

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Bc. Jitka Wallererová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE

POZŮSTATKY DLOUHÝCH
ENEOLITICKÝCH MOHYL OVLIVŇUJÍ
VLASTNOSTI SOUČASNÝCH PŮD, RŮST A
VÝŽIVU PLODIN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

Diplomant: Bc. Jitka Wallererová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jitka Wallererová

Inženýrská ekologie
Ochrana přírody

Název práce

Pozůstatky dlouhých eneolitických mohyl ovlivňují vlastnosti současných půd, růst a výživu plodin

Název anglicky

Remains of long Late Neolithic barrows affect properties of contemporary soils, growth and nutrition of crops

Cíle práce

Jednou z otázek, která dosud nebyla řešena je, jak pozůstatky dlouhých eneolitických mohyl ovlivňují funkci současných agroekosystémů. Cílem práce bude proto porovnat chemické vlastnosti půd a růst plodin na místě dlouhé mohyly, v jejím bezprostředním a širším okolí. Cílem práce bude na základě vlastností půd odpovědět následující vědecké otázky:

- 1) Proč je na pozůstatku mohyly odlišný růst plodin ve srovnání s okolím, je možné tento rozdíl vysvětlit mocností půdních horizontů a vlastnostmi půd?
- 2) Jak moc je na mohyle odlišný vzrůst plodin ve srovnání s okolím?
- 3) Proč byla mohyla identifikována pomocí vegetačních příznaků?
- 4) Pochází materiál na stavbu mohyly z jejího bezprostředního okolí?
- 5) Z jakého materiálu byla mohyla konstruována, jedná se bývalý humusový horizont eneolitické půdy, a nebo byly na stavbu použity i hlubší půdní horizonty?
- 6) Mohyla se v terénu projevuje reliéfně jako drobná vyvýšenina, je tato vyvýšenina přirozeného původu, a nebo se jedná o antropogenně vytvořený útvar?
- 7) Byl materiál použitý na stavbu mohyly ovlivněn sídelními aktivitami?

Metodika

V průběhu března, dubna a května 2021 bude proveden odběr půdních vzorků pomocí půdní sondy na mohyle a v jejím okolí (katastrální území obec Dušníky a Nížebohy u Roudnice nad Labem). V průběhu srpna 2021 bude započat archeologický odkryv mohyly a studentka bude průběžně odebírat půdní vzorky na analýzy. V období listopad 2021 až leden 2022 bude probíhat analýza chemických vlastností půd v laboratoři a vyhodnocení získaných dat. Práce bude dokončena a odevzdána v březnu 2022.

Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran

Klíčová slova

dlouhá mohyla, eneolit, živiny, vegetační příznaky, Podřipsko, archeologické půdy

Doporučené zdroje informací

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

HEJCMAN, M. – SOUČKOVÁ, K. – KRIŠTUF, P. – PEŠKA, J. (2013) What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500-2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quaternary International* 316:179-189.

KRIŠTUF, P. – TUREK, J. – GOJDA, M. – REJŠEK, K. – RYTÍŘ, L. – ŠVEJCAR, O. – VRANOVÁ, V. 2019. *Arény předků: posvátno a rituály na počátku eneolitu*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, ISBN 978-80-261-0851-1.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

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

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Mgr. Martin Janovský

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2022

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 05. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Pozůstatky dlouhých eneolitických mohyl ovlivňují vlastnosti současných půd, růst a výživu plodin 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 vědoma, 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 30. 3. 2022

.....

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu své diplomové práce prof. RNDr. Michalu Hejčmanovi, Ph.D. et Ph.D. za odborné vedení práce a nezapomenutelnou zkušenost v podobě účasti na archeologickém výzkumu. Také bych ráda poděkovala konzultantovi své diplomové práce Mgr. Martinu Janovskému, Ph.D. za cenné rady, ochotu, trpělivost a vždy pozitivní přístup. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu v průběhu celého vysokoškolského studia.

V Praze dne 30. 3. 2022

.....

Abstrakt

V oblasti Podřipska byla pomocí vegetačních příznaků a letecké archeologie objevena 5800 let stará pravěká dlouhá mohyla ze sířemské fáze kultury nálevkovitých pohárů, z období staršího eneolitu.

V rámci archeologicko-environmentálního výzkumu byl zkoumán vliv této pravěké mohyly na současnou krajinu, chemické vlastnosti a stratigrafii půd a růst rostlin. Mohyla byla podrobena jak nedestruktivnímu zkoumání za pomoci odebraných půdních vzorků sondáží a odebrané nadzemní části biomasy, tak archeologickému odkryvu.

Stěžejní část výzkumu mohyly byla zaměřena na obsah vybraných prvků. V odebraných vzorcích půd z mohyly a jejího okolí byl měřen obsah prvků pomocí XRF spektrometru. Dále byl sledován vztah mezi obsahem prvků v půdě mohyly a vegetačními příznaky. Proto byly na odebrané pšenici ozimé hodnoceny morfologické znaky.

Analýzou půd a následným archeologickým odkryvem bylo zjištěno, že se skutečně jedná o lidmi uměle navršený objekt mohyly. Zanedbatelná odlišnost v chemickém signálu mohyly a archeologický odkryv také ukázaly, že mohyla byla navržena z materiálu bývalého humusového horizontu eneolitických půd pocházejícího z blízkého okolí mohyly. Mohyla, ani materiál k jejímu navršení nebyly ovlivněny sídelní aktivitou, což dokládá izolovanost mohyly od pravěkých sídlišť.

Analýza rostlin odhalila projev vegetačních příznaků na všech pozorovaných parametrech nadzemní části pšenice. Tj. na jejich délce, délce klasů, počtu zrn i jejich váze. Odebraná biomasa a archeologický odkryv odhalily souvislost projevu vegetačních příznaků v závislosti na hloubce půdního profilu na mohyle, což úzce souvisí s větší dostupností vody a živin pro rostliny, které jsou v oblasti Podřipska často stresované suchem. Rostliny byly v tomto případě ovlivněny především mocností půd, nikoliv jejich chemickým signálem.

Lze konstatovat, že dlouhá eneolitická mohyla stále ovlivňuje současnou krajinu, především změnou půdní stratigrafie, která se projevuje na růstu rostlin v důsledku navršení pláště mohyly a vyhloubení obvodového žlábků. Pravěká mohyla tak svou přítomností i po několika tisíciletích ovlivňuje současné agroekosystémy.

Klíčová slova: dlouhá mohyla, eneolit, živiny, vegetační příznaky, Podřipsko, archeologické půdy

Summary

A 5,800-year-old prehistoric long barrow from the Siřem phase of the funnel-beaker culture, from the Late Neolithic period, was discovered in the Podřipsko region according to crop marks on aerial photographs.

The influence of this prehistoric barrow on the present-day landscape, soil chemistry and stratigraphy, and plant growth was investigated as part of an archaeological-environmental study. The barrow was subjected to both a non-destructive investigation using soil samples taken by the soil probe and above-ground biomass sampling, and an archaeological excavation.

The main part of the barrow investigation focused on the content of selected elements. The elemental content of the soil samples collected from the barrow and its surroundings was determined using an XRF spectrometer. Furthermore, the relationship between the content of elements in the soil of the barrow and crop marks was investigated. In addition, morphological characters were evaluated on winter wheat sample.

The analysis of the soils and the subsequent archaeological excavation revealed that this is indeed a man-made barrow. The negligible difference in the chemical signal of the barrow and the archaeological excavation also showed that the barrow was built up from material of the humus horizon of the Late Neolithic soils originating from the vicinity of the barrow. Neither the barrow nor the material used for its construction has been affected by settlement activity, demonstrating the isolation of the barrow from settlements.

Plant analysis revealed the expression of crop marks on all observed parameters of the above-ground parts of wheat plants. That is, on their length, spike length, number of grains per spike and weight of grains per spike and 1,000 kernel weight. Biomass sampling and archaeological excavation revealed a correlation of the expression of crop marks depending on the depth of the soil profile on the barrow, which is closely related to the greater availability of water and nutrients for plants that are often stressed by drought in the Podřipsko region. Plants in this case were mainly affected by the depth of the soil, not by their chemical signal.

Thus, it can be said that the long Late Neolithic barrow still affects the present-day landscape, mainly through the change in soil depth, which is reflected in plant growth. Thus, the prehistoric barrow continues to affect contemporary agroecosystems even after several millennia.

Keywords: long barrow, Late Neolithic, nutrients, cropmarks, Podřipsko, archaeological soils

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Eneolit	3
3.2 Nedestruktivní archeologie	4
3.2.1 Letecká archeologie.....	5
3.2.2 Vegetační příznaky	5
3.2.3 Podřipsko.....	7
3.3 Archeologicko-environmentální půdní analýzy	8
3.4 XRF spektrometr a jeho využití v archeologii.....	9
4. Charakteristika zájmového území	11
4.1 Dlouhá mohyla v Dušníkách	12
4.2 Posouzení krajinného vývoje na základě mapových podkladů	13
4.3 Přírodní podmínky.....	14
5. Metodika	16
5.1 Půdní vzorky	16
5.2 Rostlinná biomasa	20
5.3 Archeologický odkryv mohyly.....	22
6. Výsledky	23
6.1 Půdní vzorky	23
6.1.1 Vrstva A	23
6.1.2 Vrstva B	24
6.1.3 Vrstva C	26
6.2 Biomasa.....	28
6.2.1 Vizuelní hodnocení pšenice	28
6.2.2 Výsledky měření a vážení rostlin	29
6.3 Archeologický odkryv	33
7. Diskuse.....	34
7.1 Půdní vzorky	34
7.2 Rostlinná biomasa	36
7.3 Souvislost biomasy a půdních vzorků	38
8. Závěr	40
9. Seznam použité literatury a elektronických zdrojů	41
9.1 Odborné publikace	41

9.2	Elektronické zdroje.....	45
10.	Seznam tabulek.....	47
11.	Seznam obrázků.....	48
12.	Seznam příloh.....	49
13.	Přílohy.....	50

1. Úvod

Dnes je již neoddiskutovatelným faktem, že minulá lidská aktivita má často nevratný vliv na životní prostředí a jeho složky. Celou epochu, ve které člověk začal svou činností nepopíratelně měnit všechny složky životního prostředí, můžeme označit za antropocén (Pokorný et Storch 2021). V současné krajině stále můžeme pozorovat důsledky těchto minulých lidských aktivit. Jak hluboko do minulosti sahá vliv člověka a v jaké míře následně ovlivňuje současné životní prostředí lze zkoumat i pomocí archeologicko-environmentálních metod, které propojují ekologii s archeologií (Briggs et al. 2006).

Lidstvo v minulosti svou činností ovlivnilo chemické vlasti půd a dostupnost živin pro rostliny. Především přítomnost lidských osídlení často souvisí se změnou chemismu půd (Wells et al. 2000). Proto mohou chemické analýzy půd pomoci při zjišťování a interpretaci lidských aktivit na daném území (Sjöberg 1976, Entwistle et al. 1998).

U obce Dušníky byla leteckou archeologií objevena dlouhá eneolitická mohyla na základě vegetačních příznaků v porostech obilovin (Gojda et Trefný 2011). Mohyla se tímto způsobem projevila v současné krajině a její přítomnost ovlivnila růst plodin. Uvážíme-li, že i po tisíciletích mohyla ovlivňuje růst rostlin, nabízí se zde otázky, proč se mohyla projevuje odlišným růstem a zbarvením vegetace a zda tento projev může být ovlivněn také antropogenními změnami chemických vlastností půd.

Pomocí archeologicko-environmentálních nedestruktivních metod mohou být zkoumány chemické vlastnosti půd a morfologické vlastnosti nadzemních částí rostlin. Chemická analýza půd pomocí XRF spektrometru může posloužit ke zjištění, jak byla mohyla ovlivněna lidskou aktivitou, zda se v její blízkosti mohlo vyskytovat pravěké sídliště, nebo zda zemina na její výstavbu pocházela z jiné lokality (Janovský et Horák 2018, Williams et al. 2020). Měření a vážení nadzemních částí rostlin může být použito ke studiu projevu vegetačních příznaků na mohyle. Následným archeologickým odkryvem mohou být ověřena zjištění z chemických analýz a měření rostlin.

2. Cíle práce

Dlouhá eneolitická mohyla u obce Dušníky byla v krajině objevena kvůli svým příznakům na vegetaci. I po 5800 letech tak tento archeologický objekt zanechává své stopy v krajině Podřipska. Tato práce si klade za cíl zjistit, jak dlouhá eneolitická mohyla ovlivňuje současné agroekosystémy.

Na základě odběru vzorků nadzemní biomasy rostlin a půdy budou na dlouhé mohyle a v jejím blízkém okolí hodnoceny chemické vlastnosti půd a růst rostlin. Současně se práce snaží pomocí environmentálních zkoumání odpovědět na následující archeologické otázky:

Je možné vysvětlit odlišnou morfologii rostlin rostoucích na mohyle a mimo ni pomocí vlastností půd a půdních horizontů?

Jaký je morfologický rozdíl mezi rostlinami pšenice rostoucími na mohyle a v jejím blízkém okolí?

Proč byla mohyla identifikována pomocí vegetačních příznaků?

Mohyla se projevuje v terénu také jako vyvýšenina, jedná se o útvar vybudovaný lidmi pomocí navršení zeminy?

Pokud ano, pochází materiál na navršení objektu z okolí mohyly?

Jedná se o zeminu z bývalého humusového horizontu eneolitické půdy?

Byl materiál použitý na stavbu mohyly ovlivněn sídelními aktivitami?

3. Literární rešerše

Antropogenní činnost výrazně ovlivňuje a utváří krajinu již od pravěku. Pozůstatky takových lidských aktivit jsou v krajině patrné i dnes.

Pomocí nedestruktivní archeologie byl u obce Dušníky nalezen pozůstatek pravěké eneolitické dlouhé mohyly, která sloužila jako místo posledního odpočinku (Gojda et Trefný 2011). Její stáří je odhadováno na 5800 let a spadá do sířemské fáze kultury nálevkovitých pohárů staršího eneolitu (Neustupný et al. 2008).

Pro představení archeologicko-environmentálního výzkumu jsou níže uvedeny nezbytné informace o období výstavby mohyly a eneolitu. Také o nedestruktivní archeologii, jejíž metody a principy byly využity při ekologickém zkoumání mohylového objektu a dále o využití rentgenového spektrometru při chemických archeologicko-environmentálních analýzách.

3.1 Eneolit

Eneolit, také označovaný jako chalkolit, je obdobím mladšího pravěku. Typickými, ale ne vždy vyskytujícími se rysy může být pro eneolit nejen v Evropě přílohové zemědělství, vznik mohylových pohřebišť, vynález oradla, začátek využívání mědi, využívání dobytka k záprahu v zemědělství a změna struktury společnosti (Neustupný et al. 2008, Křišťuf et al. 2019).

Pravděpodobný začátek eneolitu na našem území se datuje na 4500 / 4400 př. Kr., konec eneolitu a tedy i začátek doby bronzové je datován na 2300 / 2200 př. Kr. Období eneolitu je obecně ještě rozdělované do čtyř časových úseků: časný, starší, střední a mladší eneolit. Nejstarším obdobím eneolitu je eneolit časný, po němž následuje období staršího a později středního eneolitu až po mladší eneolit. Pro daná období a území jsou zpravidla typické různé kultury, tzn. kultury dominantní na našem území ve starším eneolitu, mohly na odlišném území dominovat v jiném období. Některé z eneolitických kultur jsou pojmenované podle artefaktů typických pro danou kulturu. V období staršího eneolitu, kdy vznikla dlouhá mohyla v Dušníkách, byla na tomto území Čech dominantní kultura nálevkovitých pohárů. Právě v období staršího eneolitu byla totiž kultura nálevkovitých pohárů značně rozšířena ve střední Evropě. Starší eneolit je datován zhruba od 3800 př. Kr. (Neustupný et al. 2008).

Velký význam mají v eneolitu začátky metalurgie mědi. Nejstarší pozůstatky technologie odlévání měděných předmětů byly objeveny na lokalitě Makotřasy

u Kladna (Pleslová–Štiková 1985). Měděnými předměty vyráběnými v období eneolitu byly především zbraně a šperky, nikoliv předměty běžného užití (Křišťuf et al. 2019).

Období eneolitu přineslo několik významných změn v hospodaření, především v zemědělství. Ze žárového zemědělství se přešlo na přílohové zemědělství, došlo k vynálezu oradla a využívání dobytka k jeho záprahu. Výrazně vzrostl význam pšenice v pěstování kulturních plodin. Došlo také k velkým změnám ve struktuře společnosti, což ovlivnilo sídlení, ale i pohřební rituály. Oproti velkým neolitickým osadám začala vznikat menší lidská sídliště. Typický pro eneolit je i vznik mohylových pohřebišť (Neustupný et al. 2008, Křišťuf et al. 2019).

Mohylová pohřebiště v eneolitu měla několik podob. Pro období mladšího eneolitu jsou typické menší mohyly kruhovitěho tvaru. Těm předcházely větší dlouhé mohyly trapézového tvaru, které mohou měřit i několik desítek metrů. Dlouhé mohyly vznikaly především v časném a starším eneolitu. Často se jedná se o mohutné a izolované mohyly s náspem ohrazené příkopem. Vzhledem k rozměrům mohyl lze předpokládat, že jejich provedení muselo být velmi stavebně náročné. Těla v mohylách byla zpravidla pohřbívána v poloze na boku, v hrobové jámě pod mohylovým náspem. K pozůstalým byla ukládána výbava hrobů, kterou často představovaly nádoby a poháry, či sekeromlaty, drobná kostěná industrie a další předměty (Neustupný et al. 2008). Pro dlouhé mohyly byl typický menší počet hrobů a ostatků v nich uložených. Zpravidla se jednalo o jeden až dva hroby, nicméně větší počet hrobů také není výjimkou. Přesto mohyla sloužila spíše k pohřbívání elit. V mohylách byly pohřbívány ženy i muži, ale také děti (Midgley 2006).

3.2 Nedestruktivní archeologie

Za nedestruktivní archeologii jsou považovány takové metody archeologického zkoumání, které nejsou invazivní a destruktivní pro krajinu či archeologická naleziště. Hlavní výhodou těchto metod je jejich nedestruktivnost, která umožňuje dané archeologické lokality zkoumat opakovaně. Naopak za destruktivní archeologii jsou považovány výkopy archeologických lokalit, které svým zásahem nenávratně naruší nejen archeologický pramen, ale také terén a krajinu. Mezi nedestruktivní archeologii se řadí nejen vyhledávání archeologických pramenů v krajině, kterým může být jako v případě dlouhé mohyly v Dušníkách objevení mohyly v krajině pomocí letecké archeologie. Nedestruktivní archeologií může být také odběr vzorků pedologickou sondou, během něhož jsou prováděny pouze minimální zásahy do terénu

a archeologického pramene. Následně mohou být odebrané vzorky zeminy podrobeny laboratorním analýzám, například chemické analýze pomocí široké škály geochemických metod (Kuna 2004). Právě v případě zkoumané mohyly v Dušníkách byly odebrány pedologické vzorky a podrobeny chemické analýze.

3.2.1 Letecká archeologie

Letecká archeologie, při níž se identifikují archeologické památky v krajině, získává archeologická data z lokalit za pomoci fotografií pořízených z dálkového průzkumu Země, nebo z leteckého snímkování. Jedná se o fotografie zemského povrchu pořízené z výšky sta metrů až kilometrů. Tato metoda slouží především ke zkoumání krajiny ovlivněné člověkem a jeho (nejen sídelní) aktivitou. Význam letecké archeologie spočívá v pozorování zásahů provedených v minulosti do krajiny, které jsou v současnosti vidět s odstupem z větší vzdálenosti, přestože zblízka mohou být stěží zpozorovatelné. Archeologické objekty nemusejí být samy o sobě v terénu viditelné, protože mohou být zakryté vrstvou zeminy a jejich pozůstatky mohou být v krajině zpozorovatelné pouze díky příznakům, které indikují jejich přítomnost. Mezi takovéto příznaky může patřit odlišné zbarvení půdy (půdní příznaky) v místech objektu, či reliéfní příznaky viditelné odlišnými tvary v povrchu terénu, nebo vegetační příznaky, aj. (Gojda 2004). Obecně se rozlišují příznaky přímé a nepřímé. Přímé příznaky jsou takové, kdy je pozorovatelný objekt a jeho obrys v půdě a krajině přímo viditelný. Nepřímé jsou takové příznaky, které se projevují přímo v půdě, ale až působením jiných přírodních vlivů, které pomohou odhalit objekt v krajině. Mezi příznaky nepřímé se řadí příznaky vegetační (porostové) a sněhové. Vegetační příznaky jsou v letecké archeologii důležitým způsobem odhalování archeologických lokalit (Edis et al. 1989, Šmejda 2009).

3.2.2 Vegetační příznaky

Porostové, neboli vegetační příznaky, jsou nepřímé příznaky vyskytující se na archeologických pramenech v krajině. Jsou zpozorovatelné z důvodu odlišného projevu vegetace na archeologickém objektu od vegetace okolní (Šmejda 2009). Tento jev je nejlépe pozorovatelný na monokulturách zemědělských plodin, především pak na obilovinách, na rozdíl od jiného typu vegetace (Jones et Evans 1975, Scollar et al. 1990 ex. Šmejda 2009, Gojda 2004).

Vegetační příznaky, které jsou ovlivněny přítomností archeologického pramene, se mohou na porostech projevovat různými způsoby. Přítomnost archeologického objektu se může projevit odlišnou barvou a výškou rostlin. Rostliny se mohou také lišit plochou olistění, či hustotou rostlin na ploše. V letecké archeologii jsou tyto projevy dobře pozorovatelné (Scollar et al. 1990 ex. Šmejda 2009). Přítomnost archeologického pramene má také vliv na dobu dozrávání obilovin (Hejcman et Smrž 2010).

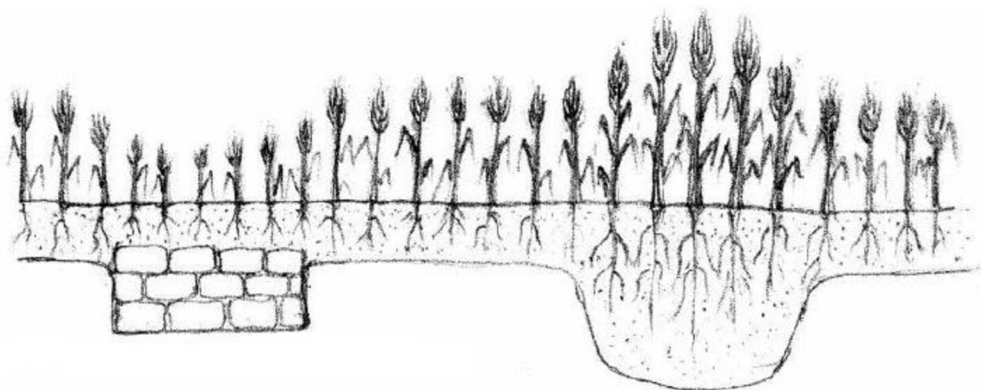
Pozůstatky archeologických objektů se často nacházejí pod vrstvou půdy, zasypané sedimenty. Výška plodin, které rostou na místech zahloubených objektů, může být vyšší oproti okolním rostlinám. V takovém případě hovoříme o pozitivních vegetačních příznacích vyskytujících se na zahloubených objektech, jako jsou například příkopy, žlaby, jámy a hrobové jámy. K opačným, negativním příznakům dochází, když je vegetace naopak menšího vzrůstu než v okolí, například je-li v zemině pozůstatek zídky, či podobných objektů (Gojda 2004). Výrazně častěji jsou na archeologických objektech pozorovatelné pozitivní vegetační příznaky, než ty negativní (Hejcman et Smrž 2010).

Přesto objekty v krajině nemusí být vždy zpozorovatelné. Jejich viditelnost závisí na mnoha faktorech. A to zpravidla na klimatických a půdních podmínkách, ale u vegetačních příznaků také například na druhu plodiny (Jones et Evans 1975, Gojda 2004). K dobře viditelnému projevu vegetačních příznaků dochází kupříkladu na ječmeni setém (*Hordeum vulgare*), který se projevuje tmavě zelenou barvou, nebo na pšenici seté (*Triticum aestivum*; Gojda et Hejcman 2012). Hůře pozorovatelné jsou porostové příznaky u travin, cukrové řepy (*Beta vulgaris*) a brambor (*Solanum tuberosum*; Jones et Evans 1975). Co se týče klimatických faktorů prostředí, projev vegetačních příznaků nejvíce ovlivňuje bilance vody v půdě. Ta je ovlivněna ztrátami vody v podobě výparů a vláhovým deficitem z nedostatku srážek hlavně v letních měsících, které jsou teplé a na srážky chudé (Evans et Jones 1977). Projev porostových příznaků také ovlivňují roční teploty, povětrnostní podmínky a další klimatické faktory (Scollar et al. 1990 ex. Šmejda 2009).

Kromě klimatických faktorů ovlivňuje přítomnost vegetačních příznaků rovněž geologický substrát. Geologický substrát, který více propouští vodu, a tedy napomáhá k vláhovému deficitu v půdě, podněcuje vznik těchto příznaků. Jedná se například o štěrkopískové terasy, či písečné duny, nebo vápencové horniny. Hůře se pak tyto nepřímé příznaky projevují na sprašovém podloží, nebo nepropustných jílech, které nejsou tolik zasaženy ztrátami vody. Projevy vegetačních příznaků jsou ovlivněné i výškou půdního profilu. Pokud jsou v místě objektu (či případně mrazového klínu)

hlubší půdy oproti okolí, projevuje se zde pozitivní vegetační příznak. Je to ovlivněno vyhloubením a následně zanesením příkopu / jámy zeminou, která může být na živiny bohatší, anebo lépe zadržovat vodu, což prospívá vegetaci, která se tak pozitivně projeví svými příznaky v krajině (Bradford 1957 ex. Šmejda 2009, Evans et Jones 1977). Projev pozitivních vegetačních příznaků také úzce souvisí s vyšší produkcí biomasy. Vyšší produkce biomasy je především u vegetačních příznaků zasypaných odpadních jam, hrobů, zahloubených obydlí, nebo příkopů vyplněných sedimenty (Gojda et Hejcman 2012). Jedná se jak o nadzemní část rostlin, tak o kořenový systém, který ve vyhloubených objektech sahá hlouběji a tím získává více vláhy a současně živin pro růst (Obrázek 1; Evans et Jones 1977).

Naopak u negativních vegetačních příznaků ovlivňuje negativně prosperitu vegetace mělkost půdního profilu, která vede k rychlejší vysychavosti půd a nedostatku živin. Růst nadzemní části rostlin i kořenového systému může být brzděn mělkými půdami, nebo půdami s výskytem kamenných vrstev, nebo štěrkopískových vrstev s nízkým obsahem živin. To se může nepříznivě projevit na vegetačních příznacích (Obrázek 1; Bradford 1957 ex. Šmejda 2009, Evans et Jones 1977).



Obrázek 1: Projev pozitivních (vpravo) a negativních (vlevo) vegetačních příznaků na obilovinách (Rajani 2007).

3.2.3 Podřipsko

Mohyla v Dušníkách, stejně jako několik dalších archeologických lokalit na Podřipsku, byla objevena pomocí letecké archeologie archeologem prof. Martinem Gojdou a to díky projevu pozitivních i negativních vegetačních příznaků na obilovinách. Podřipsko bylo historicky několikrát podrobena leteckému zkoumání. Jedná se o oblast bohatou na archeologické lokality. Další objekty, u kterých bylo potvrzeno, že se jedná o mohyly, byly objeveny na Podřipsku, například u obcí Nížebohy a Vražkov (Gojda et Trefný 2011, Gojda et Hejcman 2012).

Velký počet zaznamenaných archeologických památek na Podřipsku úzce souvisí se zdejšími půdními podmínkami a geologickým substrátem. Největší počet nalezených památek leteckou archeologií na našem území připadá na oblasti se štěrkopískovým podložím, na kterém častěji dochází k deficitu vláhy a na kterém se proto projevují dobře pozorovatelné vegetační příznaky. S výskytem štěrkopískových teras je také spojen výskyt pravěkých sídelních aktivit, které souvisí s častým sídlením v blízkosti vodních zdrojů (Hejcman et Smrž 2010; Gojda et Hejcman 2012)

Oblast v okolí Řípu je pestrá na výskyt (nejen) dlouhých mohyl, což může souviset také s Řípem, který je dominantou rovinatého reliéfu krajiny a lze se domnívat, že mohl mít pro pravěké předky duchovní význam (Turek 2021).

3.3 Archeologicko-environmentální půdní analýzy

Při zkoumání minulých lidských aktivit, které zasahují, až do období pravěku se stále častěji využívá mezioborových bádání spojujících archeologii s ekologií. Z pohledu ekologie je nezbytné si uvědomit, že ovlivňování krajiny člověkem sahá hluboko do lidské historie. Ovlivňování krajiny a ekosystémů v pravěku neslo rysy dané kulturou, která na území žila. Tyto změny se v krajině mohou projevat dodnes. Spojení ekologie s archeologií může napomoci ucelit celkový kontext vlivu člověka na životní prostředí a najít nové poznatky v této mezioborové vědní disciplíně (Briggs et al. 2006).

Mluvíme-li o vlivu člověka na životní prostředí, není vhodné posuzovat pouze recentní vliv člověka na přírodu, tak jak ho známe. K ovlivňování přírody a krajiny dochází dlouhodobým působením lidské aktivity, která zprvu nepřetvářela přírodu tak intenzivně jako nyní. Období, kdy vlivem člověka začalo docházet k nepopiratelným změnám, můžeme označit jako antropocén (Pokorný et Storch 2021).

Lidská činnost ovlivňuje všechny složky životního prostředí v lokálním i globálním měřítku, včetně půd a jejich chemického signálu (Sjöberg 1976, Entwistle et al. 1998, Pokorný et Storch 2021), a to již od pravěku. Z toho důvodu je prostorové zkoumání chemického signálu jednou z metod využívanou v archeologii. Analýza půdních vlastností může pomoci odhalit, jak byla půda v minulosti využívána (Sjöberg 1976, Entwistle et al. 1998). Například osídlování území totiž zpravidla vede k obohacování půdy na živiny a může tak vést mimo jiné ke zvýšení úrodnosti půdy (Wells et al. 2000; Hejcman et al. 2013b).

Půdy na archeologických lokalitách lze podrobit geochemickému zkoumání, které nám může pomoci pochopit vztah mezi životním prostředím a lidskou aktivitou v minulosti (Janovský et Horák 2018). Chemické analýzy půd mohou v tomto ohledu pomoci určit, zda se jedná o půdy přirozeně vzniklé půdotvornými procesy, nebo zda horizonty a jejich chemické signály byly ovlivněny lidskou aktivitou, jako například sídlením, zemědělstvím aj. (Hejcman et al. 2013c). Předpokladem úspěšného zkoumání půd, které byly ovlivněny lidskou činností je dlouhodobá fixace antropogenně vzniklých změn v chemických vlastnostech půdy a také porovnání přirozeného obsahu prvků v půdě s ovlivněnými půdami (Sjöberg 1976, Entwistle et al. 1998).

Hlavním indikátorem vlivu člověka pro chemické analýzy je zvýšený obsah P. Jeho hodnoty mohou pomoci odpovědět na řadu archeologických otázek, především na způsob využívání půdy (Zimmermann 2008, Hejcman et al. 2011). Zvýšené hodnoty P často indikují sídelní aktivitu, spojenou například s popelem, hnojem a kuchyňskými odpady. Mezi další prvky, které mohou být indikátory lidské aktivity, patří Ca, který je ve velkém množství obsažen v kostech a popelu (Cílek et al. 2021).

Zvýšené hodnoty prvků spojených se sídelní aktivitou na archeologických objektech mají vliv také na vznik vegetačních příznaků. Antropogenní činnost ovlivňující chemické vlastnosti půd, může mít za následek zvýšený obsah některých prvků v půdě, jako je P, K, Ca, Mg a Zn. Výplň některých zahloubených objektů může proto být bohatší na živiny a vést tak k větší produkci rostlin (Hejcman et al. 2011).

3.4 XRF spektrometr a jeho využití v archeologii

Archeologie, která ve svých závěrech vychází především z hmotných pramenů, může ke svému zkoumání využívat nejen nalezené artefakty lidské aktivity, ale také ekologické prameny. Může se například jednat o půdy, sedimenty, nebo zbytky hmyzu. Tyto informace o půdě, usazeninách či nánosech svými vlastnostmi a strukturou napomáhají ucelit archeologický kontext (Pollard et al. 2007).

Právě zmíněné půdy a jejich složení mohou být zásadně ovlivněny lidskou aktivitou. To se projevuje mimo jiné na chemickém složení půd. Antropogenní činnosti ovlivňují stopové množství prvků v půdě, a to spolu s typem matečné horniny a půdotvornými procesy (Kabata-Pendias 2001). Chemická analýza půd může přispět k rozeznání půd ovlivněných lidskou činností (Hejcman et al. 2013b). Ke zjištění celkového obsahu prvků obsažených v půdách je možné při analýze používat rentgenový spektrometr (X-rays; Pollard et al. 2007; Janovský et Horák 2018), který slouží jako

jedna z geochemických metod pro zkoumání změn v půdě způsobených lidskou činností.

Geochemické metody zkoumání se zabývají především sledováním a posuzováním (nejen) látkových toků a jejich změn v životním prostředí, které mohou být ovlivněny aktivitou člověka. Geochemické analýzy jsou založeny na odběru vzorků z půdy, vody, rostlin a dalších, za účelem měření obsahu prvků, nebo látkové výměny (Lipský 2000). Tyto metody jsou často využívány nejen v environmentálních oborech, ale také například v archeologii.

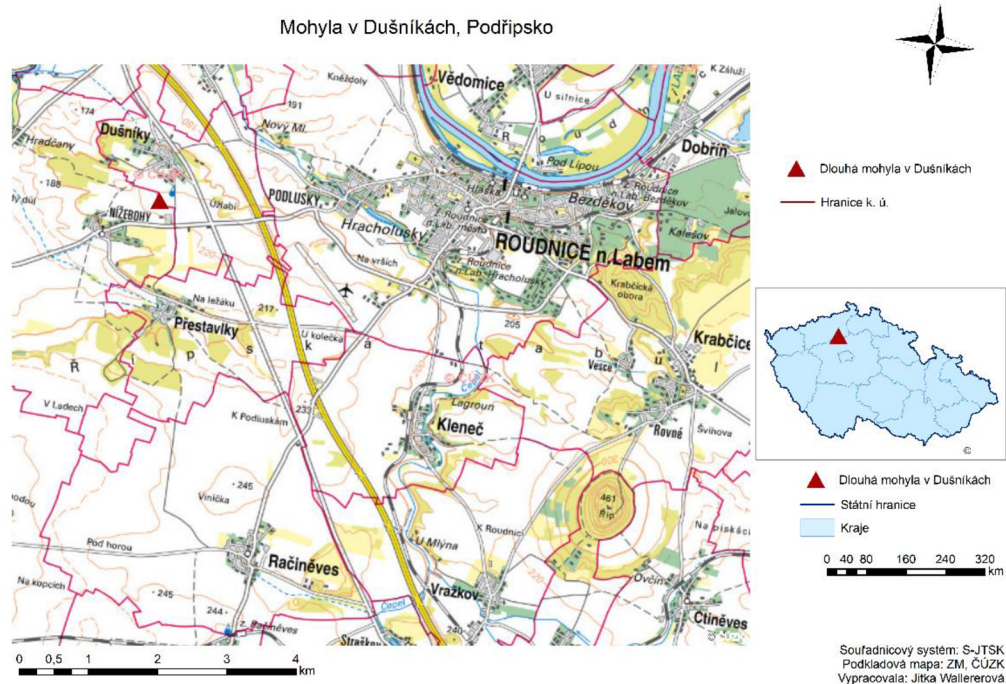
Vlastnosti rentgenové spektrometrie za použití XRF (X-ray fluorescence) spektrometru je možné využít ke zjištění celkových koncentrací prvků obsažených v půdě na archeologických objektech (Janovský et Horák 2018). Výsledky XRF spektrometrie mohou odhalit a porovnat rozdíly v chemickém složení půd na zájmové lokalitě a posoudit, zda se jedná o přírodní projevy, či pozůstatky lidské aktivity (Williams et al. 2020). Zvýšená akumulace některých chemických prvků může pomoci zjistit minulou, či současnou lidskou aktivitu. Tyto prvky jsou označovány jako indikátory lidské činnosti, či antropogenní prvky (Asare et al. 2020).

4. Charakteristika zájmového území

V zemědělské oblasti v blízkosti Řípu se nachází pozůstatky dlouhé pravěké mohyly z období eneolitu. Mohyla, jejíž objekt leží na hranici mezi obcemi Dušníky a Nížebohy, není jedinou objevenou pravěkou mohylou na Podřipsku.

Díky letecké archeologii a dalšímu bližšímu zkoumání byly v krajině okolo hory Říp objeveny také mohyly na katastrálním území obcí Vražkov, Račiněves a Nížebohy. Všechny zmíněné mohylové objekty byly objeveny pomocí svých prostorových příznaků v zemědělské krajině. Poslední ze jmenovaných, mohyla v Nížebohách, se nachází v blízkosti studované mohyly. Studovaná mohyla, kterou protíná hranice katastrálních území Nížebohy a Dušníky, je z důvodu možné zaměnitelnosti s mohylou v Nížebohách, dále označována pouze jako mohyla v Dušníkách.

Objekt mohyly v Dušníkách byl objeven v intenzivně zemědělsky obhospodařované oblasti. Pozůstatky objektu se nacházejí pod úrovní terénu. Navenek se mohyla projevuje pouze jako mírná a nenápadná vyvýšenina v krajině s malým převýšením oproti okolnímu terénu (Příloha 5). Mohyla v Dušníkách je jedinečná nejen svými rozměry a délkou objektu. Vzácná je také její zachovalost, oproti dosud objeveným dlouhým mohylám, vezmeme-li v potaz, že celá oblast Podřipska, včetně zájmové lokality je dlouhodobě obdělávána za použití těžké zemědělské techniky.



Obrázek 2: Mohyla v Dušníkách (vlevo nahoře) a hora Říp (vpravo dole; Podkladová mapa: ČÚZK ©2021b)

4.1 Dlouhá mohyla v Dušníkách

Pozůstatky pravěké mohyly se nacházejí na hranici dvou katastrálních území Dušníky a Nížebohy, v okrese Litoměřice, v Ústeckém kraji. Hora Říp, která je dominantou celé krajiny a kterou je možné spatřit ze zájmové lokality, je od mohyly vzdálena vzdušnou čarou 7,5 km jihovýchodním směrem. Intravilán obce Dušníky je od lokality vzdálen zhruba půl kilometru. Ve středu mohyly se nachází geodetický bod se stanovenou nadmořskou výškou 224 m n. m. (Obrázek 2, Mapy.cz, ©2018).

Stáří eneolitické mohyly je odhadováno na 3800 let př. Kr. Objekt má dlouhý trapézový půdorys o rozloze přibližně 1900 m² (Obrázek 3). V rovinatém reliéfu Podřipska se mohyla projevuje reliéfními příznaky pouze jako nepatrná vyvýšenina (Příloha 5). Mohyla je orientována ze západu na východ. Západní strana mohyly je užší, měří 17 m, oproti východní straně, která je široká 26 m. Délka mohyly činí 86 m a v jejím středu se nachází keř spolu s geodetickým bodem o souřadnicích Y: 754059,38, X: 1004324,14 (S-JTSK; Mapy.cz ©2018).

Mohylová pohřebiště na Podřipsku, včetně zájmové lokality mohyly v Dušníkách, byla objevena leteckou archeologií kvůli viditelnosti pozitivních a negativních vegetačních příznaků na rostlinách na zemědělské ploše. Projev těchto vegetačních příznaků je pozorovatelný také na veřejně dostupných mapových podkladech. Obrys mohyly v Dušníkách je viditelný především na leteckém snímku z roku 2016 na webovém portálu Mapy.cz. (Obrázek 3). Pozitivní i negativní vegetační příznaky, viditelné na pšenici, kopírují tvar objektu mohyly.



Obrázek 3: Projev vegetačních příznaků - mohyla Dušníky (Mapy.cz ©2018)

Objekt mohyly tvoří plášť mohyly, žlábek a písečná terasa. Viditelná tmavá linie po obvodu tělesa je vyhloubený příkop (žlábek). Právě na žlábků jsou pozitivní vegetační příznaky nejvýraznější, což je důvodem jeho pozorovatelnosti v krajině. Podobně se projevuje i těleso mohyly, které je uvnitř ohraničené linie a které taktéž vyniká tmavým zbarvením porostu. Plášť pravěké mohyly bývá tvořen hrobovou jámou a navršenou zeminou, což se projevuje na pozitivních vegetačních příznacích. Mezi tělesem mohyly a žlábkem se negativními porostovými příznaky, a tím i světlým zbarvením rostlin projevuje písečná terasa, která pravděpodobně vznikla navršením písku z vyhloubeného příkopu.

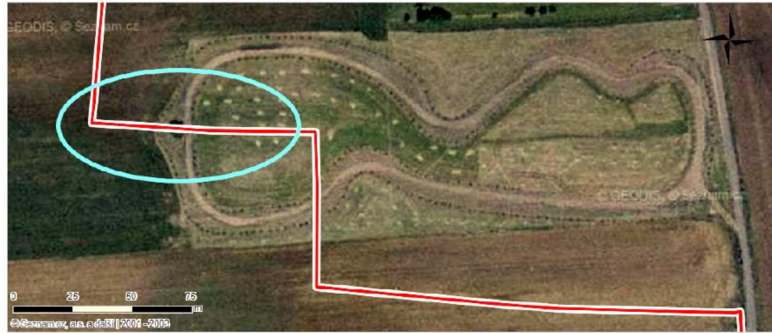
Na fotografii jsou dále zřetelné koleje od zemědělských strojů a uprostřed mohyly se nachází keřový porost spolu s geodetickým bodem.

4.2 Posouzení krajinného vývoje na základě mapových podkladů

Již na historických povinných císařských otiscích stabilního katastru z roku 1843 se zájmová oblast, kde se nachází objekt mohyly, jeví jako plně odlesněná a zemědělská (ČÚZK ©2010). Obdobně i mapové podklady vojenských mapování z let 1764–1880 (I., II. a III. vojenské mapování) ukazují na historické odlesnění této oblasti (Laboratoř geoinformatiky ©2022). Z mapových listů není zřejmé, že by se mohyla výrazněji projevovala v reliéfu jako vyvýšenina.

Lokalita, na které se pravěká mohyla nachází, je dlouhodobě obhospodařovanou zemědělskou oblastí. K posouzení krajinného vývoje blízkého okolí mohyly byly využity letecké snímky z let 2001 až 2019, z webového portálu Mapy.cz (Přílohy 1 až 4, Obrázek 3 a 4).

Na leteckém snímku z let 2001–2003 (Mapy.cz ©2003, Obrázek 4) se na východní části objektu mohyly nachází motokrosová trať, která na pozdějších mapových snímcích z let 2004 – 2006 není (Mapy.cz ©2006, Příloha 1) a až do současnosti se zde nachází pouze zemědělská pole. Jedinými výraznými proměnlivostmi v rámci posledních dvou dekád jsou vybudování a zánik zmíněné motokrosově trati a také změny v situovanosti, fragmentaci a hranicích zemědělských půdních bloků. V současnosti protíná mohylu nejen hranice katastrálních území, ale také s ní kolidující hranice dvou zemědělských půdních bloků (Příloha 4). Z použitých leteckých snímků jsou zřejmé vegetační příznaky pouze na mapovém podkladu z května 2016 (Mapy.cz ©2018; Obrázek 3).



Obrázek 4: Motokrosová trať vybudovaná na části dlouhé mohyly v Dušníkách (modrý ovál; Mapy.cz ©2003)

4.3 Přírodní podmínky

Krajina Podřipska je charakteristická svým rovinatým reliéfem, jehož hlavní krajinnou dominantou je hora Říp.

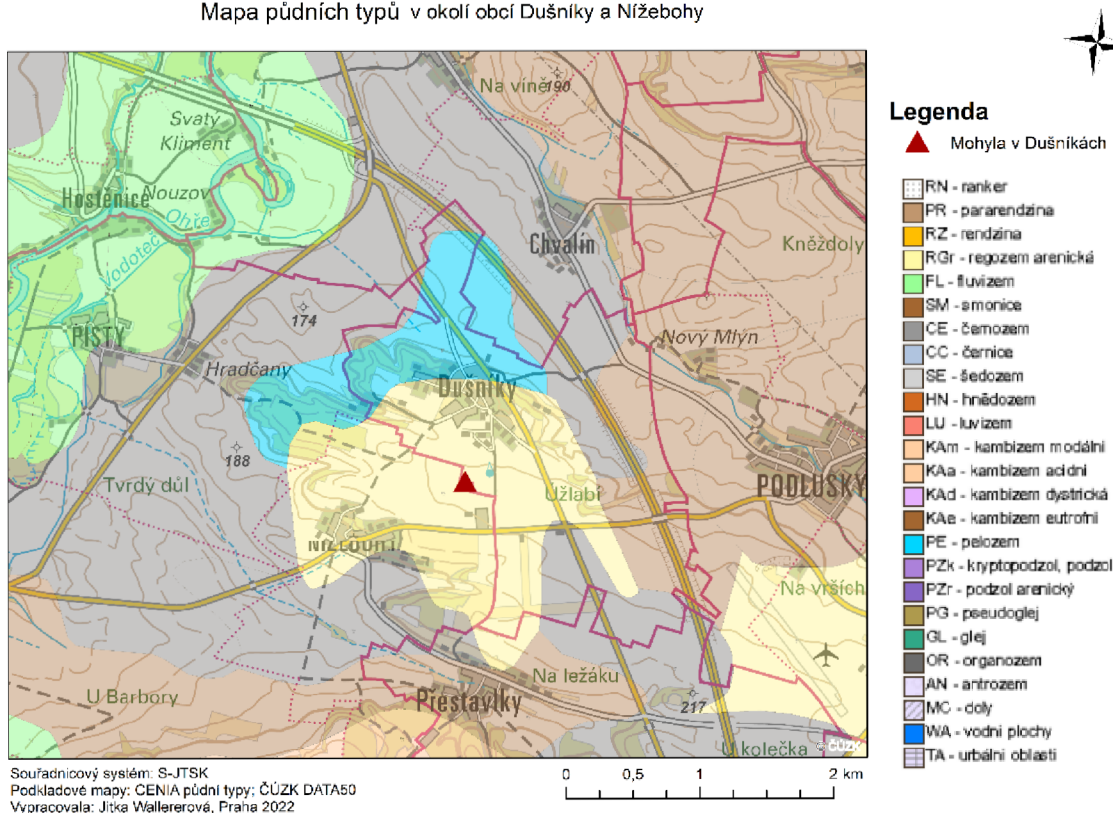
Lokalita mohyly v Dušníkách, která je předmětem této studie, se nachází na území Českého masivu, který je jedním ze dvou geomorfologických systémů v České republice. K zvrásnění tohoto regionu došlo při variském (hercynským) vrásnění před 300 – 380 miliony lety (Chlupáč et al. 2011). Zájmové území leží na severozápadním okraji v geomorfologickém celku Středolabská tabule (ČÚZK ©2015).

V zájmové oblasti mohyly v Dušníkách převládá jako půdní typ regozem (RG; Obrázek 5), na geologickém substrátu štěrkopískových teras (Kozák et Němeček 2009, ČGS ©2017, CENIA ©2020). Regozemě jsou půdním typem, pro které je typické jejich vyvinutí ze sybkých sedimentů, především právě z teras písků a štěrkopísků. Jsou řazeny do referenční třídy regosol, do které spadají pouze zmíněné regozemě. Jsou vyvinuté hlavně v rovinatém reliéfu nižších poloh s nízkou sklonitostí terénu (Tomášek 1995, Němeček et al. 2008, Kozák et Němeček 2009), jako je právě zájmové území na Podřipsku. Jedná se o půdy s mělkým horizontem, u kterých nevyniká kambický horizont. Jsou to půdy lehké až písčité s velmi nízkou úrodností. V lokalitě vyskytující se regozemě arenické, jsou subtypem těchto regozemí (RGr; Tomášek 1995, Němeček et al. 2008).

Lokalita se nachází v teplém a suchém klimatickém regionu (T1; VÚMOP ©2019). Z porovnání úhrnu srážek v této oblasti za poslední čtyři desetiletí je možné konstatovat, že se jedná o jednu z oblastí s nejmenšími ročními úhrny srážek v České republice. Průměrné roční teploty vzduchu patří naopak k nejvyšším v ČR. Na to navazují údaje, že se také jedná o oblast dlouhodobě postiženou obdobími sucha a oblast s velmi malými ročními úhrny sněhových srážek (Tolasz et al. 2007,

ČHMÚ ©2020). Půdy na lokalitě tak mají tendenci k vysýchavosti a nízké retenci vody, s velkou pravděpodobností suchých vegetačních období (40 – 60 %; Tomášek 1995, VÚMOP ©2019). Přesto je vliv klimatu na vznik těchto půd minimální a je ovlivněn především půdotvorným (matečným) substrátem, kterým jsou šterkopískové říční terasy (Tomášek 1995).

Mapa půdních typů v okolí obcí Dušníky a Nížebohy



Obrázek 5: Mapa půdních typů v regionu zájmové lokality (Podkladová mapa: CENIA ©2020; ČÚZK 2021a).

5. Metodika

V rámci studia vlivu minulých lidských aktivit na současný stav krajiny byla dlouhá pravěká mohyla podrobena jak nedestruktivnímu, tak destruktivnímu zkoumání napříč obory archeologie a environmentálních věd. Kombinace těchto oborů nabídla několik metod zkoumání, které přinesli cenné poznatky užitečné pro oba tyto obory.

Za pomoci nedestruktivních metod zkoumání byly odebírány vzorky půd a biomasy ze zájmové lokality v březnu a červenci 2021. Půdní vzorky byly podrobeny laboratornímu měření za pomoci rentgenového spektrometru k určení podílu chemických prvků ve vzorku. Odebrané vzorky biomasy byly měřeny a váženy, taktéž v laboratorních podmínkách. V srpnu 2021 pak byl proveden archeologický odkryv mohyly v Dušníkách (destruktivní metoda).

5.1 Půdní vzorky

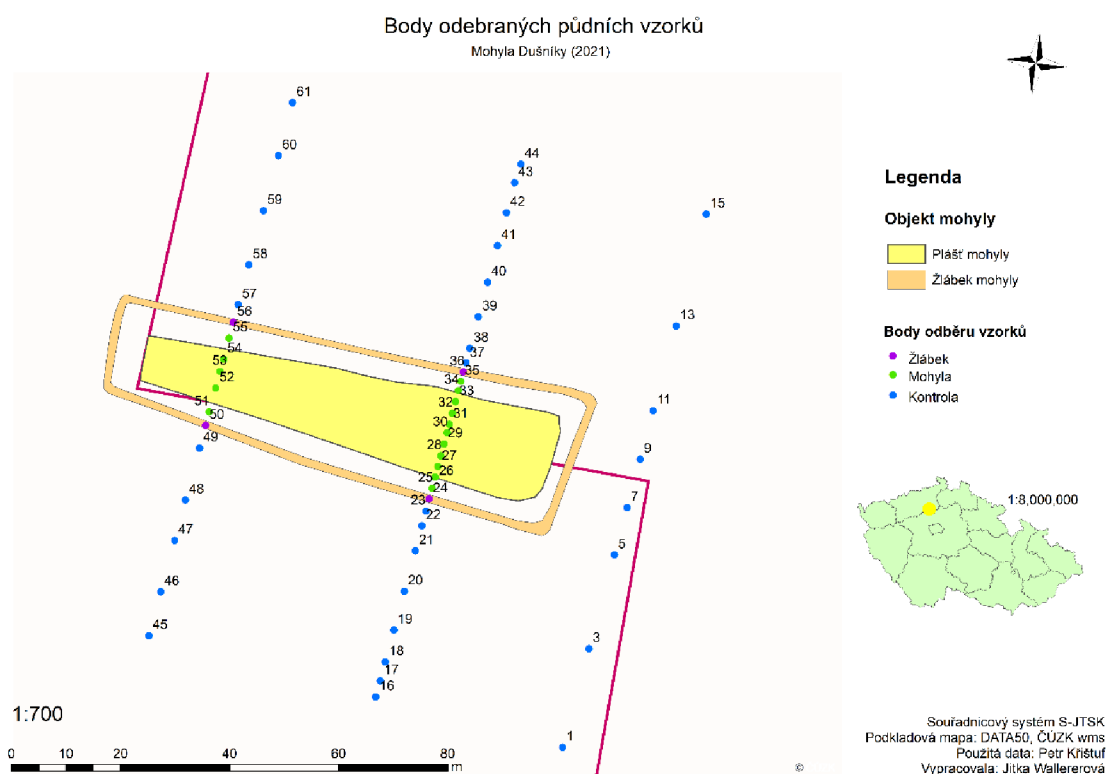
V březnu (11. až 12. 3.) 2021 byly v zájmové lokalitě Dušníky odebrány nedestruktivní a neinvazivní metodou pedologické vzorky. Vzorky byly odebrány pomocí půdní sondy (Obrázek 6). Sonda byla ve vybraných odběrových bodech zatlučena do půdního profilu až do spodních vrstev půdotvorného substrátu, tj. do maximální hloubky 2 metrů. Sondáž byla provedena systematickým odebíráním vzorků ve třech



Obrázek 6: Odebírání vzorků půdní sondou (kontrolní odběr - mimo mohyly)

transektech vedoucích skrze dlouhou mohyly (2 transekty = odběry č. 16-61) a mimo ni (1 transekt = odběr č. 1-15). Důvodem systematického odběru vzorků ve třech transektech byla snaha odhalit případnou přítomnost sídliště. Odběr vzorků byl kategorizován do třech archeologických kategorií podle místa odběru. Půdy odebrané z dlouhé mohyly byly rozlišeny na vzorky odebrané z tělesa / pláště mohyly (dále jen mohyla, odběry č. 24-34 a č. 51-55) a na vzorky odebrané z obvodového žlábků (dále jen žlábek, odběry č. 23, 35, 50 a 56). Další kategorií jsou kontrolní odběry, odebrané v blízkém okolí dlouhé mohyly (dále jen kontrola, odběry č. 1-22, 36-49, 57-61). Kontrolní odběry z blízkého okolí mohyly slouží jako kontrola pro porovnávání výsledků a hodnot naměřených na objektu mohyly, tzn. ke zhodnocení, zda se hodnoty naměřené na mohyle shodují s hodnotami naměřenými v okolí objektu. Z každé sondy bylo odebráno několik vzorků podle typu půdních vrstev a charakteru zeminy.

Body, ze kterých byly odebrány vzorky sondáží, byly lokalizovány a zaměřeny pomocí GPS a každému bodu bylo přiřazeno identifikační číslo (Obrázek 7; Příloha 7).



Obrázek 7: Místa odběru vzorků půdní sondou, mohyloou prochází hranice katastru (červená linie; podkladová mapa: ČÚZK ©2021a)

Analýza byla provedena pro 3 půdní vrstvy: A, B a C. Pro účely studie se nejedná o půdní horizonty, ale o uměle vytvořené kategorie půdních vrstev, pojmenované

A, B, C. Vrstva A představuje svrchní vrstvu a odpovídá orničnímu horizontu. Vrstva B odpovídá horizontu B a antropogenní vrstvě uměle vzniklé člověkem. Vrstva C představuje horizont C, tedy půdotvorný substrát štěrkopísek. V tomto případě nelze hovořit o půdních horizontech, neboť každá kategorie (mohyla, žlábek, kontrola) má odlišnou hloubku půdního profilu a půdy na mohyle jsou antropogenně ovlivněné. Z toho důvodu byly porovnávány uměle kategorizované vrstvy A,B,C, které jsou charakteristické svými vlastnostmi.

Pro vrstvu A bylo odebráno a analyzováno celkem 54 odebraných vzorků, což činí jeden odebraný vzorek z každé sondy. Z 54 vzorků ve vrstvě A bylo 34 na stanovišti kontrola, 16 na mohyle a 4 na žlábků. Důvodem tak nízkého počtu odběrů ze žlábků jsou jeho rozměry. Aby bylo umožněno systematické odebírání vzorků transekty napříč mohylou, bylo možné odebrat jen 4 odběry žlábků. Odběry ve vrstvě A byly odebrány do maximální hloubky 57 cm (Tabulka 1).

Tabulka 1: Počty odběrů a hloubky sond

	A			B			C		
	Počet	Hloubka		Počet	Hloubka		Počet	Hloubka	
	odběrů	Od	Do	odběrů	Od	Do	odběrů	Od	Do
Mohyla	16	0	45	68	40	170	16	89	200
Žlábek	4	0	50	20	40	150	4	120	180
Kontrola	34	0	57	37	30	97	37	35	102
Celkem	54			125			57		

Pro vrstvu B bylo odebráno na kontrole 37, na mohyle 68 a na žlábkách 20 vzorků z celkem 54 odebraných sond. Hloubky odběrů ve vrstvě B se pohybují v rozmezí 40-170 cm u mohyly, 40–150 cm u žlábků a 30–97 cm na kontrole. Důvodem většího množství vzorků je větší mocnost půdního profilu ve vrstvě B, kde bylo odebráno více vzorků v různých hloubkách na jednotlivých sondách. To platí i pro vrstvu C, kde bylo odebráno na kontrole 37 vzorků, na mohyle 16 a na žlábků 4 vzorky. Vzorky u vrstvy C byly odebrány do maximální hloubky 200 cm na mohyle, 180 cm na žlábků a 102 cm na kontrole (Tabulka 1).

Odebrané vzorky byly označeny údaji: lokalita, datum, číslo odběru, horizont, hloubka, a vysušeny při pokojové teplotě a následně skladovány. Poté byly v laboratorních podmínkách analyzovány, nejprve prosety přes síta o zrnitosti frakce 2 mm a následně rozdrceny pomocí hmoždíře. Rozdrcení vzorku v třecí misce bylo provedeno za účelem zjemnění frakce vzorku a rozdrcení půdních částic, což vede k větší měřené ploše všech zrn a tedy i k přesnějšímu výsledku měření. Drcením

vzorku také dochází k homogenizaci vzorku, která je důležitá pro přesnější měření zastoupených prvků ve vzorku (Williams et al. 2020). Ze vzorku byla před prosetím vyjmuta organická hmota (části rostlin) a skelet (kámen), které by mohly zkreslovat měření pomocí XRF spektrometru.

V dalším kroku byly odebrané, proseté a podrcené vzorky jemnozeme vloženy do kyvety a pomocí rentgenového spektrometru XRF byl měřen obsah chemických prvků v procentuálním zastoupení v daném vzorku. K měření byl použit přenosný XRF spektrometr Delta Professional značky Innov-X Systems s nastavením pro geochemii půd. Každý vzorek byl měřen celkem třikrát, aby se předešlo chybným měřením a zvýšila se přesnost těchto měření.

Celkem bylo odebráno a analyzováno 236 vzorků z 54 půdních sond. Doba jednoho měření činila 60 vteřin. V dalších analýzách bylo pracováno jen s takovými chemickými prvky, jejichž výsledky byly relevantní pro zvolené analýzy a hypotézy. Výsledné hodnoty obsahu prvků jsou uváděny v % nebo mg/kg.

K analýze mohly být vybrány následujících 16 prvků pro provedení statistických analýz: Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Zr, Pb, LE (lehké prvky). Zbylé prvky, jejichž hodnoty spektrometr měřil, byly z analýzy vyřazeny kvůli jejich nízkým hodnotám pod mezí detekce u většiny vzorků, či irelevantnosti pro výzkum.

Jako LE jsou v tomto případě označeny lehké prvky. Jedná se o ty prvky periodické tabulky, jejichž atomová čísla dosahují hodnot 1 až 11. Tyto lehké prvky není schopen spektrometr změřit izolovaně (Janovský et Horák 2018).

Některé z naměřených hodnot byly vyhodnoceny jako pod mezí detekce, jednalo se o data prvků P a Cu. Hodnota naměřená jako pod mezí detekce byla nahrazena dopočtenými hodnotami za využití funkce `impKNNa` z knihovny `robCompositions`. Tato funkce dopočítává chybějící hodnoty metodou nejbližšího souseda (Lubbe et al. 2021).

Půdní vzorky byly odebrány pro 3 archeologické kategorie. První z nich je plášť samotné mohyly, dále vyhloubený žlábek, který se táhne po obvodu celé mohyly a v neposlední řadě kontrola, v těsném i širším okolí mohyly. Pro tyto 3 archeologické kategorie byly pomocí statistických analýz porovnávány chemické signály v daných půdních vrstvách.

Pro data půdních vzorků, která jsou neparametrického rozdělení, byl použit v programu R verze 4.0.2 (R Core Team 2020) Kruskal-Wallisův test. Výsledky

analýzy akumulace prvků na archeologických kategoriích byly posouzeny podle hranice významnosti alfa 0,05.

5.2 Rostlinná biomasa

Mohyla, která se nachází na zemědělské ploše, je protnutá podélně nejen hranicí katastrálních území Dušníky a Nížebohy, ale současně také hranicí dvou pozemků. Oba pozemky jsou zemědělská pole, která mají v současnosti různé uživatele a jsou tedy odlišně obhospodařována. Severní zemědělská plocha byla na jaře 2021 oseta brukví řepkou olejnou (*Brassica napus*). Jižní zemědělská plocha, ze které byly odebrány vzorky biomasy, byla oseta ozimou pšenicí setou (*Triticum aestivum*).

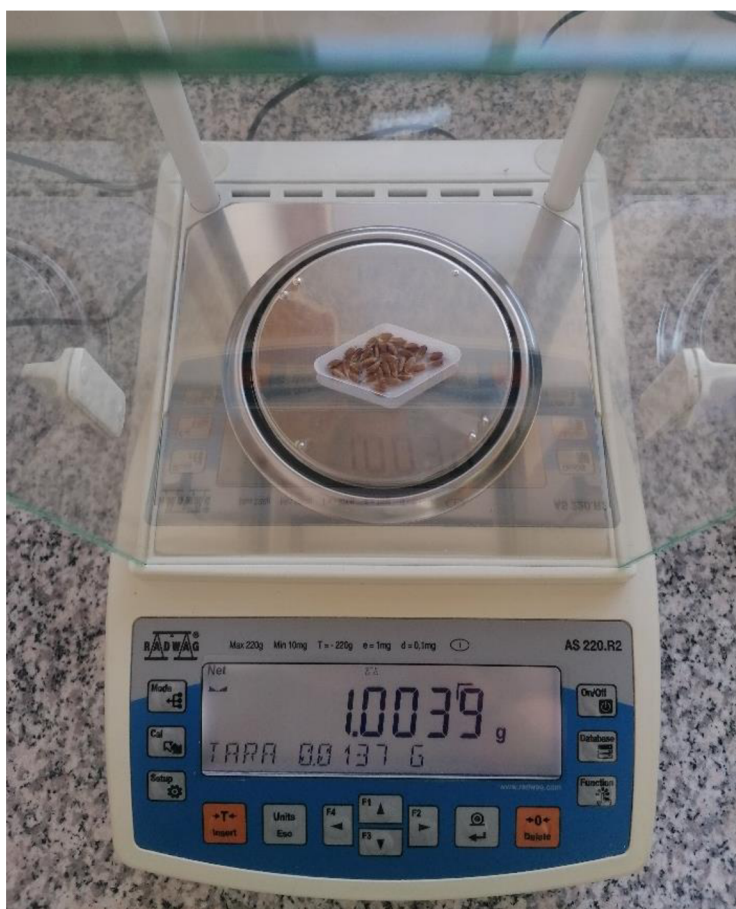
Projev vegetačních příznaků na porostu pšenice ozimé byl při odbírání vzorků v červenci 2021 výrazný (Obrázek 8). Řepka byla v době odběru vzorků biomasy sklizena.



Obrázek 8: Oblast odběru vzorků pšenice (Foto: Michal Hejcman).

Na fotografii z července 2021 je vidět jižní zemědělská plocha osetá pšenicí ozimou s projevem pozitivních vegetačních příznaků v podobě výraznější žluté barvy klasů. Fotka byla pořízena při odběru vzorků.

V polovině měsíce července (16. 7. 2021), v období před sklizní, byly odebrány z jižní části mohyly v Dušníkách vzorky nadzemní části rostlin. Rostliny byly uříznuty (odebrány) v těsné blízkosti zemského povrchu. Rostliny pšenice byly odebrány pro tři kategorie: mohyla, žlábek a kontrola. Předmětem studie je nadzemní část rostlin odebraná z pláště mohyly a z obvodového žlábků eneolitického stáří vedoucího kolem mohyly. Vzorky biomasy odebrané mimo objekt mohyly (kontrola) poslouží jako srovnání se vzorky odebranými z pláště mohyly a žlábků.



Obrázek 9: Vážení zm z jednoho klasu (vzorek - žlábek)

Z odebrané pšenice byl vybrán náhodný reprezentativní vzorek 20 rostlin pro každou ze tří kategorií, celkem tedy 60 vzorků rostlin (20krát kontrola, 20krát mohyla, 20krát žlábek).

U vybraných 20 rostlin z každé ze tří kategorií (mohyly, žlábků a kontroly) byla změřena výška celé nadzemní části rostliny a také délka klasu. Délka klasu byla měřena bez osin.

Dále byla z klasů vyloupana zrna. Byl určen počet zrn v každém z klasů a byla zvážena hmotnost všech zrn v jednotlivých klasech. Z údajů o váze a počtu zrn v klasu byla vypočtena hmotnost tisíce zrn (dále jen HTZ). Vážení bylo prováděno na analytické váze značky RADWAG určené pro měření položek velmi malé hmotnosti (setiny gramů) v laboratorních podmínkách (Obrázek 9).

Pro všech pět analyzovaných parametrů (délka klasu, délka rostliny, počet zrn v klasu, váha zrn v klasu, HTZ) byly provedeny statistické analýzy a výpočty v programu R (verze 4.0.2, R Core Team 2020). Pro data byl použit Shapiro-Wilkův test normality. Pro délku klasu, délku rostliny a počet zrn v klasu byl proveden statistický test ANOVA pro data s normálním rozdělením. Pro zpracování dat váha zrn v klasu a HTZ, a jejich vhodnější interpretaci bylo nezbytné provést logaritmickou transformaci před provedením analýzy ANOVA. U statistického testu ANOVA byla porovnávána data tří archeologických kategorií (mohyla, žlábek a kontrola) a posuzována statistická významnost na hladině významnosti alfa 0,05.

5.3 Archeologický odkryv mohyly

V srpnu 2021 proběhl třítýdenní archeologický odkryv východní části mohyly. Poznatky z odkryvu posloužily pro srovnání s výsledky měření půdních vzorků a biomasy a napomohly ucelit archeologicko-environmentální kontext budování mohyly a jejího projevu na současných agroekosystémech. Odkryv pomohl odhalit stratigrafii půdního profilu na archeologických kategoriích: mohyle, žlábků a kontrole, což napomohlo ucelit historický kontext o výstavbě mohyly, vyhloubení žlábků a původu zeminy. Současně odkryv pomohl odhalit, zda jsou poznatky z měření odpovídající na otázku výskytu možné sídelní aktivity v souladu s archeologickými nálezy. Díky nálezům keramiky bylo také datováno období výstavby pravěké mohyly.

6. Výsledky

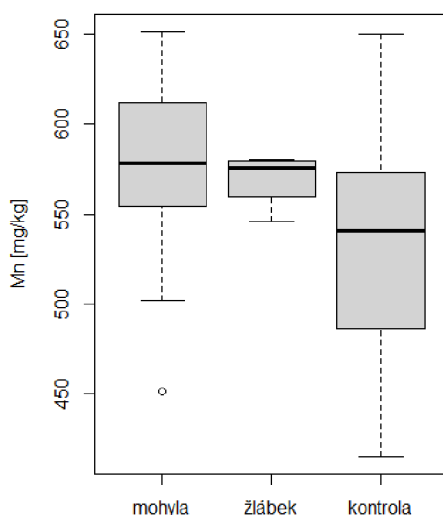
6.1 Půdní vzorky

Půdní vzorky odebrané napříč tělesem mohyly, žlábkem a kontrolou byly analyzovány pomocí geochemických a statistických metod ve třech hloubkových vrstvách půdy A, B a C na podíl zastoupených prvků Al, As, Ca, Cu, Fe, K, Mn, P, Pb, Rb, Si, Sr, Ti, Zn, Zr a LE (lehké prvky). Pro všechny půdní vrstvy (A, B, C) byly stanoveny pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova (K-W) testu rozdíly mezi kategoriemi mohyla, žlábek a kontrola.

V následujících podkapitolách jsou podrobněji popsány jednotlivé vrstvy a obsah prvků v nich. Kompletní statistické hodnoty pro všech 16 prvků naměřených v mohyle, žlábkem a kontrole v půdních vrstvách A, B, C jsou uvedeny v tabulce (Přílohy 9 až 11).

6.1.1 Vrstva A

U svrchní půdní vrstvy A, která odpovídá orničnímu horizontu, byl výsledek porovnání hodnot z mohyly, žlábkem a kontroly statisticky nevýznamný pro většinu prvků. Jednalo se o prvky: Al, As, Ca, Cu, Fe, K, P, Pb, Rb, Si, Sr, Ti, Zn, Zr a LE (Příloha 9). Statisticky významný rozdíl se potvrdil K-W testem pouze u hodnot Mn s p-hodnotou $<0,05$.



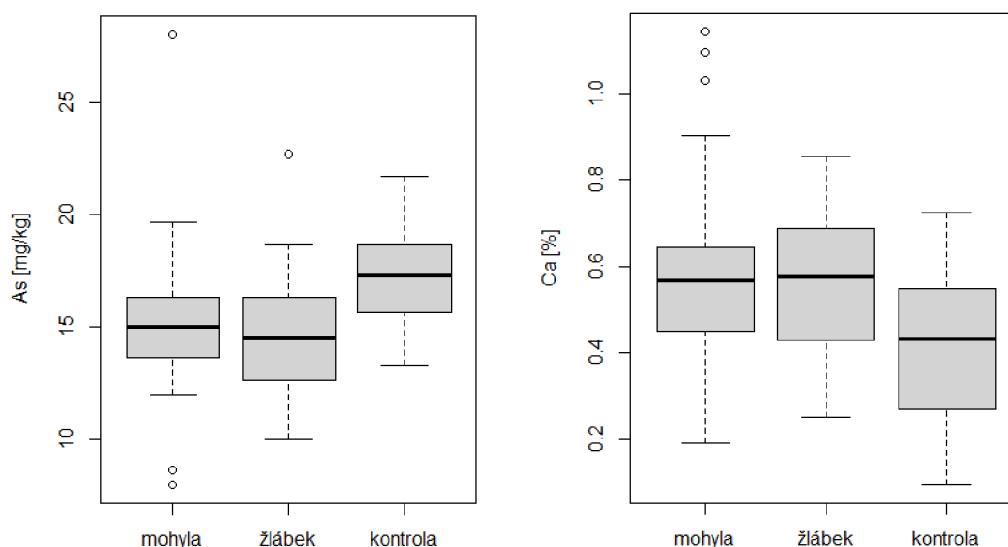
Obrázek 10: Obsah Mn [mg/kg] ve vrstvě A

Graf znázorňuje rozpětí hodnot od minimálních po maximální, včetně rozpětí hodnot 1 (Q1) až 3 (Q3) kvartilu (obdélníkové znázornění) s mediánem (Q2; černá linie v obdélníkovém grafu). Graf také znázorňuje odlehle hodnoty (prázdné kolečko).

Hodnoty mediánu Mn ve vrstvě A činí 578 mg/kg pro mohylu, 576 mg/kg pro žlábek a 541 mg/kg pro kontrolu. Největší obsah Mn se v orniční vrstvě projevil v mohyle (Obrázek 10). Rozdíl v hodnotách obsahu Mn v mohyle a žlábků je malý v porovnání s obsahem v kontrole. Kontrola dosáhla menších hodnot obsahu Mn.

6.1.2 Vrstva B

Ve vrstvě B se projevil signifikantní rozdíl pro mohylu, žlábek a kontrolu hned u několika prvků. Statisticky významný rozdíl mezi kategoriemi byl potvrzen u prvků As, Ca, K, P a Pb (Příloha 10).

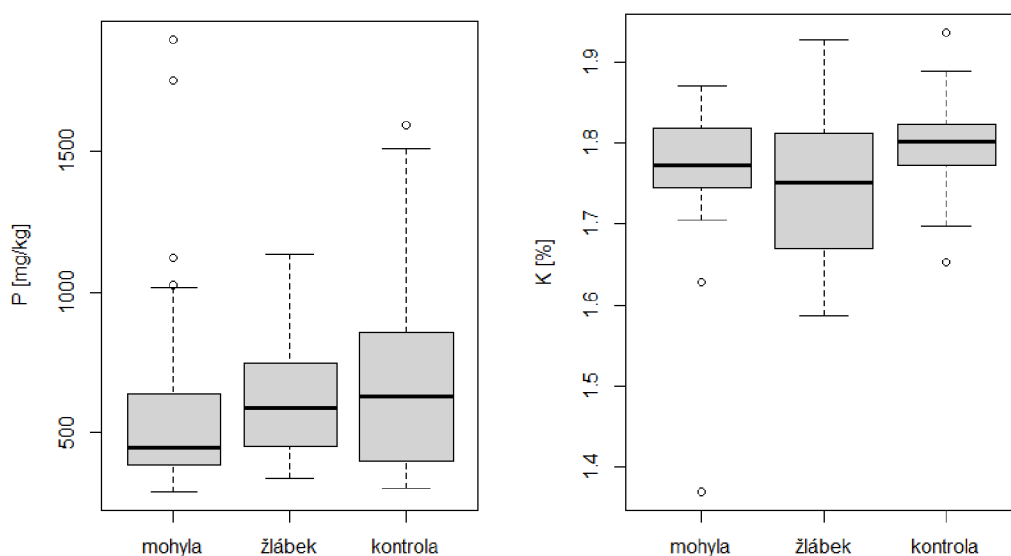


Obrázek 11: Obsah As (vlevo) a Ca (vpravo) ve vrstvě B

As se projevil ve vrstvě B signifikantně s p-hodnotou K-W testu $<0,05$. Největších hodnot dosahoval obsah As v kontrole s mediánem 17 mg/kg. Oproti tomu se menší akumulace projevila ve žlábků (medián 15 mg/kg) a mohyle (medián 15 mg/kg), pro které měl naměřený obsah As podobné hodnoty. Nejmenší obsah prvku byl naměřen ve žlábků (Obrázek 11), přesto rozdíl mezi obsahem žlábků a mohyle byl zanedbatelný.

Opačný trend se projevil u Ca, u kterého obsah prvku dosahoval nejmenších hodnot v kontrole s mediánem 0,43 %. Vyšší akumulace Ca se projevila ve žlábků a mohyle s hodnotami mediánu 0,57 % v mohyle a 0,58 % ve žlábků (Obrázek 11). I pro Ca dosahovaly hodnoty obsahu mohyle a žlábků podobných hodnot. Rozdíl je zřejmý

především mezi mohylou a kontrolou a také žlábkem a kontrolou. Rozdíl pro archeologické kategorie byl signifikantní s p-hodnotou K-W $<0,05$.



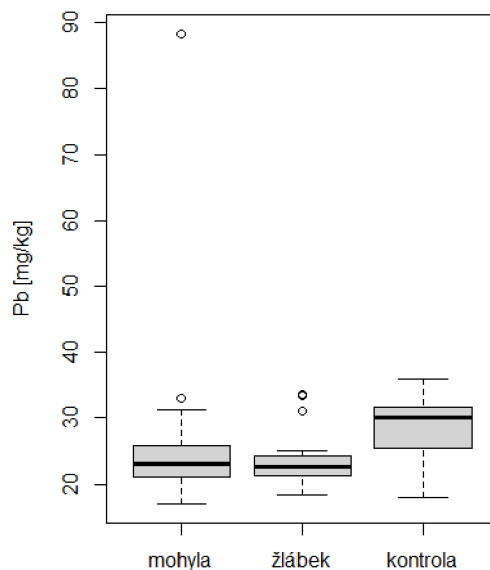
Obrázek 12: Obsah P (vlevo) a K (vpravo) ve vrstvě B

Statisticky významný vliv místa odběru vzorků se ve vrstvě B projevil také u prvků K a P s p-hodnotami K-W testu u obou prvků $<0,05$.

Největší obsah P byl zjištěn v kontrole a nejmenší v mohyle. Mediánová hodnota P naměřená na archeologických kategoriích byla 444 mg/kg pro mohylu, 589 mg/kg pro žlábek a 626 mg/kg pro kontrolu (Obrázek 12). Přesto se mediány archeologických lokalit od sebe navzájem výrazně neliší.

Obsah K dosahoval v kontrolním odběru vrstvy B největších mediánových hodnot, 1,80 %. V mohyle a žlábků činily naměřené mediánové hodnoty 1,77 % pro mohylu a 1,75 % pro žlábek, který obsahoval nejméně K (Obrázek 12).

Podobně jako u P a As byla zjištěna zvýšená akumulace prvku v kontrole ve vrstvě B také u Pb. I zde se projevil statisticky významný rozdíl mezi archeologickými kategoriemi, kdy kontrola nabývá vyšších naměřených hodnot obsahu než mohyla a žlábek s p-hodnotou K-W testu $<0,05$. Mediánová hodnota Pb v kontrole byla 30 mg/kg. Menší akumulace Pb se projevila v mohyle a žlábků s hodnotou mediánu 23 mg/kg pro žlábek a 23 mg/kg pro mohylu. Rozdíl mezi žlábkem a mohylou byl malý, přesto nejméně Pb obsahovala půda z odběru ze žlábků (Obrázek 13).

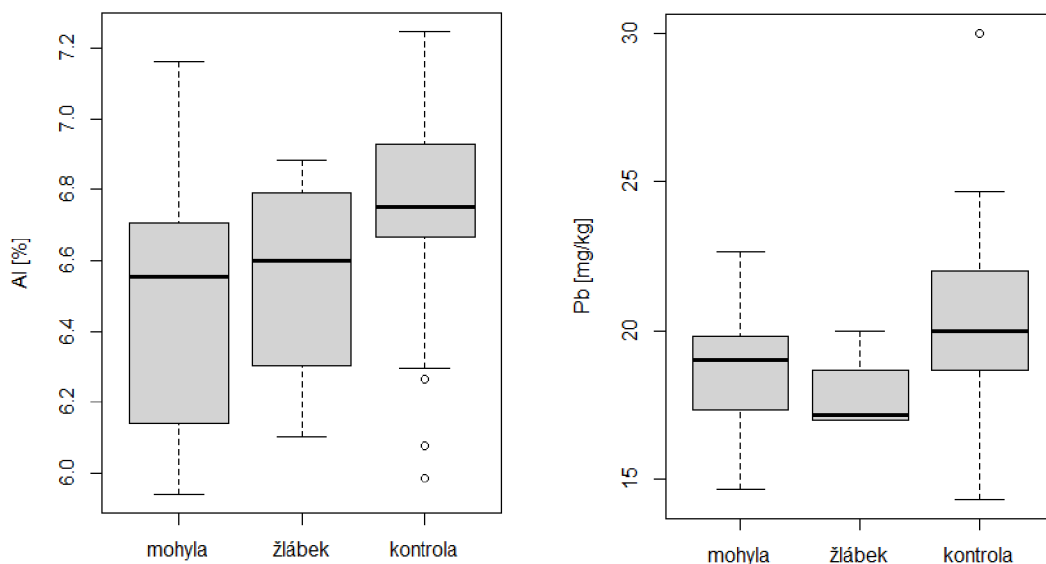


Obrázek 13: Obsah Pb ve vrstvě B

Rozdíly v naměřených hodnotách na daných archeologických kategoriích (mohyla, žlábek, kontrola) u vrstvy B byly statisticky nevýznamné pro zbylé prvky: Al, Cu, Fe, Mn, Rb, Si, Sr, Ti, Zn, Zr a LE (Příloha 10).

6.1.3 Vrstva C

Ve spodní půdní vrstvě C byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi hodnotami archeologických kategorií pro prvky Al, Pb a Rb s p-hodnotou K-W <0,05 (Příloha 11).

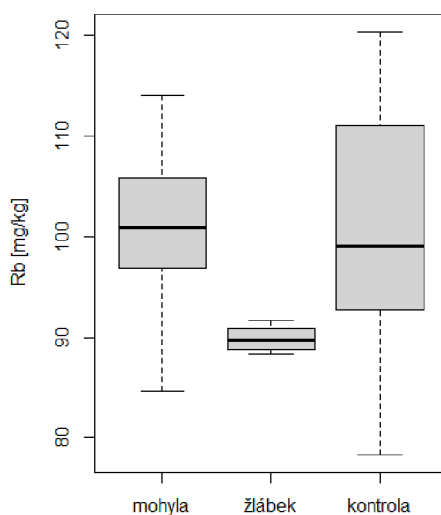


Obrázek 14: Obsah Al (vlevo), Pb (vpravo) ve vrstvě C

Rozdíl mezi archeologickými kategoriemi se projevil ve vrstvě C výrazně statisticky průkazně u Al s p-hodnotou K-W testu $< 0,05$. Obsah Al v kontrole (6,75 %) byl vyšší než ve žlábků (6,60 %) a mohyle (6,56 %). Nejmenší obsah Al byl potvrzen v mohyle (Obrázek 14).

Obdobně jako u Al, byl také nejvyšší obsah Pb zjištěn v kontrole. Medián obsahu Pb ve vrstvě C byl 20 mg/kg v kontrole, 17 mg/kg ve žlábků a 19 mg/kg v mohyle s p-hodnotou K-W 0,038 (Obrázek 14). Nejnižší hodnoty obsahu Pb v půdě ve vrstvě C byly naměřeny pro žlábků.

Obsah Rb ve vrstvě C dosahoval mediánových hodnot 101 mg/kg pro mohylu, 90 mg/kg pro žlábků a 99 mg/kg pro kontrolní stanoviště. U Rb dosahovala největšího naměřeného obsahu prvku v půdě mohyla a kontrola a nejméně žlábků, s nízkým rozmezím naměřených hodnot (Obrázek 15). P-hodnota K-W testu pro Rb ve vrstvě C činila $< 0,05$.



Obrázek 15: Obsah Rb ve vrstvě C

Vliv archeologické kategorie se ukázal jako statisticky nevýznamný ve vrstvě C u prvků As, Ca, Cu, Fe, K, Mn, P, Si, Sr, Ti, Zn, Zr a LE.

K-W test ukázal, že rozdíly v naměřených obsazích prvků Cu, Fe, Si, Sr, Ti, Zn a LE napříč mohylou, žlábkem a jejím okolím (kontrolou) jsou ve všech půdních vrstvách statisticky nevýznamné.

6.2 Biomasa

U nadzemní části rostlinné biomasy byly porovnávány vzorky odebrané ze tří archeologických kategorií zastoupených na zájmovém území: mohyla, žlábek, kontrola. Předmětem analýzy byla nadzemní část rostlin pšenice ozimé, na nichž se v roce odběru projeví vegetační příznaky a jejíž vzorky byly odebrány těsně nad povrchem terénu v období před sklizní (červenec 2021; Obrázek 16), tzn. plně dozrálé a byly měřeny a váženy v laboratorních podmínkách.



Obrázek 16: Vegetační příznaky na dlouhé mohyle v Dušníkách v roce 2021 (Foto: Martin Mykiska)

6.2.1 Vizuální hodnocení pšenice

Na odebrané biomase bylo možné pozorovat výrazný rozdíl ve vzrůstu a barvě odebraných vzorků napříč kategoriemi mohyla, žlábek a kontrola (Obrázek 17). Biomasa odebraná z kontroly (vlevo) byla nižšího vzrůstu oproti rostlinám ze žlábků (uprostřed) a mohyly (vpravo). Největšího vzrůstu jsou naopak rostliny odebrané ze žlábků. Viditelnou vzrůstovou odlišnost v rostlinách potvrzují také naměřené hodnoty (Tabulka 2). Bylo také možné zpozorovat odlišnost ve zbarvení rostlin a zrn (Obrázek 17 a 18). Pšenice rostoucí na žlábků je žlutěji zbarvená než pšenice odebraná z kontroly a mohyly.



Obrázek 17: Odebraná biomasa (kontrola - žlábek - mohyla)

6.2.2 Výsledky měření a vážení rostlin

U nadzemní biomasy pšenice ozimé byla změřena délka nadzemní části rostliny a délka klasu (bez osin). Dále byl zhodnocen počet všech zrn v jednotlivých klasech. Všechna zrna z jednotlivých klasů byla následně zvážena a z tohoto údaje byla pro objektivní posuzování, vzhledem k odlišnému počtu zrn v klasu, vypočtena hmotnost tisíce zrn (HTZ). Kompletní tabulka naměřených hodnot všech 60 rostlin viz Příloha 8.

Tabulka 2: Hodnoty porovnávané u biomasy

		Délka klasu [cm]	Délka rostliny [cm]	Počet zrn v klasů [ks]	Váha zrn v klasů [g]	HTZ [g]
Mohyla	Min.	7,10	62,50	32,00	0,73	20,42
	Q1	8,15	65,83	37,00	0,83	22,50
	Medián	8,50	67,80	39,00	0,97	23,35
	Průměr	8,35	69,16	41,25	1,00	24,12
	Q3	8,70	72,35	47,00	1,05	25,41
	Max.	8,90	80,00	53,00	1,54	32,80
	SD	0,50	4,61	6,08	0,22	3,07
Žlábek	Min.	7,60	54,30	29,00	0,92	21,97
	Q1	8,30	65,70	40,00	1,12	28,43
	Medián	8,90	70,25	47,00	1,53	33,00
	Průměr	8,86	69,17	45,90	1,56	33,56
	Q3	9,50	72,33	51,00	1,78	37,40
	Max.	10,00	78,80	62,00	2,96	47,68
	SD	0,69	5,69	8,77	0,52	6,94
Kontrola	Min.	7,50	47,80	30,00	0,50	14,71
	Q1	7,78	57,67	36,75	0,70	19,17
	Medián	8,10	59,55	40,50	0,86	21,02
	Průměr	8,06	58,52	39,65	0,88	21,88
	Q3	8,30	60,92	44,00	1,01	23,91
	Max.	9,00	65,70	45,00	1,50	33,76
	SD	0,40	4,85	4,80	0,28	4,89
	F-test	11,09	29,37	4,62	21,51	29,82
	P-hodnota	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

HTZ = hmotnost tisíce zrn

F-test = hodnota testového kritéria při použití ANOVA

P-hodnota = dosažená hladina významnosti

Hodnota délky klasu (Tabulka 2) byla největší na biomase odebrané v místě žlábků. Průměrná délka klasu na žlábků činila 8,86 cm. Pro naměřené hodnoty délky klasu byl statistickým testem ANOVA vyhodnocen statisticky významný rozdíl mezi biomasou odebranou z jednotlivých archeologických kategorií s p-hodnotou <0,05. Největší rozdíly v délce klasu se projeví především mezi žlábkem a kontrolou. Délka klasu kontrolních rostlin měla nejnižší naměřené hodnoty, průměrná hodnota činila 8,06 cm. Průměrná délka klasu na odběrech z mohly byla 8,35 cm.

Statisticky významný rozdíl se také projevil pro archeologické kategorie v délce nadzemní části rostlin s p-hodnotou <0,05 (Tabulka 2). Pšenice z mohly a žlábků výrazně svou výškou převyšovaly rostliny odebrané z kontrolního stanoviště. Délka rostlin odebraných z mohly a žlábků nabývala podobných hodnot. Průměrná délka rostlin na mohyle (69 cm) a žlábků (69 cm) převyšuje průměrnou délku kontrolních

rostlin (59 cm) o více než 10 cm. Rozdíl délky nadzemní části rostliny mezi mohylou a kontrolou, a také žlábkem a kontrolou potvrzují i maximální a minimální délky rostlin, jejichž rozdíl se pohybuje kolem 10 cm, a taktéž další naměřené statistické hodnoty (Tabulka 2).

Statisticky významný vliv místa odběru byl také zjištěn u parametru počtu zrn v klasu s p-hodnotou $<0,05$. Klasy kontrolních rostlin obsahují nejméně zrn (průměrná hodnota 40 zrn) oproti mohyle (průměrný počet 41 zrn) a žládku (průměrný počet 46 zrn). Avšak mohyla byla průměrným počtem zrn podobná hodnotám na kontrole. Výrazně pozitivně se v porovnání s kontrolou a mohylou projevil žlábek (Tabulka 2).



Obrázek 18: Zrna (vzorek č.5) – zleva kontrola, žlábek, mohyla

Váha všech zrn v klasu se projevila statisticky nejvýznamněji pro žlábek, s průměrnou hodnotou 1,56 g na vzorek. P-hodnota statistického testu ANOVA v tomto případě opět byla $< 0,05$. Mohyla, s průměrnou váhou zrn 1,00 g na vzorek, se svými hodnotami přibližuje spíše váze zrn z kategorie kontrola (průměrná hodnota 0,88 g na vzorek), než průměrné váze zrn ze žládku. Přesto i zrna z mohyly vážila více než zrna z kontroly (Tabulka 2).

Z údajů o váze zrn ve vzorku byla vypočtena hodnota hmotnost tisíce zrn (HTZ), která udává hmotnost, kterou by měl vzorek 1000 zrn v gramech, čímž se vyloučil z analýzy vliv počtu zrn (ve vzorku) na váhu vzorku. HTZ vykazovala velmi statisticky významný rozdíl mezi žlábkem a dalšími dvěma kategoriemi. Žlábek s průměrnou HTZ 34 g, výrazně převyšoval svými hodnotami kategorie mohyly a kontroly. Nejméně vážila HTZ u zrn odebraných z kontrolního stanoviště. Vzorky kontroly vážily průměrně 22 g. HTZ pro mohyly dosahovala průměrných hodnot 24 g. HTZ pro mohyly sice převyšují kontrolu, přesto ani z daleka nedosahují podobných hodnot jako žlábek. Statisticky

průkazný rozdíl mezi těmito třemi kategoriemi u HTZ byl zjištěn též testem ANOVA s p-hodnotou $< 0,05$ (Tabulka 2).

Všechny z měřených parametrů vykazují statisticky prokazatelné rozdíly mezi archeologickými kategoriemi mohyla, žlábek, kontrola. Obecný trend ukazuje, že se zde projevil vliv místa odběru. Nejnižší průměrné hodnoty pro všech pět analyzovaných parametrů byly zjištěny u rostlin odebraných z kontroly. Největší průměrné hodnoty u všech parametrů byly zjištěny u rostlin odebraných ze žlábků. Průměrné hodnoty parametrů rostlin odebraných z mohyly sice převyšují kontrolní rostliny, nicméně se nejedná o tak výrazné rozdíly, jako mezi žlábkem a kontrolou.

6.3 Archeologický odkryv

Archeologický odkryv dlouhé eneolitické mohyly v Dušníkách potvrdil, že se nepochybně jedná o dlouhou mohylu z období siřemské fáze kultury nálevkovitých pohárů ze staršího eneolitu. Období vzniku mohyly bylo potvrzeno archeology díky nalezené keramice v hrobové jámě mohyly (Příloha 6). Mohyla byla nejlépe dochovaná ze všech dosud objevených dlouhých mohyl na Podřipsku. Při odkryvu byl také nalezen hrob se zachovalými kostmi v mohylovém náspu. Jednalo se o kosterní pozůstatky dítěte.

Zároveň odkryv odhalil stratigrafii půdních profilů a také odhalil navršenou písečnou lavici, tohoto žlutě zbarveného geologického substrátu, která se na leteckých snímcích projevila jako negativní vegetační příznak (Obrázek 3). Krom písečné lavice archeologické vykopávky odhalily, že na výstavbu byl použit humusový horizont tehdejší černozemní půdy. To bylo zjištěno právě výkopem půdního profilu, jehož stratigrafie ukázala tmavé vrstvy černozemí ve žlábků, kde se jednalo o zanesení žlábků sedimenty a na mohyle, která byla z těchto černozemí navršena (Obrázek 19).



Obrázek 19: Archeologický odkryv části dlouhé mohyly (srpen 2021; Foto: Martin Mykiska)

Fotografie je pořízena z východní části mohyly. Na fotografii je vlevo viditelný vyhloubený žlábek. Současně můžeme na žlábků pozorovat výrazně tmavou vrstvu původních černozemí. V pravé části výkopu je vidět odkryv mohylového náspu. Mezi pláštěm mohyly a žlábkem se nachází navršená písečná lavice, která se projevila na negativních vegetačních příznacích.

7. Diskuse

Při archeologickém odkryvu se ukázalo, že mohyla v Dušníkách byla nejlépe zachovalá ze všech dosud objevených dlouhých mohyl v oblasti Podřipska, přestože území je dlouhodobě zemědělsky využíváné za použití těžké zemědělské techniky, která by mohla těleso mohyly nacházející se na zemědělské ploše pod úrovní terénu výrazně poškodit a znehodnotit. Také Krupski et al. (2021) uvádí, že ve volné krajině, a to především v zemědělské, dochází k rychlejší degradaci topografických prvků. Naopak v lesních oblastech je degradace těchto prvků menší. Lze uvažovat nad tím, zda mohlo dojít použitím těžké zemědělské techniky ke snížení převýšení mohyly nad okolní terén, neboli k mírnému zarovnání vyvýšené mohyly s okolním terénem. Na leteckém snímku z roku 2016 (Obrázek 3) vegetační příznaky naznačují, že plášť mohyly byl orbou rozvlečen do blízkého okolí mohyly.

7.1 Půdní vzorky

Výsledky Kruskal-Wallisova testu ukázaly, že žádný z prvků Cu, Fe, Si, Sr, Ti, Zn a LE nejevil statisticky významný rozdíl v obsahu na dlouhé mohyle, či mimo ni, ani v jedné ze tří vrstev. V některých studiích se řada těchto prvků projevila zvýšenou akumulací na středověkých archeologických lokalitách, které byly ovlivněné sídelní aktivitou (Entwistle et al. 1998; Hejcman et al. 2013a, Janovský et Horák 2018). Ze jmenovaných prvků se jednalo zejména o Cu, Zn, případně Fe, které byly spojovány se sídelní aktivitou. Nicméně se jedná o výrazně mladší archeologické objekty z období středověku. Další studie (Hejcman et al. 2011, Hejcman et al. 2013b) zabývající se prehistorickým osídlením ve spojitosti s vegetačními příznaky také doložily zvýšené hodnoty prvků Cu a Zn. Vegetační příznaky uváděné ve výše citovaných studiích souvisely s přítomností popela ze sídelních aktivit. V případě dlouhé mohyly v Dušníkách jsou rozdíly těchto prvků spojovaných se sídelní aktivitou statisticky nevýznamné a neukazují na sídelní aktivitu v okolí mohyly a na mohyle. Obsahy P, Zn, Cu typické pro pravěká sídliště jsou na stejném půdním typu, jako je na mohyle, zpravidla dvakrát až pětkrát vyšší (Michal Hejcman, 2020, in verb.).

Je nezbytné poukázat, že při porovnávání výsledků obsahu prvků z dlouhé mohyly s jinými studiemi nebyly porovnávány hodnoty prvků v půdě, nýbrž jejich poměry mezi archeologickým objektem a kontrolou. Jedná se o relativní srovnávání, neboť je nezbytné brát v potaz vliv typu půd a geologického substrátu na chemické vlastnosti půd.

Ve vrstvě A byl prokázán statisticky významný rozdíl Mn pro kategorie mohyla, žlábek a kontrola. Nejvyšší obsahy Mn byly v plášti mohyly. Rozdíl v obsahu ale není tak výrazný, aby mohl souviset se sídelní aktivitou. Kupříkladu v případě pravěkého sídliště (Hejcman et al. 2011) se jednalo o násobně vyšší hodnoty Mn v hlubší části půdního profilu. Na dlouhé mohyle byl zjištěn statisticky vyšší obsah Mn na mohyle a žlábků než v jejich okolí pouze ve vrstvě A (Kapitola 6.1.1).

V mohyle, žlábků a kontrole ve vrstvě B byl zjištěn signifikantní rozdíl u prvků: As, Ca, P, K a Pb. Jediný Ca měl zvýšený obsah v mohyle a žlábků. Na stavbu mohyly byl použit humusový horizont, který obsahoval v době stavby mohyly více Ca než současný humusový horizont. Dále ze současné ornice dochází k vyplavování Ca, který je lépe zadržován v tělese mohyly než v písčitém podloží v kontrole. Stejný posun Ca byl zaznamenán i v případě mohyly v Dřevohosticích (Hejcman et al. 2013c). Pro K byl rozdíl v hodnotách obsahu prvků mezi archeologickými kategoriemi sice statisticky průkazný, přesto velmi podobný na to, aby z těchto hodnot mohl být posuzován vliv lidské aktivity. Hodnoty As a P podléhaly naprosto opačnému trendu. Obsah těchto dvou prvků byl nepatrně zvýšen v kontrole. As a především P bývají často spojeny s výskytem popela, který poukazuje na sídelní aktivitu. V takových případech bývají hodnoty P mnohonásobně vyšší na archeologickém objektu než v kontrole (viz Hejcman et al. 2011). V případě dlouhé mohyly se jedná o nízké hodnoty obsahu P (Přílohy 9 až 11). Předpoklad, že by vyšší odlehle hodnoty mohly souviset s odběry z hrobové jámy, které by vedly lokálně ke zvýšení hodnoty P v souvislosti s kosterními ostatky (Cílek et al. 2021), byl vyvrácen. Zvýšené odlehle hodnoty se nacházeli v blízkosti žlábků a důvod lokálně zvýšených hodnot je nejasný.

Jediným prvkem, jehož obsah byl prokazatelně statisticky zvýšen ve více než jedné vrstvě, bylo Pb. Jeho vyšší obsah byl zjištěn v kontrole a to ve vrstvě B a C. Je zde předpoklad, že hodnoty Pb souvisí s kontaminací půd emisemi ze spalování dřívě používaných olovnatých benzínů (Wuana et Okieimen 2011). Zvýšené hodnoty Pb v kontrole oproti mohyle a žlábků také souvisí s výrazně mělčí hloubkou půdního profilu v kontrole. Obsah Pb v půdě na lokalitě klesá s hloubkou. Půdy v mohyle a žlábků jsou výrazně hlubší, než právě kontrola, což souvisí se statisticky významným zvýšením Pb v kontrole ve vrstvě B a C (Přílohy 10 a 11). Nicméně hodnoty Pb na mohyle jsou nízké a lze je těžko spojovat se sídelní aktivitou na mohyle nebylo v jejím okolí. Pokud by hodnoty Pb byly významně vyšší spolu s dalšími antropogenními prvky, vysvětlením takových hodnot by byla metalurgie (Šmejda et al. 2017).

Současně byla ve vrstvě C potvrzena odlišnost v obsahu Rb a Al. Obsah Al byl mírně navýšen v kontrole, je zde k uvažování zda to nemůže souviset se šterkopískovým podložím a mělkostí horizontu oproti dlouhé mohyle (Michal Hejzman, 2022, in verb.).

Ani jeden z rozdílů naměřených hodnot nebyl v tomto případě tak významný, aby mohl sloužit jako indikátor vlivu lidské aktivity, přestože se jeví jako statisticky významné. To může být dáno silou K-W testu a velkými množství analyzovaných dat. Díky těmto hodnotám je možné s jistotou vyloučit sídelní aktivitu v okolí mohyly a to před i po její výstavbě. Pokud by se jednalo o zaniklé sídlo, hodnoty prvků Zn, Mn, P, Ca by byly daleko vyšší. Ostatně tak vyplývá z porovnání dat z mohyly s daty ze zaniklé pravěké osady v obci Ctiněves, která se též nachází v oblasti Podřipska na stejném geologickém substrátu a jejíž vzorky byly odebrány v tomtéž roce (Michal Hejzman, 2022, in verb.). Současně je možné kvůli podobnosti chemického signálu vyloučit navršení mohyly z materiálu pocházející odjinud, obzvláště z materiálu pocházejícího ze sídelní oblasti. Je více než pravděpodobné, že mohyla byla navršena zeminou z vyhloubeného žlábků. Tomu napovídá i odkrytí písečné lavice na okrajích pláště mohyly, která byla navršena z písku ze dna žlábků. Po skončení aktivního používání mohyly došlo k rozplavení tělesa mohyly, kterou tvořila černozem, právě do žlábků. Půda na mohyle postupně zdegradovala do regozemě a černozem se zachovala jako sekundárně přemístěná v žlábků.

Zároveň je nutné poukázat na nerovnoměrné množství odebraných vzorků, které se promítá do výsledných analýz. Nejvíce sond bylo odebraných z kontroly. Aby bylo případně možné odhalit přítomnost pravěkého sídliště spojeného s existencí mohyly. Z kategorie žlábků byly kvůli jeho velikosti odebrané vzorky pouze ze čtyř sond (viz Kapitola 5.1).

7.2 Rostlinná biomasa

Jak již bylo zmíněno, na obilovinách je možné pozorovat vyšší viditelnost vegetačních příznaků, které může být obtížné rozpoznat na rostlinách v jejich těsné blízkosti (Kapitola 3.2). Případná absence těchto pozitivních příznaků, nebo jejich obtížná identifikace v krajině v roce odběru vzorků by bývala mohla znamenat velkou komplikaci při odběru vzorků rostlin, či neproveditelnost dané analýzy. Nicméně vlivem přírodních faktorů došlo v létě 2021 k viditelnému projevu vegetačních příznaků na části mohyly oseté pšenicí ozimou, jejíž vzorky byly v červenci 2021 odebrány (Obrázek 16).

Jedním z projevů vegetačních příznaků zde byla délka rostlin pšenice ozimé. Rostliny odebrané z kategorií žlábek a mohyla převyšovaly prokazatelně rostliny odebrané z kontroly (Kapitola 6.2). Přesto, že pšenice rostoucí na žlábků a mohyle dosahují velmi podobných délek, je možné zpozorovat (Obrázek 17) nepopiratelný rozdíl ve stavu pšenice. Rostliny odebrané ze žlábků naznačují svým žlutým zbarvením a plnějším vzhledem větší fitness těchto rostlin. Podobný kontrast barev u obilovin a jejich výškové rozdíly popisují také Gojda et Hejzman (2012), u vegetačních příznaků ječmene. Viditelný rozdíl ve zbarvení rostlin by neměl být použit jako jediný indikační parametr vegetačních příznaků na mohyle. Případné odlišnosti ve zbarvení plodin mohou totiž také souviset s nerovnoměrným hnojením (Hejzman et Smrž 2010).

Totožný trend jako u délky rostliny byl potvrzen také u délky klasu (Kapitola 6.2). Tento hodnocený aspekt se vizuálně na rostlině projevil výrazně méně a byl i hůře pozorovatelný, přesto patrný (Obrázek 17).

Vliv archeologické lokality na zrna se neprojevil pouze v početnosti zrn, ale také na jejich zbarvení, plnosti a objemu zrn, které je možné na zrnech pozorovat (Kapitola 6.2, Obrázek 18). Také bylo zjištěno, že HTZ potvrzuje výsledky analýzy váhy všech zrn. Vliv archeologické lokality se u HTZ a váhy zrn projevil nejvíce žlábků. Zrna pšenice na žlábků mají tedy největší hmotnost, nezávisle na počtu zrn (Tabulka 2). Projev vegetačních příznaků je z tohoto hlediska prokazatelný pro zrna pšenice z mohyly a žlábků. Vyšší počet zrn v klasu a jejich větší hmotnost by přirozeně mohly vést k větší výnosnosti pšenice (Gojda et Hejzman 2012).

Trend pozorovaný v terénu, v místě odběru, ve velikosti rostlin a jejich zbarvení se ověřil následnou analýzou v laboratorních podmínkách (Obrázek 8; Kapitola 6.2.1). Rozdíly v naměřených hodnotách rostlin a zrn ukazují největší rozdíl mezi žlábkem a kontrolou. Rozdíl je prokazatelný i mezi hodnotami mohyly a kontroly. Rozdíly mezi rostlinami odebranými z tělesa dlouhé eneolitické mohyly s příkopem (žlábkem) a kontrolními rostlinami potvrzují přítomnost pozitivních vegetačních příznaků na antropogenně vzniklém objektu nacházejícím se pod úrovní terénu, nezávisle na archeologickém odkryvu a odběru půdních vzorků. Díky pravidelnému obdélníkovému tvaru bylo možné vyloučit přítomnost přírodního prvku, který by se projevil vegetačními příznaky, jako je například mrazový klín (Obrázek 3).

Na závěr zhodnocení biomasy autorka pro budoucí výzkum (nejen) mohyly v Dušníkách navrhuje odebrání vzorků rostlin z více odběrových míst na zájmové lokalitě, pro zvýšení počtu srovnávaných vzorků. Dále, pokud to situace a lokalita výzkumu umožňuje, bylo by vhodné porovnat projev vegetačních příznaků na dvou

a více druhů zemědělských plodin z jedné lokality. Co se týče zrn pšenice, z fotografií je zřejmá jejich odlišnost v rámci žlábků, mohyly a kontroly. Pro další práce by autorka také navrhla využití zkoumání klíčivosti semen, na zhodnocení fitness těchto zrn.

7.3 Souvislost biomasy a půdních vzorků

Mohyla v Dušníkách se na zemědělské ploše projevuje vegetačními příznaky a jako mírná vyvýšenina, což reliéfními příznaky naznačuje přítomnost mohyly. Chemická analýza odhalila mezi odebranými půdními vzorky statisticky významný vliv archeologických lokalit a jejich rozličnost v rámci obsahu prvků (Kapitola 6.1). Současně sondáž vzorků poukázala na různé hloubky odběrů vylučující svou pravidelností přirozený útvar (Tabulka 1). Spolu s tím se zde vyskytoval pravidelný projev vegetačních příznaků trapézovitého objektu, naznačující uměle vzniklý objekt dlouhé mohyly (Obrázek 3). Za pomoci chemické analýzy a odběru vzorků bylo možné potvrdit, že se skutečně jedná o lidmi uměle vytvořené těleso dlouhé mohyly, nikoliv přirozený útvar v krajině (viz Hejzman et al. 2013c). Archeologický odkryv ze srpna 2021 shodně potvrdil, že se jedná o lidmi vybudované těleso eneolitické dlouhé mohyly z období sířemské fáze kultury nálevkovitých pohárů (Kapitola 6.3).

Mohyla, jejíž stáří bylo určeno na 3800 let př. Kr., je unikátní velmi dobrou zachovalostí. Dlouhé mohyly se na území České republiky zpravidla nedochovaly, protože násypy mohyl často podlely degradaci (Neustupný et al. 2008).

Přestože byl potvrzen statisticky významný vliv archeologické kategorie na obsah prvků, rozdíly těchto hodnot nejsou tak výrazné, aby mohly indikovat lidskou sídelní aktivitu. Mohyla nevykazuje výrazné, či nepřirozené člověkem ovlivněné obsahy prvků. Lze tak vyvrátit předchozí sídelní aktivity na tomto území (Kapitola 6.2). Podobně tomu bylo u prehistorické mohyly v lesním porostu u Dřevohostic (Hejzman et al. 2013c).

Projev příznaků na vegetaci bývá často ovlivněn změnou chemismu půdy, ale také změnou stratigrafií půdního profilu (Hejzman et al. 2011). V případě starověkého osídlení Tel Burna v Izraeli došlo sídelní aktivitou k ovlivnění obsahu prvků v půdě. To zapříčinilo odlišnou dostupnost živin pro rostliny na starověkém sídlišti a mimo něj, a mělo za následek ovlivnění zdejšího ekosystému (Šmejda et al. 2017). Nicméně sídelní aktivita na dlouhé mohyle v Dušníkách nebyla zjištěna. Přesto, že rozdíly v chemickém složení půd na mohyle, žlábků a kontrole byly statisticky průkazné, jednalo se o rozdíly malého rozsahu, v porovnání s analýzou starověkého osídlení

(Kapitola 6.1). Z toho plyne, že výskyt vegetačních příznaků v tomto případě nesouvisel s větším výskytem živin na archeologické lokalitě. Projev vegetačních příznaků je v souladu s tím možné částečně vysvětlit spíše hloubkou půdní vrstvy, než odlišným chemickým signálem mohyly a žlábků (Kapitola 3.2.2).

Po archeologickém odkrytí mohyly a odběru půdních vzorků bylo zjištěno, že v místech, které označujeme jako kontrola, je orniční horizont mělký (Tabulka 1). Za účelem výstavby mohyly byly na těleso mohyly navršované půdy (Neustupný et al. 2008), které způsobily, že je v současnosti půdní profil v tělese hlubší. To patrně vede k produkci delších kořenů u rostlin, které sahají do větších hloubek, protože nejsou limitované podložím a štěrkopískovými terasami. Nejhlubší půdní profil byl v oblasti žlábků, odkud pochází prostřední vzorek biomasy (Obrázek 3), kterému se viditelně dařilo nejlépe. Žlábek byl při výstavbě mohyly vyhlouben a časem přirozeně zanesen humusovým horizontem materiálu z navršené mohyly. Vliv hloubky půd ovlivňuje bilanci vody, především v teplé oblasti chudé na srážky jako je Podřipsko. Vegetační příznaky proto přisuzují hlubokému, na vláhu bohatšímu půdnímu profilu, který umožňuje kořenům růst do větších hloubek a tím i dodávat rostlině více vody a živin z půdy (Evans et Jones 1977). Mezi pláštěm mohyly a žlábkem se negativními vegetačními příznaky projevila navršená písečná lavice (Kapitola 6.3). Projev těchto negativních příznaků nebyl v rámci práce analyzován, nicméně lze tyto negativní příznaky vysvětlit neprůchodností vrstvy kořeny rostlin, čímž mohlo dojít k limitování rostlin v růstu kořenového systému i nadzemní části biomasy a tím i menší dostupnosti vody a živin (Evans et Jones 1977).

Přesto, že byl také proveden archeologický odkryv, práce byla založena především na nedestruktivních metodách, jejichž výsledky byly odkryvem ověřeny. Nedestruktivní metody výzkumu nemají tak zásadní zásah do krajiny a je možné je používat opakovaně, což je jejich neopomenutelnou výhodou.

8. Závěr

U obce Dušníky v Ústeckém kraji byla leteckou archeologií objevena dlouhá pravěká mohyla, která se projevila na vegetaci pozitivními i negativními porostovými příznaky. Mohyla je výjimečná oproti jiným mohylám na Podřipsku svými rozměry i zachovalostí.

Co je důvodem ovlivnění současných agroekosystémů eneolitickou mohylou a jakým způsobem mohyla ovlivňuje životní prostředí, bylo zkoumáno pomocí archeologicko-environmentálních nedestruktivních metod. Byla provedena porovnávání chemického signálu na mohyle, obvodovém žlábků a kontrolním stanovišti za použití XRF spektrometru. Také byly odebrány vzorky nadzemní části pšenice, na kterých byly hodnoceny morfologické znaky. Následně byly laboratorní výsledky ověřeny archeologickým odkryvem.

Analýza půdních vzorků a archeologický výzkum odhalily, že mohyla byla navržena z bývalého humusového horizontu eneolitických půd z blízkého okolí mohyly. Objekt mohyly nebyl ovlivněn sídelní aktivitou, což naznačuje, že mohyla mohla být vzdálená od lidského osídlení.

Analýza nadzemních částí rostlin potvrdila, že má mohyla a žlábek pozitivní vliv na růst rostlin. Pozitivní vegetační příznaky se projevily na mohyle a žlábků na všech pozorovaných parametrech rostlin: délce rostlin, délce klasu, počtu zrn v klasu, váze zrn a hmotnosti tisíce zrn. Následná analýza odebrané biomasy doložila, že pozitivní vegetační příznaky nejsou důsledkem rozdílného chemického signálu půd, ale naopak jsou ovlivněny mocností půdního profilu. Neboť hlubší půdy na mohyle a obvodovém žlábků ovlivňují pozitivně bilanci vody v půdě a tím i dostupnost živin pro rostliny.

Zkoumání pravěké mohyly ukazuje na důležitost interdisciplinárního výzkumu, jakým je v tomto případě propojení archeologie s ekologií, a také ukazuje na význam nedestruktivních metod zkoumání. Je zřejmé, že vliv člověka na krajinu sahá hluboko do minulosti a důsledky minulých lidských aktivit stále ovlivňují životní prostředí i po několika tisíciletích.

9. Seznam použité literatury a elektronických zdrojů

9.1 Odborné publikace

Asare M. O., Šmejda L., Horák J., Holodňák P., Černý M., Pavlů V., Hejcman 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*, 12:255. 1-17.

Bradford J., 1957: *Ancient Landscapes: Studies in Field Archaeology*. Bell, London.

Briggs M. J., Spielmann A. K., Schaafsma H., Kintigh W. K., Kruse M., Morehouse K., Schollmeyer K., 2006: Why ecology needs archaeologists and archaeology needs ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4). 180-188.

Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J., Stráník Z., 2011: *Geologická minulost České republiky*, Vyd.2, Academia, Praha, 440 s. ISBN: 978-80-200-1961-5.

Cílek V., Hladík J., Havel P., Turek J., Záhora J., Vopravil J., Fučík P., Khel T., Meduna P., Mudra P., Navrátil T., Sůvová Z., Kinský V., Keřka J., Křížek P., 2021: *Půda a život civilizací: Co děláme půdě, děláme sobě*. Geologický ústav AV ČR, Dokořán, Praha. ISBN 978-80-7675-015-9.

Edis J., MacLeod D., Bewley R., 1989: An archaeologist's guide to classification of cropmarks and soilmarks. *Antiquity* 63. 112-126.

Entwistle A. J., Abrahams W. P., Dodgshon A. R., 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* (1998) 25. 53-68.

Evans R., Jones R. J. A., 1977: Crop Marks and Soils at Two Archaeological Sites in Britain. *Journal of Archaeological Science*, 4. 63-76.

Gojda M., 2004: *Letecká archeologie a dálkový průzkum*. In: Kuna M. (ed.) , Beneš J., Dreslerová D., Gojda M., Hrubý P., Křivánek R., Majer A., Prach K., Tomášek M.: *Nedestruktivní archeologie: teorie, metody a cíle – Non-destructive archaeology: theory, methods and goals*. Academia, Praha. 49-115. ISBN 80-200-1216-8.

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

Gojda M., Trefný M., 2011: Archeologie krajiny pod Řípem, Opomíjená archeologie. Svazek 2, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISBN 978-80-7043-988-3.

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

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

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

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

Hejcman M., Součková K., Křišťuf P., Peška J., 2013c: What questions can be answered by chemical analysis of recent and paleosols from the Bell Beaker barrow (2500-2200 BC), Central Moravia, Czech Republic? *Quaternary International* 316. 179-189.

Janovský M., Horák J., 2018: Large Scale Geochemical Signatures Enable to Determine Landscape Use in the Deserted Medieval Villages. *Interdisciplinaria archaeologica* Issue 1/2018. 71-80.

Jones R. J. A., Evans R., 1975: Soil and crop marks in the recognition of archaeological sites by air photography. In: Wilson D.R. (ed.): *Aerial reconnaissance for archaeology*. Council for British Archaeology, London. 1-11. ISBN 0-900312-94-7.

Kabata-Pendias A., 2001: *Trace Elements in Soils and Plants*. Third Edition, CRC Press, Boca Raton. ISBN 0-8493-1575-1.

Kozák, J., Němeček, J., 2009: *Atlas půd České republiky*. Vyd.2, ČZU Praha, Praha. ISBN: 978-80-213-2008-6.

Křišťuf P., Turek J., Gojda M., Rejšek K., Rytíř L., Švejcar O., Vranová V., 2019: Aréna předků, Posvátno a rituály na počátku eneolitu - Ancestral arenas, Cult and Ritual at the beginning of the Eneolithic Period. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. ISBN 978-80-261-0851-1.

Krupski M., Mackiewicz M., Kabała C., Ehlert M., Cendrowska M., 2021: Earthen mounds in the Głubczyce Forest (SW Poland) – are they prehistoric long-barrows? *Geoarchaeology of the Silesian soil record and human-environment interplay in the Holocene. Praehistorische Zeitschrift* 96(2). 413–433.

Kuna M., 2004: Nedestruktivní terénní postupy v archeologii. In: Kuna M. (ed.), Beneš J., Dreslerová D., Gojda M., Hrubý P., Křivánek R., Majer A., Prach K., Tomášek M.: Nedestruktivní archeologie: teorie, metody a cíle – Non-destructive archaeology: theory, methods and goals. Academia, Praha. 15-30. ISBN 80-200-1216-8.

Lipský Z., 2000: Sledování změn v kulturní krajině. Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy. ISBN 9788021306431.

Lubbe S., Filzmoser P., Templ M., 2021: Comparison of zero replacement strategies for compositional data with large numbers of zeros. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, Volume 210, 15 March 2021, 104248. ISSN 0169-7439.

Midgley M. S., 2006: From Ancestral Village to Monumental Cemetery: The Creation of Monumental Neolithic Cemeteries. *Journal of Neolithic Archaeology*, December. 1-12.

Neustupný E. (ed.), Dobeš M., Turek J., Zápotocký M., 2008: Archeologie pravěkých Čech 4, Eneolit. Archeologický ústav AV ČR, Praha. ISBN 978-80-86124-77-3.

Němeček J., Rohošková M., Macků J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P., 2008: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Vyd. 2., ČZU v Praze, Praha.

Pleslová-Štiková E., 1985: Makotřasy: A TRB site in Bohemia. *Fontes archaeologici pragenses*, 17. Praha.

Pokorný P., Storch D. (eds.), 2021: Antropocén. Academia, Praha, 660 s. ISBN: 978-80-200-3129-7.

Pollard M., Batt C., Stern B., Young M. M. S., 2007: Analytical Chemistry in Archeology. Cambridge University Press, New York, 420 s. ISBN 978-0-521-65209-4.

Rajani M. B., 2007: Bangalore from above: an archaeological overview. *Current Science*, Vol. 93, No. 10. 1352–1353.

Scollar I., Tabbagh A., Hesse A., Herzog I., 1990: Archaeological Prospecting and Remote Sensing. Topics in Remote Sensing 2. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN: 9780521320504.

Sjöberg A., 1976: Phosphate Analysis of Anthropic Soils. *Journal of Field Archaeology*, sv. 3, č. 4. 447-454.

Šmejda L., 2009: Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků. *Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň*. ISBN 978-80-7043-832-9.

Šmejda L., Hejzman 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.

Tolasz R., Míková T., Valeriánová A., Voženílek V., 2007: Atlas podnebí Česka - Climate Atlas of Czechia. *Český hydrometeorologický ústav, Olomouc*, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

Tomášek M., 1995: Atlas půd České republiky. *Český geologický ústav, Praha*, 36 s. ISBN 80-7075-198-3.

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

Wells E. C., Terry R. E., Parnell J. J., Hardin P. J., Jackson M. W., Houston S. D., 2000: Chemical Analyses of Ancient Anthrosols in Residential Areas at Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 27. 449–462.

Williams R., Taylor G., Orr C., 2020: pXRF method development for elemental analysis of archaeological soil. *Archaeometry*, 62(6). 1145–1163.

Wuana, R. A., Okieimen, F. E., 2011: Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecology*, Volume 2011, Article ID 402647. 1–20.

Zimmermann W. H., 2008: Phosphate mapping of a funnel beaker culture house from Flögelin-Eekhöltjen, district of Cuxhaven, Lower Saxony. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 40. 123-129.

9.2 Elektronické zdroje

CENIA, ©2020: Klasifikace půdních typů podle TKSP a WRB [cit. 2022-2-16], dostupné z <https://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia_typy_pud/MapServer/WmsServer?>.

ČGS, ©2017: Mapa půdních typů 1:50 000 (online) [cit. 2022-02-15], dostupné z <<https://mapy.geology.cz/pudy/>>.

ČHMÚ, ©2020: Mapy charakteristik klimatu (online) [cit. 2021-11-9], dostupné z <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu.>>.

ČÚZK, ©2010: Císařské povinné otisky stabilního katastru 1:2 880 – Čechy (online) [cit. 2022-01-24], dostupné z <<https://ags.cuzk.cz/archiv/>>.

ČÚZK, ©2015: Prohlížeč služba Esri ArcGIS Server - Geomorfologické jednotky ČR – Blatka 1998 (online) [cit. 2022-03-07], dostupné z <<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=84.>>.

ČÚZK, ©2021a: Data50 (online) [cit. 2021-12-15], dostupné z <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(enrfqecru0pcvky3ffilzfr4\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_data50&text=dSady_mapyData50&head_tab=sekce-02-gp&menu=2290.>](https://geoportal.cuzk.cz/(S(enrfqecru0pcvky3ffilzfr4))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=mapy_data50&text=dSady_mapyData50&head_tab=sekce-02-gp&menu=2290.>).

ČÚZK, ©2021b: zm - Základní mapy České republiky (online) [cit. 2022-03-22], dostupné z <<https://ags.cuzk.cz/ArcGIS/rest/services/zm/MapServer.>>.

Laboratoř geoinformatiky, ©2022: Oldmaps – I., II. a III. vojenské mapování (online) [cit. 2022-1-23], dostupné z

<http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=1vm.>;

<http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=2vm.>;

<http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=3vm.>; © 1st (2nd)

Military Survey, Section No. xy, Austrian State Archive/Military Archive, Vienna;

© Laboratoř geoinformatiky Univerzita J.E. Purkyně - <http://www.geolab.cz>;

© Ministerstvo životního prostředí ČR - <http://www.env.cz>.

Mapy.cz, ©2003: Letecká ´03 (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <[https://mapy.cz/letecka-](https://mapy.cz/letecka-2003?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=munid&id=1879&ds=2.>)

2003?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=munid&id=1879&ds=2.>; ©Seznam.cz, a.s., © OpenStreetMap, © GEODIS BRNO s.r.o.

Mapy.cz, ©2006: Letecká '06 (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <
[https://mapy.cz/letecka-](https://mapy.cz/letecka-2006?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2)

2006?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2>; ©Seznam.cz, a.s., © OpenStreetMap, © GEODIS BRNO s.r.o.

Mapy.cz, ©2012: Letecká '12 (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <
[https://mapy.cz/letecka-](https://mapy.cz/letecka-2012?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2)

2012?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2>; ©Seznam.cz, a.s., © OpenStreetMap, © EUROSENSE s.r.o., © GEODIS Slovakia s.r.o., © GEODIS BRNO s.r.o.

Mapy.cz, ©2015: Letecká '15 (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <
[https://mapy.cz/letecka-](https://mapy.cz/letecka-2015?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2)

2015?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2>; ©Seznam.cz, a.s., © OpenStreetMap, © EUROSENSE s.r.o., © GEODIS Slovakia s.r.o., © TopGis, s.r.o.

Mapy.cz, ©2018: Letecká '18 (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <
[https://mapy.cz/letecka-](https://mapy.cz/letecka-2018?x=14.1903716&y=50.4178486&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky%20&source=muni&id=1879&ds=2)

2018?x=14.1903716&y=50.4178486&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky%20&source=muni&id=1879&ds=2>; ©Seznam.cz, a.s., © OpenStreetMap, © TopGis, s.r.o., © EUROSENSE s.r.o., © GEODIS Slovakia s.r.o.

Mapy.cz, ©2021: Letecká (online) [cit. 2021-09-15], dostupné z <
[https://mapy.cz/letecka?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2>;](https://mapy.cz/letecka?x=14.1906372&y=50.4183271&z=18&q=du%C5%A1n%C3%ADky&source=muni&id=1879&ds=2) ©Seznam.cz, a.s., © Microsoft Corporation, © www.basemap.at, © EUROSENSE s.r.o., © GEODIS Slovakia s.r.o., © OpenStreetMap.

R Core Team, 2020: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

VÚMOP, ©2019: eKatalog BPEJ (online) [cit. 2022-02-16], dostupné z <
<https://bpej.vumop.cz/12110>>;<<https://bpej.vumop.cz/12210>>;<<https://bpej.vumop.cz/12213>>.

10. Seznam tabulek

Tabulka 1: Počty odběrů a hloubky sond	18
Tabulka 2: Hodnoty porovnávané u biomasy	30

11. Seznam obrázků

Obrázek 1: Projev pozitivních (vpravo) a negativních (vlevo) vegetačních příznaků na obilovinách (Rajani 2007).	7
Obrázek 2: Mohyla v Dušníkách (vlevo nahoře) a hora Říp (vpravo dole; Podkladová mapa: ČÚZK ©2021b)	11
Obrázek 3: Projev vegetačních příznaků - mohyla Dušníky (Mapy.cz ©2018)	12
Obrázek 4: Motokrosová trať vybudovaná na části dlouhé mohyly v Dušníkách (modrý ovál; Mapy.cz ©2003)	14
Obrázek 5: Mapa půdních typů v regionu zájmové lokality (Podkladová mapa: CENIA ©2020; ČÚZK 2021a).	15
Obrázek 6: Odebírání vzorků půdní sondou (kontrolní odběr - mimo mohyly)	16
Obrázek 7: Místa odběru vzorků půdní sondou, mohylou prochází hranice katastru (červená linie; podkladová mapa: ČÚZK ©2021a).....	17
Obrázek 8: Oblast odběru vzorků pšenice (Foto: Michal Hejcman).	20
Obrázek 9: Vážení zrn z jednoho klasu (vzorek - žlábek).....	21
Obrázek 10: Obsah Mn [mg/kg] ve vrstvě A.....	23
Obrázek 11: Obsah As (vlevo) a Ca (vpravo) ve vrstvě B	24
Obrázek 12: Obsah P (vlevo) a K (vpravo) ve vrstvě B	25
Obrázek 13: Obsah Pb ve vrstvě B	26
Obrázek 14: Obsah Al (vlevo), Pb (vpravo) ve vrstvě C	26
Obrázek 15: Obsah Rb ve vrstvě C	27
Obrázek 16: Vegetační příznaky na dlouhé mohyle v Dušníkách v roce 2021 (Foto: Martin Mykiska)	28
Obrázek 17: Odebraná biomasa (kontrola - žlábek - mohyla)	29
Obrázek 18: Zrna (vzorek č.5) – zleva kontrola, žlábek, mohyla.....	31
Obrázek 19: Archeologický odkryv části dlouhé mohyly (srpen 2021; Foto: Martin Mykiska)	33

12. Seznam příloh

Příloha 1: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z let 2004-2006 (Mapy.cz ©2006).....	50
Příloha 2: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2010 (Mapy.cz ©2012).....	50
Příloha 3: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2015 (Mapy.cz ©2015).....	51
Příloha 4: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2019 (Mapy.cz ©2021).....	51
Příloha 5: Mohyla v Dušníkách jako malá vyvýšenina v terénu (Foto: Martin Mykiska)	52
Příloha 6: Část nádoby nalezená v hrobové jámě při archeologickém odkryvu (Foto: Martin Mykiska)	52
Příloha 7: Souřadnice odběrových míst půdních vzorků (S-JTSK, Křišťuf nepublikováno).....	53
Příloha 8: Výsledky měření rostlinné biomasy pro všech 60 rostlin.....	55
Příloha 9: Statistická analýza vzorků půd – vrstva A	56
Příloha 10: Statistická analýza vzorků půd – vrstva B	57
Příloha 11: Statistická analýza vzorků půd – vrstva C	58

13. Přílohy



Příloha 1: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z let 2004-2006 (Mapy.cz ©2006)



Příloha 2: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2010 (Mapy.cz ©2012)



Příloha 3: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2015 (Mapy.cz ©2015)



Příloha 4: Poloha mohyly v Dušníkách (modrý ovál) na leteckém snímku z roku 2019 (Mapy.cz ©2021)



Příloha 5: Mohyla v Dušníkách jako malá vyvýšenina v terénu (Foto: Martin Mykiska)

Fotografie je pořízena ze západního konce mohyly, keř na fotografii je umístěn ve středu mohyly spolu s geodetickým bodem. Na fotografii je také viditelná hranice dvou zemědělských ploch (vertikálně směrem ke keři). Fotografie je pořízena v době archeologického odkryvu (srpen 2021), v pozadí jsou viditelné hromady zeminy vyjmuté při výkopu.



Příloha 6: Část nádoby nalezená v hrobové jámě při archeologickém odkryvu (Foto: Martin Mykiska)

Příloha 7: Souřadnice odběrových míst půdních vzorků (S-JTSK, Křišťuf nepublikováno)

Sonda	Souřadnice X	Souřadnice Y	Archeo. kategorie
1	-754016,9051	-1004383,466	kontrola
2	-754014,4963	-1004374,539	neodebráno
3	-754012,0254	-1004365,382	kontrola
4	-754010,025	-1004357,97	neodebráno
5	-754007,3858	-1004348,189	kontrola
6	-754005,9997	-1004343,052	neodebráno
7	-754005,0526	-1004339,542	kontrola
8	-754003,8393	-1004335,046	neodebráno
9	-754002,6563	-1004330,662	kontrola
10	-754001,2836	-1004325,273	neodebráno
11	-754000,2601	-1004321,783	kontrola
12	-753998,202	-1004314,156	neodebráno
13	-753996,0634	-1004306,231	kontrola
14	-753993,7348	-1004297,601	neodebráno
15	-753990,5347	-1004285,742	kontrola
16	-754051,1505	-1004374,225	kontrola
17	-754050,3349	-1004371,263	kontrola
18	-754049,404	-1004367,813	kontrola
19	-754047,8245	-1004361,96	kontrola
20	-754045,9112	-1004354,869	kontrola
21	-754043,8968	-1004347,404	kontrola
22	-754042,6693	-1004342,855	kontrola
23	-754041,9466	-1004340,177	kontrola
24	-754041,3366	-1004337,916	žlábek
25	-754040,8246	-1004336,019	mohyla
26	-754040,2605	-1004333,928	mohyla
27	-754039,7429	-1004332,01	mohyla
28	-754039,2096	-1004330,034	mohyla
29	-754038,6222	-1004327,857	mohyla
30	-754038,0698	-1004325,81	mohyla
31	-754037,6534	-1004324,266	mohyla
32	-754037,1009	-1004322,219	mohyla
33	-754036,5248	-1004320,084	mohyla
34	-754035,9794	-1004318,062	mohyla
35	-754035,5267	-1004316,385	mohyla
36	-754035,0625	-1004314,664	žlábek
37	-754034,6029	-1004312,961	kontrola
38	-754033,8969	-1004310,345	kontrola
39	-754032,3334	-1004304,55	kontrola
40	-754030,6207	-1004298,203	kontrola
41	-754028,8143	-1004291,508	kontrola
42	-754027,1841	-1004285,467	kontrola
43	-754025,7007	-1004279,969	kontrola
44	-754024,5195	-1004276,572	kontrola

Sonda	Souřadnice X	Souřadnice Y	Archeo. kategorie
45	-754092,7559	-1004362,999	kontrola
46	-754090,5805	-1004354,937	kontrola
47	-754088,0463	-1004345,545	kontrola
48	-754086,046	-1004338,132	kontrola
49	-754083,4781	-1004328,615	kontrola
50	-754082,3502	-1004324,435	žlábek
51	-754081,6925	-1004321,997	mohyla
52	-754080,5163	-1004317,638	mohyla
53	-754079,6908	-1004314,579	mohyla
54	-754079,0702	-1004312,279	mohyla
55	-754078,0456	-1004308,482	mohyla
56	-754077,2588	-1004305,566	žlábek
57	-754076,3788	-1004302,305	kontrola
58	-754074,422	-1004295,052	kontrola
59	-754071,7371	-1004285,102	kontrola
60	-754069,0103	-1004274,997	kontrola
61	-754066,3871	-1004265,275	kontrola

Příloha 8: Výsledky měření rostlinné biomasy pro všech 60 rostlin

Vzorek	Archeo. kategorie	Délka klasu [cm]	Délka rostliny [cm]	Počet zrn v klasu [ks]	Váha zrn v klasu [g]	HTZ [g]
M1	Mohyla	7,1	66,70	37	0,8327	22,5054
M2	Mohyla	8,6	62,50	46	0,9392	20,4174
M3	Mohyla	8,6	72,80	43	1,0857	25,2488
M4	Mohyla	7,7	66,00	39	0,9322	23,9026
M5	Mohyla	8,2	64,50	37	0,8673	23,4405
M6	Mohyla	8,6	75,50	47	1,4002	29,7915
M7	Mohyla	8,9	80,00	39	1,0316	26,4513
M8	Mohyla	8,5	68,00	47	1,5418	32,8043
M9	Mohyla	8,9	71,90	50	1,2105	24,2100
M10	Mohyla	8,8	72,20	38	1,0133	26,6658
M11	Mohyla	8,3	65,30	39	0,9048	23,2000
M12	Mohyla	8,7	74,70	53	1,2564	23,7057
M13	Mohyla	7,5	67,70	34	0,7908	23,2588
M14	Mohyla	8,5	69,90	49	1,0036	20,4816
M15	Mohyla	8,3	67,90	39	0,8216	21,0667
M16	Mohyla	8,0	66,70	32	0,7312	22,8500
M17	Mohyla	8,7	74,60	40	1,0363	25,9075
M18	Mohyla	7,7	64,00	33	0,7417	22,4758
M19	Mohyla	8,5	65,20	36	0,8187	22,7417
M20	Mohyla	8,8	67,00	47	1,0010	21,2979
Z1	Žlábek	7,6	62,90	29	1,1274	38,8759
Z2	Žlábek	8,1	66,40	40	1,1038	27,5950
Z3	Žlábek	9,1	64,50	42	0,9226	21,9667
Z4	Žlábek	9,5	68,80	59	1,6438	27,8610
Z5	Žlábek	9,3	67,10	32	1,0072	31,4750
Z6	Žlábek	9,3	69,50	54	1,9871	36,7981
Z7	Žlábek	8,6	63,30	46	1,7551	38,1543
Z8	Žlábek	9,5	78,80	41	1,5230	37,1463
Z9	Žlábek	10,0	72,30	51	1,4597	28,6216
Z10	Žlábek	7,8	65,80	34	0,9277	27,2853
Z11	Žlábek	9,5	71,50	51	1,5362	30,1216
Z12	Žlábek	8,0	71,60	38	1,2712	33,4526
Z13	Žlábek	8,3	72,20	50	2,0581	41,1620
Z14	Žlábek	8,3	65,40	47	1,6039	34,1255
Z15	Žlábek	8,7	54,30	40	0,9799	24,4975
Z16	Žlábek	9,3	73,30	51	1,4950	29,3137
Z17	Žlábek	9,5	78,50	51	2,4315	47,6765
Z18	Žlábek	8,5	71,00	47	1,5300	32,5532
Z19	Žlábek	9,6	73,70	53	1,8483	34,8736
Z20	Žlábek	8,6	72,40	62	2,9553	47,6661
K1	Kontrola	8,2	47,80	40	0,6548	16,3700
K2	Kontrola	7,5	58,20	45	1,0311	22,9133
K3	Kontrola	7,7	49,70	34	0,5001	14,7088
K4	Kontrola	8,5	64,00	41	0,7838	19,1171
K5	Kontrola	7,8	49,10	30	0,5183	17,2767
K6	Kontrola	8,1	60,20	44	1,4854	33,7591
K7	Kontrola	8,1	58,90	42	1,0047	23,9214
K8	Kontrola	8,2	60,90	41	0,8506	20,7463
K9	Kontrola	8,3	59,00	45	1,0777	23,9489
K10	Kontrola	8,4	60,00	40	0,7796	19,4900
K11	Kontrola	7,5	59,40	36	0,8604	23,9000
K12	Kontrola	8,2	61,00	45	0,9579	21,2867
K13	Kontrola	7,8	55,10	30	0,5177	17,2567
K14	Kontrola	7,9	62,20	39	0,9221	23,6436
K15	Kontrola	8,3	65,70	42	1,0314	24,5571
K16	Kontrola	7,6	57,00	37	0,7166	19,3676
K17	Kontrola	8,5	57,90	44	0,9863	22,4159
K18	Kontrola	9,0	64,30	39	0,7915	20,2949
K19	Kontrola	7,5	60,20	34	0,6523	19,1853
K20	Kontrola	8,0	59,70	45	1,5044	33,4311

Vrstva A		%						mg/kg									%
Archeo. kategórie		Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Mn	P	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Pb	LE
Mohyla	Min.	5,35	24,98	1,68	0,17	0,41	1,94	451,00	686,33	20,67	47,00	11,33	103,33	99,00	190,67	26,33	61,02
	Q1	5,54	25,17	1,81	0,28	0,51	2,58	560,42	988,42	26,83	62,83	15,63	113,00	105,54	245,33	27,00	62,29
	Medián	5,71	25,59	1,83	0,34	0,52	2,64	578,00	1080,00	28,83	69,67	16,33	118,17	108,17	263,00	29,33	62,86
	Průměr	5,67	25,68	1,83	0,33	0,52	2,58	576,89	1153,14	29,51	66,86	16,34	116,42	109,41	258,67	30,07	62,77
	Q3	5,80	26,08	1,86	0,39	0,54	2,71	609,00	1346,33	33,00	72,17	17,08	118,75	115,25	275,08	30,75	63,24
	Max.	5,96	26,93	1,91	0,45	0,57	2,79	651,50	1754,50	39,00	82,67	19,67	131,67	119,00	308,00	48,33	65,17
	SD	0,18	0,56	0,06	0,08	0,04	0,23	53,31	299,17	5,00	9,02	1,88	6,34	6,72	29,84	5,21	0,98
Žlábek	Min.	5,32	23,65	1,67	0,18	0,45	2,32	546,00	948,00	27,33	61,00	12,33	111,33	98,00	186,33	26,67	62,19
	Q1	5,44	24,84	1,77	0,29	0,48	2,34	565,75	1095,75	28,83	61,50	13,83	112,83	102,25	235,33	28,17	62,62
	Medián	5,56	25,59	1,81	0,33	0,51	2,42	575,50	1267,00	31,17	63,17	15,50	115,17	107,50	252,50	29,83	63,33
	Průměr	5,58	25,33	1,79	0,30	0,50	2,48	569,25	1287,75	31,42	65,25	15,17	114,83	106,08	237,50	30,25	63,63
	Q3	5,69	26,09	1,83	0,34	0,52	2,56	579,00	1459,00	33,75	66,92	16,83	117,17	111,33	254,67	31,92	64,34
	Max.	5,88	26,50	1,85	0,36	0,53	2,73	580,00	1669,00	36,00	73,67	17,33	117,67	111,33	258,67	34,67	65,67
	SD	0,24	1,24	0,08	0,08	0,04	0,19	15,86	311,67	3,85	5,83	2,29	3,01	6,49	34,24	3,44	1,53
Kontrola	Min.	5,25	24,45	1,69	0,04	0,42	2,16	415,00	520,33	20,00	52,33	13,33	97,00	97,33	150,00	23,00	60,12
	Q1	5,60	25,40	1,79	0,17	0,49	2,47	487,75	987,50	27,00	58,17	16,00	111,25	107,50	221,50	28,33	61,98
	Medián	5,78	25,71	1,83	0,27	0,53	2,56	540,50	1167,50	29,17	64,17	17,50	119,00	111,67	258,50	31,67	62,74
	Průměr	5,78	25,85	1,84	0,31	0,52	2,55	531,71	1297,31	30,13	66,05	17,42	117,06	113,85	250,35	30,79	62,61
	Q3	5,99	26,32	1,88	0,36	0,55	2,64	572,50	1565,17	32,50	69,92	18,67	122,25	119,00	287,50	32,58	63,21
	Max.	6,19	27,62	1,99	1,31	0,59	2,78	650,00	2637,33	39,67	98,00	22,00	127,00	142,00	343,67	36,67	64,62
	SD	0,25	0,77	0,07	0,24	0,04	0,14	60,01	480,25	4,83	9,77	2,08	6,95	9,48	44,67	3,34	1,01
P-hodnota K-W		0,10	0,65	0,51	0,29	0,63	0,15	<0,05	0,63	0,68	0,70	0,13	0,50	0,16	0,54	0,21	0,46

Příloha 9: Statistická analýza vzorků půd – vrstva A

Vrstva B		%						mg/kg									%
Archeo. kategorie		Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Mn	P	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Pb	LE
Mohyla	Min.	5,23	24,13	1,37	0,19	0,31	1,63	262,67	287,03	14,50	24,33	8,00	93,33	96,00	104,67	17,00	60,47
	Q1	5,78	24,97	1,74	0,45	0,51	2,66	511,75	383,09	25,33	54,50	13,67	115,67	110,58	237,00	21,25	62,05
	Medián	5,92	25,46	1,77	0,57	0,53	2,80	557,67	443,87	28,33	59,33	15,00	119,50	114,83	262,00	23,00	62,60
	Průměr	5,95	25,40	1,77	0,57	0,52	2,76	579,71	551,72	28,16	58,24	15,12	118,73	115,36	254,52	24,57	62,45
	Q3	6,14	25,75	1,82	0,64	0,55	2,95	625,50	634,74	32,00	63,00	16,33	122,67	119,67	280,50	25,75	62,96
	Max.	6,57	27,27	1,87	1,14	0,61	3,22	997,33	1900,00	39,00	99,67	28,00	138,33	143,00	336,33	88,33	65,56
	SD	0,27	0,61	0,07	0,18	0,05	0,28	122,52	288,24	4,71	11,10	2,65	7,08	7,26	42,80	8,56	0,92
Žlábek	Min.	5,50	24,20	1,59	0,25	0,46	2,21	492,67	334,00	19,00	34,67	10,00	101,33	103,67	163,67	18,33	60,68
	Q1	5,64	24,81	1,67	0,44	0,50	2,57	539,83	451,90	25,67	50,00	12,83	110,83	112,50	206,00	21,50	62,24
	Medián	5,82	25,32	1,75	0,58	0,51	2,69	608,33	589,08	27,33	56,00	14,50	118,00	115,67	228,17	22,67	63,13
	Průměr	5,81	25,34	1,75	0,57	0,52	2,67	620,63	618,20	27,01	55,80	14,75	116,85	115,70	234,28	23,67	62,80
	Q3	5,94	25,84	1,81	0,68	0,54	2,81	697,33	730,12	29,75	60,42	16,33	121,83	119,83	259,17	24,08	63,33
	Max.	6,23	27,16	1,93	0,86	0,57	2,98	794,33	1133,67	40,00	71,67	22,67	130,00	129,67	312,33	33,67	64,60
	SD	0,19	0,71	0,09	0,16	0,03	0,22	97,58	228,81	4,94	9,24	2,87	7,79	6,77	39,94	4,28	0,95
Kontrola	Min.	5,39	23,65	1,65	0,10	0,45	2,23	448,00	299,00	19,00	49,67	13,33	111,00	103,33	178,00	18,00	59,34
	Q1	5,70	24,81	1,77	0,27	0,51	2,61	537,00	397,00	25,00	52,67	15,67	117,67	108,67	237,33	25,33	62,09
	Medián	5,87	25,36	1,80	0,43	0,54	2,67	576,00	625,67	27,00	58,33	17,33	120,00	114,00	257,67	30,00	62,70
	Průměr	5,91	25,35	1,80	0,41	0,53	2,72	602,65	701,12	28,26	58,85	17,30	120,50	115,57	259,18	28,69	62,65
	Q3	6,04	25,90	1,82	0,55	0,54	2,89	627,00	855,00	31,67	65,00	18,67	125,33	119,00	281,00	31,67	63,33
	Max.	6,62	27,68	1,94	0,72	0,65	3,21	1235,33	1592,67	38,67	71,00	21,67	131,00	150,00	335,67	36,00	64,98
	SD	0,31	0,85	0,06	0,17	0,04	0,24	132,74	347,69	4,76	6,66	2,06	5,03	9,50	37,05	4,70	1,04
P-hodnota K-W		0,08	0,93	<0,05	<0,05	0,28	0,16	0,06	<0,05	0,59	0,50	<0,05	0,23	0,79	0,40	<0,05	0,24

Vrstva C		%					mg/kg										%
Archeo. kategórie		Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	Mn	P	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Pb	LE
Mohyla	Min.	5,94	21,99	1,56	0,41	0,21	1,44	224,33	296,00	9,10	19,67	6,67	84,67	109,00	45,67	14,67	60,59
	Q1	6,14	24,24	1,66	0,56	0,32	1,87	301,92	356,03	18,25	24,58	8,17	97,42	119,00	67,42	17,50	62,95
	Medián	6,56	24,43	1,80	0,67	0,38	2,09	341,00	445,44	20,17	32,00	9,50	100,83	128,67	111,00	19,00	63,47
	Průměr	6,47	24,70	1,79	0,92	0,37	2,05	344,44	462,19	19,23	30,94	9,67	100,56	133,92	109,21	18,75	63,33
	Q3	6,70	25,34	1,89	0,82	0,40	2,26	360,83	504,65	21,37	35,58	10,67	105,75	149,92	137,75	19,75	63,99
	Max.	7,16	27,07	2,12	4,56	0,58	2,66	550,00	776,38	23,00	44,00	14,33	114,00	170,00	188,33	22,67	66,06
	SD	0,36	1,11	0,15	0,99	0,10	0,36	80,30	142,44	3,57	7,40	2,05	7,43	18,61	44,54	2,07	1,20
Žlábek	Min.	6,10	25,05	1,58	0,63	0,23	1,39	382,67	335,34	14,50	21,00	6,50	88,33	118,67	63,33	17,00	61,87
	Q1	6,40	25,58	1,67	0,66	0,34	1,60	396,92	750,23	16,38	21,00	7,25	89,08	120,92	63,58	17,00	62,74
	Medián	6,60	25,75	1,73	0,72	0,38	1,69	421,00	899,29	17,25	21,83	8,25	89,67	135,50	67,83	17,17	63,08
	Průměr	6,55	25,66	1,71	0,77	0,37	1,78	437,83	802,93	17,00	23,58	8,17	89,83	138,58	71,08	17,83	62,84
	Q3	6,75	25,83	1,77	0,82	0,40	1,87	461,92	951,99	17,88	24,42	9,17	90,42	153,17	75,33	18,00	63,19
	Max.	6,88	26,08	1,80	1,01	0,46	2,33	526,67	1077,81	19,00	29,67	9,67	91,67	164,67	85,33	20,00	63,32
	SD	0,33	0,43	0,10	0,17	0,10	0,39	63,90	323,01	1,87	4,13	1,43	1,40	22,20	10,31	1,45	0,66
Kontrola	Min.	5,99	22,77	1,52	0,25	0,16	1,16	184,00	298,00	9,10	12,67	6,67	78,33	97,33	51,00	14,33	60,86
	Q1	6,67	24,37	1,75	0,49	0,24	1,66	282,00	364,61	14,00	23,00	8,33	92,67	128,67	61,67	18,67	62,55
	Medián	6,75	24,81	1,80	0,67	0,36	1,99	374,00	451,58	18,33	29,00	10,00	99,00	141,33	80,33	20,00	63,10
	Průměr	6,74	24,78	1,82	0,64	0,35	2,05	361,69	511,28	18,13	31,70	10,45	101,59	140,73	106,39	20,24	63,20
	Q3	6,93	25,07	1,87	0,75	0,42	2,38	451,33	589,61	22,00	40,67	11,67	111,00	147,67	136,00	22,00	63,88
	Max.	7,25	26,80	2,22	1,03	0,56	3,03	551,67	1189,33	30,00	64,33	16,67	120,33	186,67	247,33	30,00	65,11
	SD	0,28	0,88	0,15	0,19	0,10	0,48	103,59	209,96	5,68	11,92	2,69	11,14	18,18	59,10	3,02	1,02
P-hodnota K-W		<0,05	0,07	0,26	0,39	0,74	0,19	0,46	0,18	0,47	0,29	0,16	<0,05	0,47	0,39	<0,05	0,57

Príloha 11: Statistická analýza vzorků půd – vrstva C