2. .... 52

Příloha 2: Krabicové grafy obsahu prvků Cu, As, Pb (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2. .... 53

Příloha 3: Krabicové grafy obsahu prvků Zn, Ni, Al (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2. .... 54

Příloha 4: Krabicové grafy obsahu prvků Fe, K, Si (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2. .... 55

Příloha 5: Krabicové grafy obsahu prvků Cr, Ti, Mn (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2. .... 56

Příloha 6: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Zn (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou

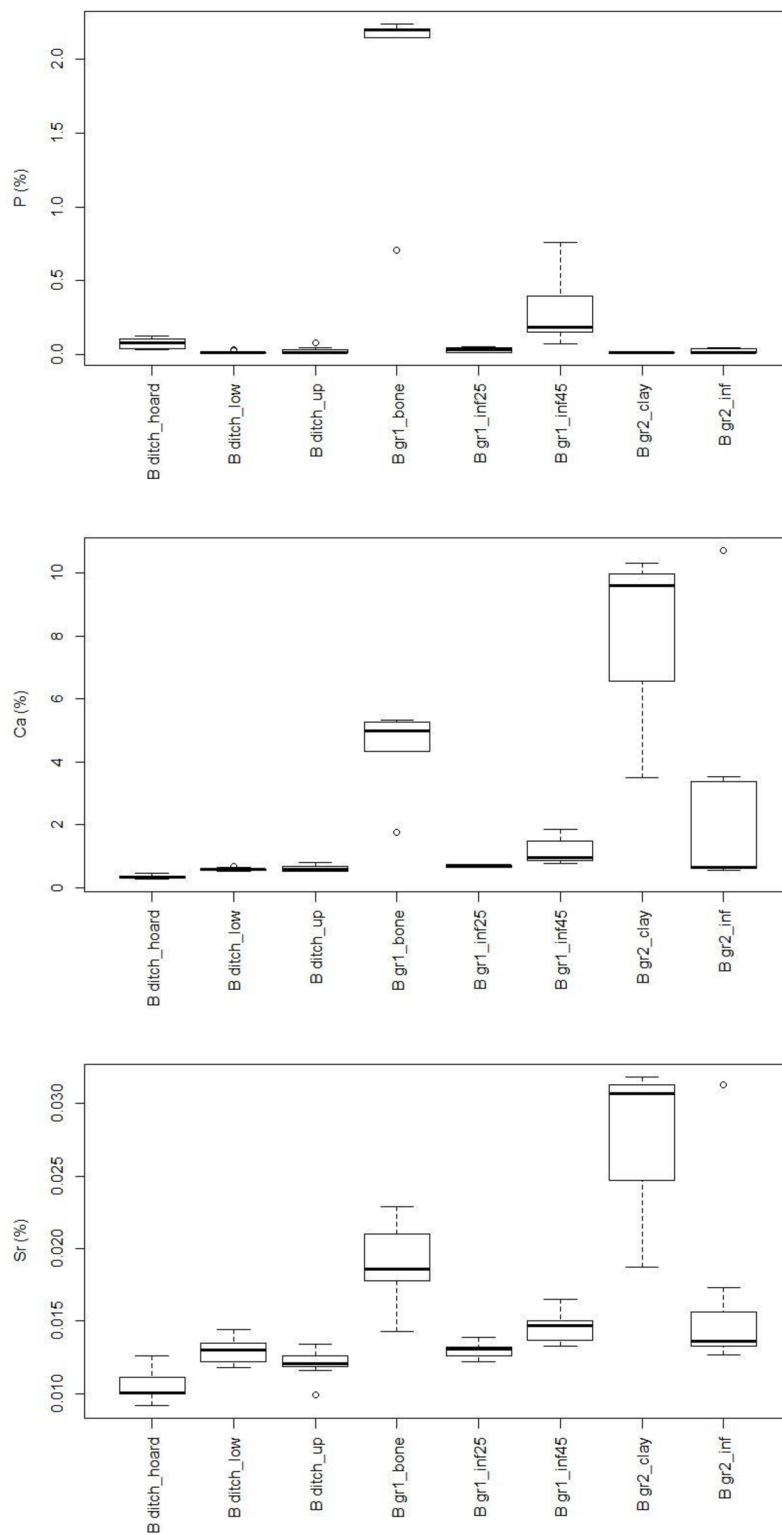
v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_outpit – u hrobu 2 (mimo hrob)..... 57

Příloha 7: Krabicové grafy obsahu prvků Al, Fe, K (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_outpit – u hrobu 2 (mimo hrob)..... 58

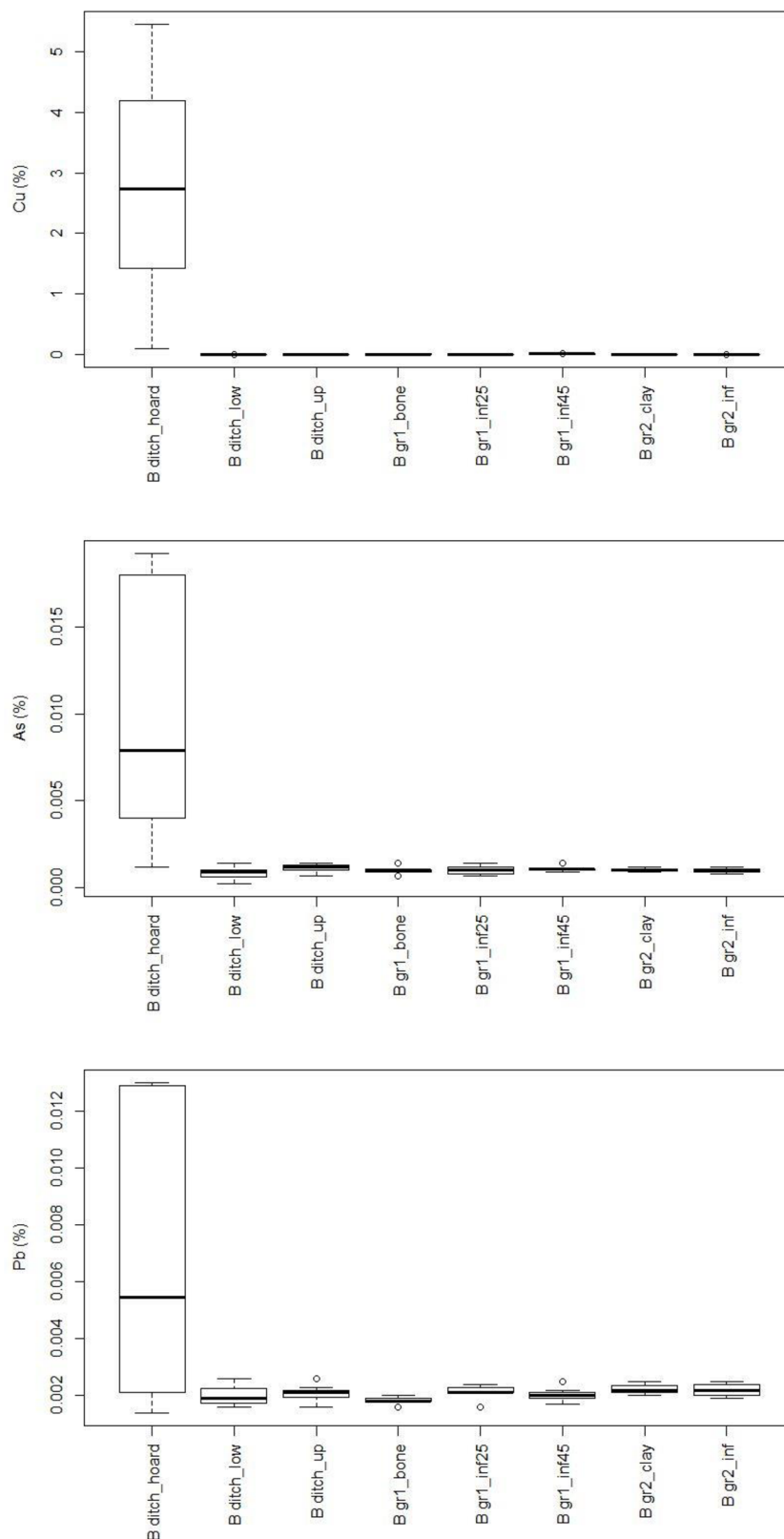
Příloha 8: Krabicové grafy obsahu prvků Mn, Si, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_outpit – u hrobu 2 (mimo hrob)..... 59

Příloha 9: Krabicové grafy obsahu prvků Cu, As, Pb (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_outpit – u hrobu 2 (mimo hrob)..... 60

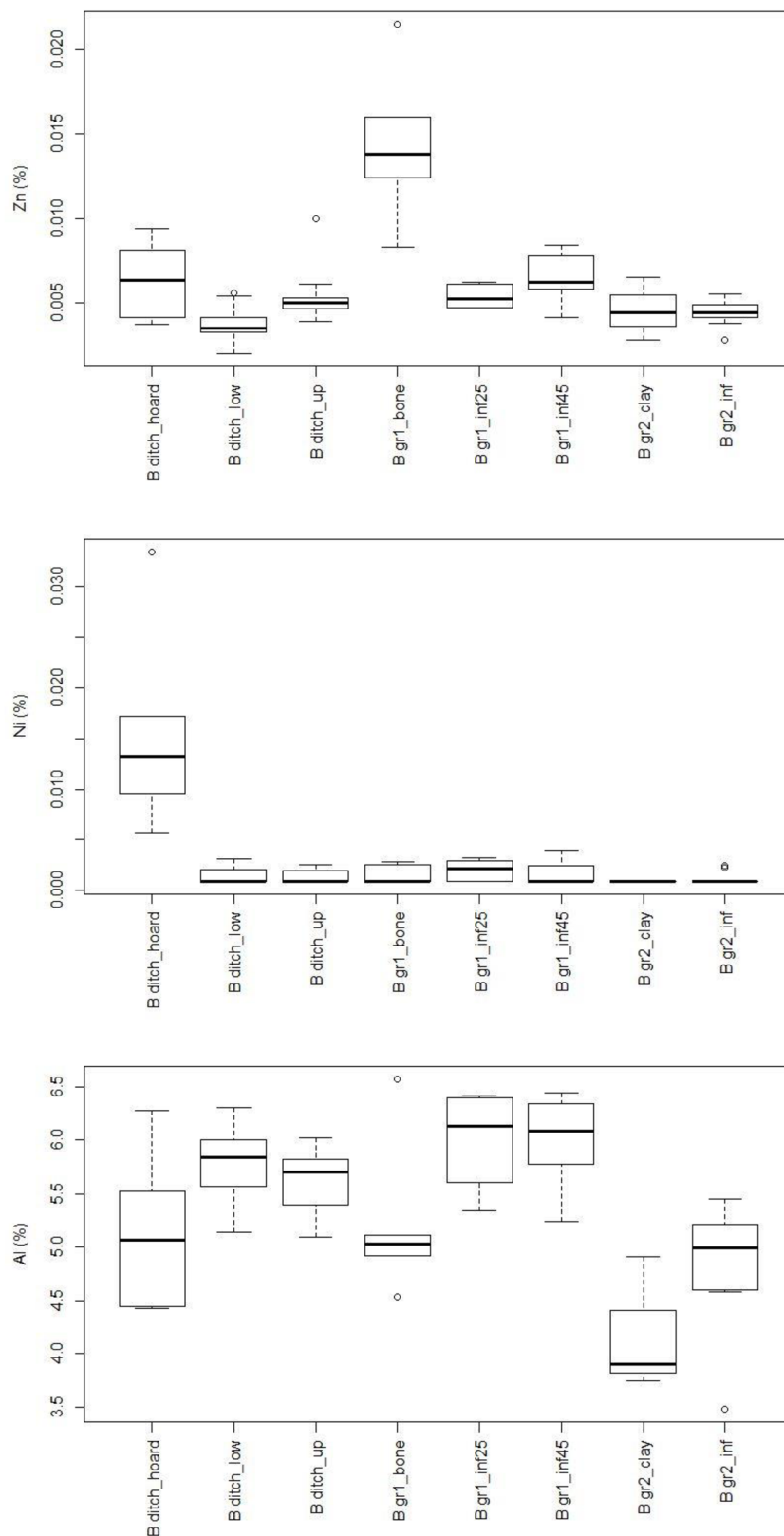
## 13 Přílohy



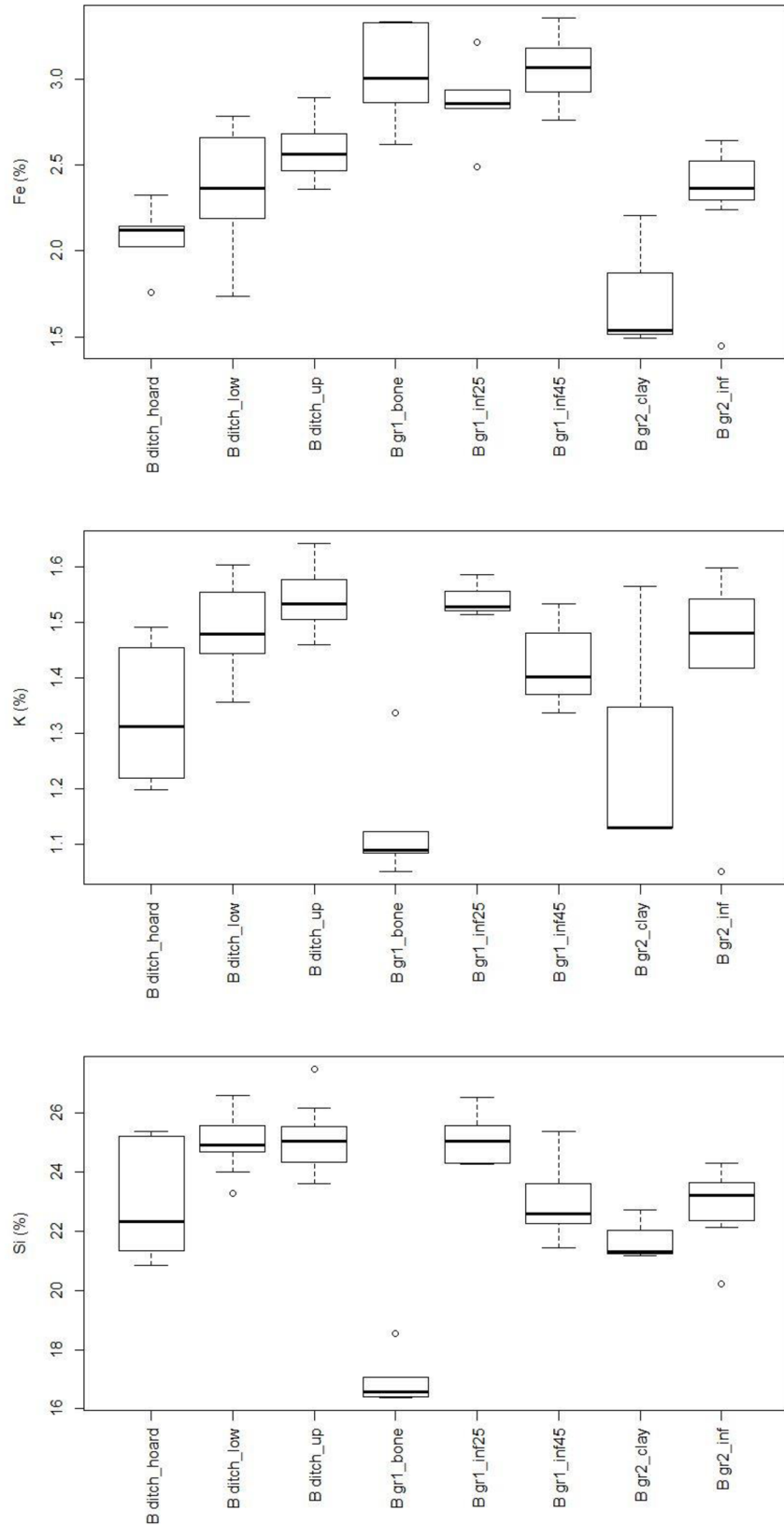
Příloha 1: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvách B. B ditch\_hoard – depot bronzových žebel v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch\_up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2.



Příloha 2: Krabicové grafy obsahu prvků Cu, As, Pb (v %) znázorňující medián, rozptýl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2.

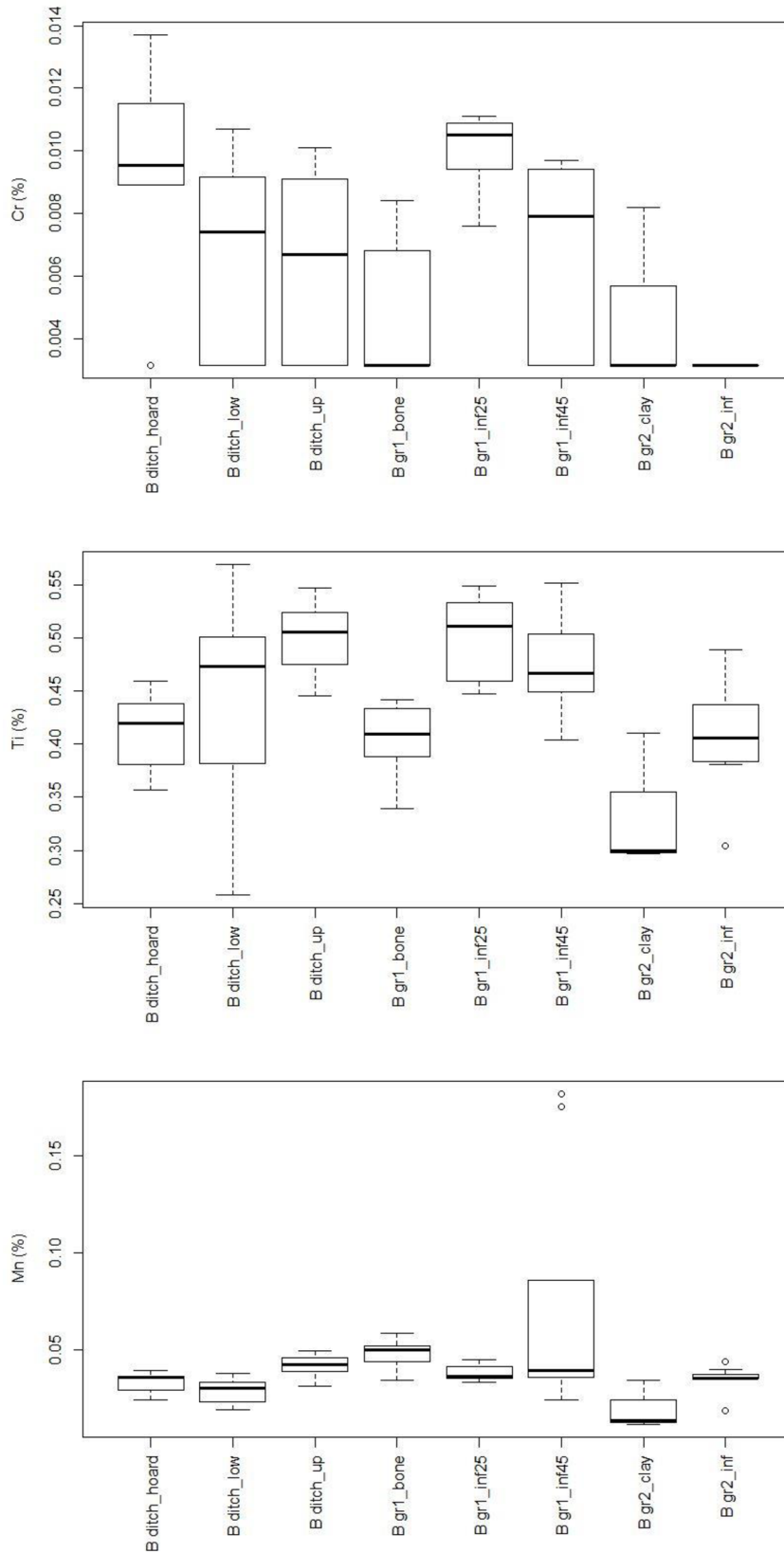


Příloha 3: Krabicové grafy obsahu prvků Zn, Ni, Al (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žebér v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch\_up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2.

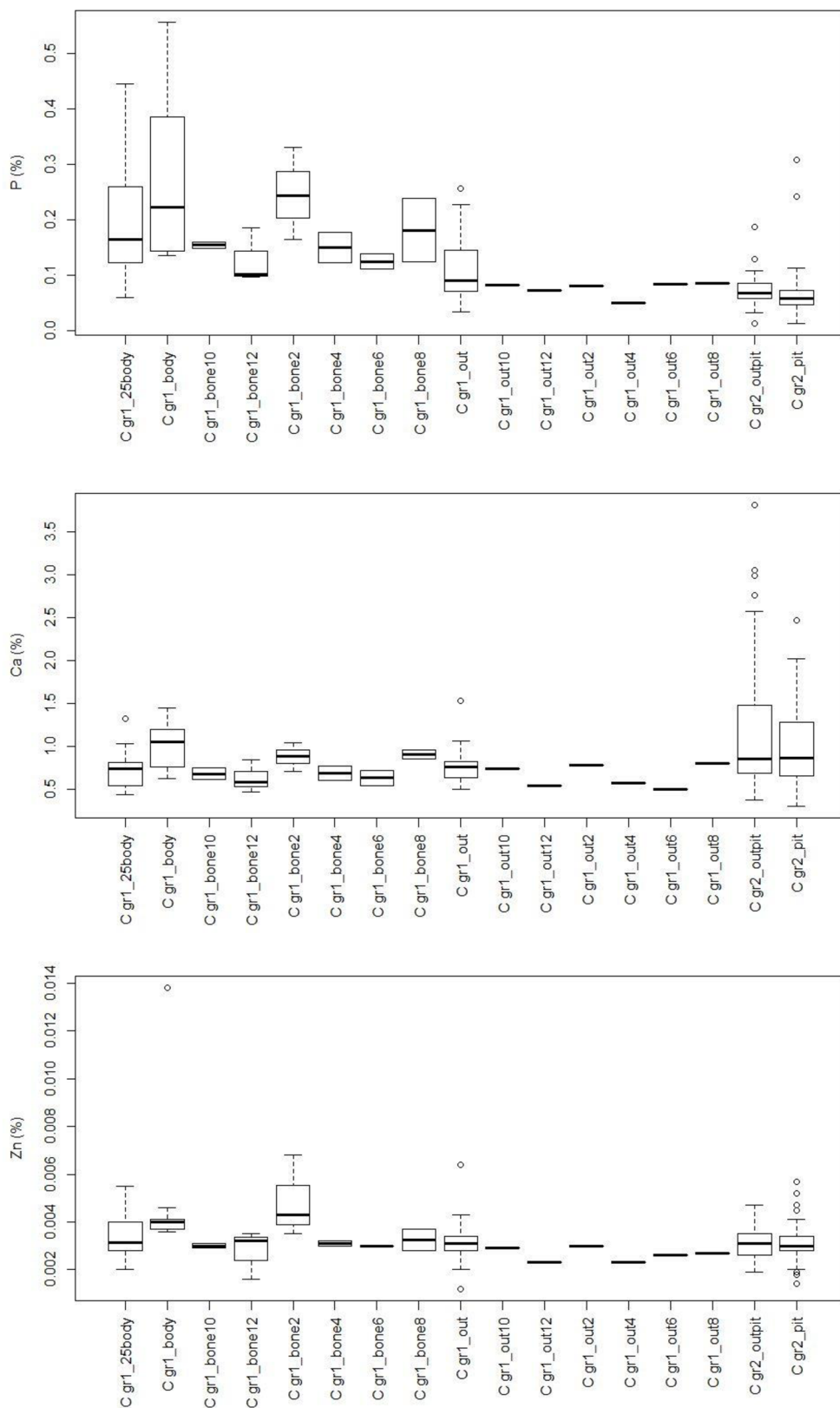


*Příloha 4: Krabicové grafy obsahu prvků Fe, K, Si (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žebér v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch\_up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2.*

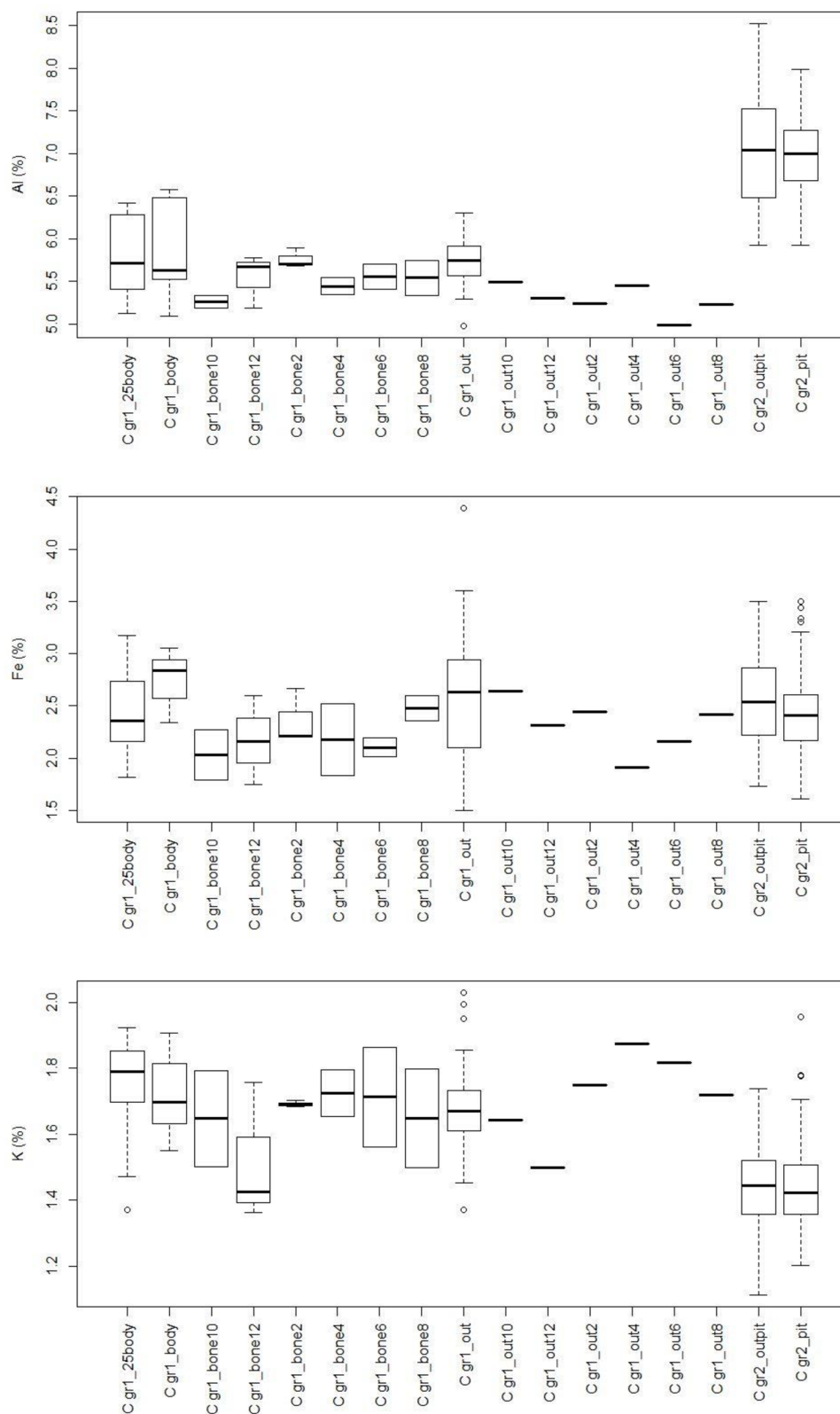




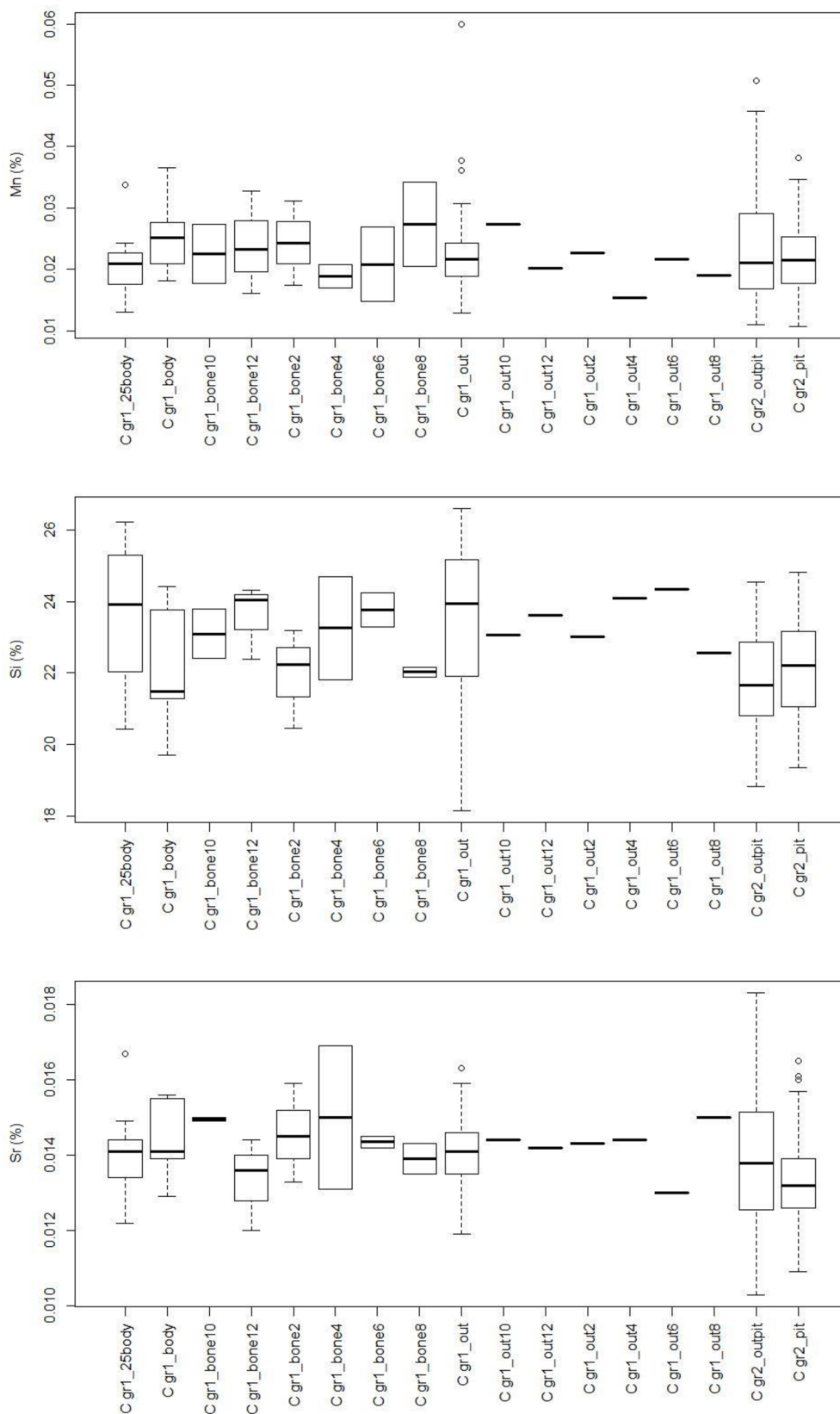
Příloha 5: Krabicové grafy obsahu prvků Cr, Ti, Mn (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě B. B ditch\_hoard – depot bronzových žeber v příkopu mohyly, B ditch\_low – spodní část příkopu, B ditch up – horní část příkopu, B gr1\_bone – kostra v hrobě 1, B gr1\_inf25 – 25 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr1\_inf45 – 45 cm nad kostrou v hrobě 1, B gr2\_clay – jílová vrstva v hrobě 2, B gr2\_inf – výplň hrobu 2.



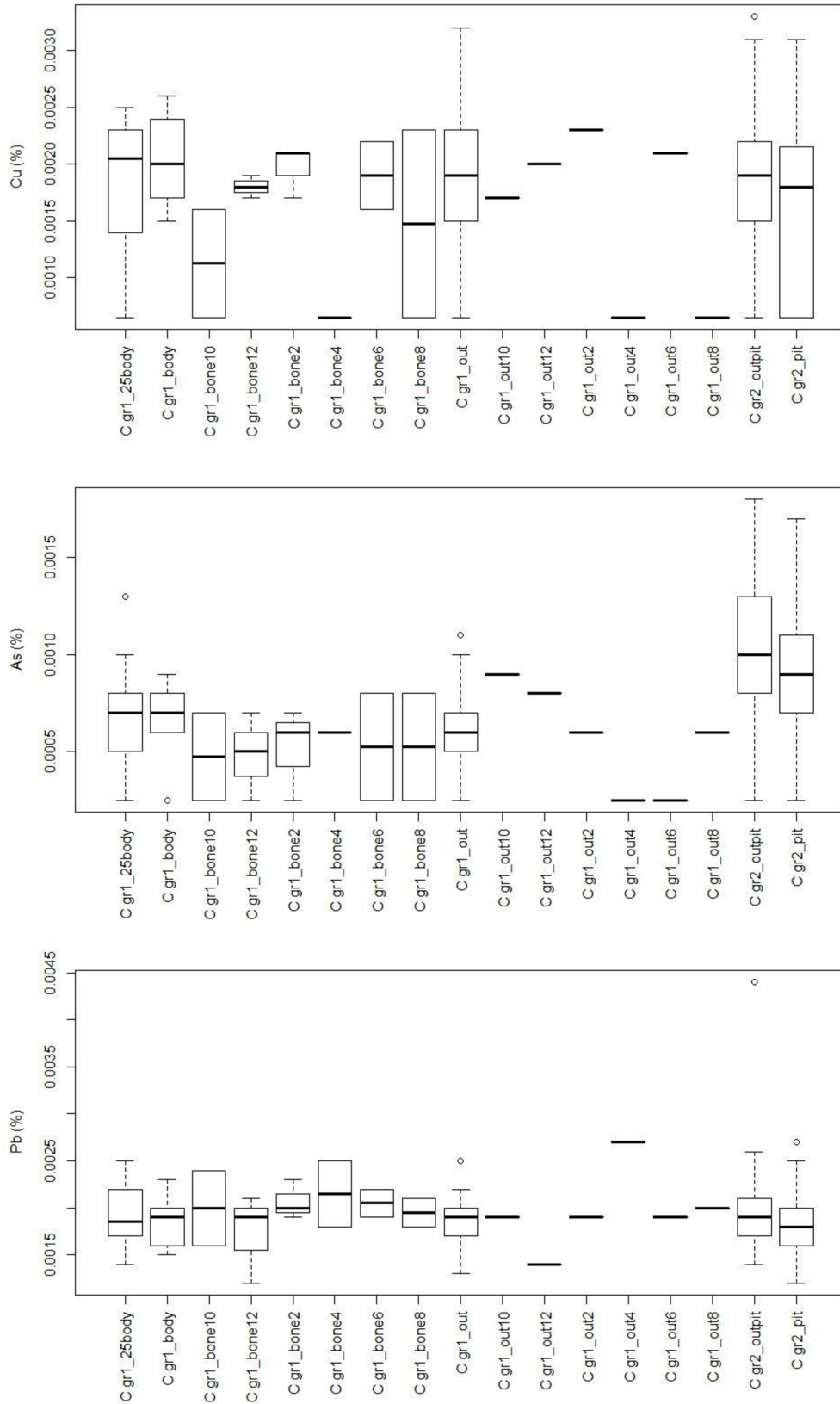
Příloha 6: Krabicové grafy obsahu prvků P, Ca, Zn (v %) znázorňující medián, rozptýl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_output – u hrobu 2 (mimo hrob).



Příloha 7: Krabicové grafy obsahu prvků Al, Fe, K (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehle hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_outpit – u hrobu 2 (mimo hrob).



Příloha 8: Krabicové grafy obsahu prvků Mn, Si, Sr (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, Cgr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostru v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_output – u hrobu 2 (mimo hrob).



Příloha 9: Krabicové grafy obsahu prvků Cu, As, Pb (v %) znázorňující medián, rozptyl hodnot a odlehlé hodnoty pro jednotlivé kategorie ve vrstvě C. C gr1\_body – pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_body25 – ve vzdálenosti 25 cm kolem těla v hrobě 1, C gr1\_bone 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm pod kostrou v hrobě 1, C gr1\_out – mimo kostrou v hrobě 1, C gr1\_out 2, 4, 6, 8, 10, 12 – 2 až 12 cm od kostry v hrobě 1, C gr2\_pit – ve výplni hrobu 2, C gr2\_output – u hrobu 2 (mimo hrob).