

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Fyzická geografie a geoekologie



Stanovení ohrožení archeologické lokality Bylany vodní erozí půdy a erozí orbou

Determination of the threat to the archaeological site Bylany by water and tillage erosion
of soil

Bc. Nikola Derková

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Praha 2022

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací se svým školitelem. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 21. 6. 2022

.....
Bc. Nikola Derková

Zadání diplomové práce

Název práce

Stanovení ohrožení archeologické lokality Bylany vodní erozí půdy a erozí orbou

Determination of the threat to the archaeological site Bylany by water and tillage erosion of soil

Cíle práce

Cílem předložené práce je představit problematiku erozního ohrožení archeologických lokalit a stanovit ohrožení archeologické lokality Bylany vodní erozí a erozí orbou. Vzhledem k typu a rozsáhlosti některých archeologických nalezišť není možné, aby byla přesunuta do muzeí či skanzenů. Archeologické lokality tak zůstávají na místě, chráněny vrstvou půdního krytu. V případě zvýšené eroze se ochranný kryt ztenčuje a hrozí, že v budoucnu už nebude plnit svou konzervační funkci. Tomuto problému čelí především archeologická naleziště nacházející se na území nynějších zemědělských ploch.

Použité metody, zájmové území a datové zdroje

Za účelem diplomové práce bylo vybráno archeologická naleziště, které bude fungovat jako studijní plocha. Jedná se o neolitický sídelní areál Bylany (Kutná hora). Metodika diplomové práce bude spočívat v kombinaci terénní práce, laboratorní práce a matematického modelování v programu WaTEM/SEDEM. Terénní práce a matematické modelování v programu WaTEM/SEDEM zastane studentka s pomocí vedoucího, laboratorní práce budou probíhat ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP). Vzorky půdy se budou ve VÚMOP analyzovat z hlediska půdní zrnitosti a bude také provedena analýza oxidovatelného uhlíku Cox, pro upřesnění parametru erodovatelnosti půdy. Výsledky budou porovnány se závěry geofyzikálního měření lokality RNDr. Romana Křivánka, PhDr.

Datum zadání: 10. 11. 2020

Jméno studenta: Bc. Nikola Derková

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce RNDr. Tomáši Chumanovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, cenné rady, trpělivost a věnovaný čas při konzultacích a pomoc při odběru půdních sond, které stály mnoho sil. Ráda bych poděkovala také Mgr. Markétě Končelové, Ph.D., za pomoc při terénním šetření, poskytnutí archeologické dokumentace a zodpovězení otázek týkající se archeologického výzkumu a Mgr. Aničce Juřicové za mnoho rad a doporučení týkajících se programu WaTEM/SEDEM. Poděkování náleží Katedře fyzické geografie a geoekologie, která poskytla finanční prostředky, které byly použity na analýzu vzorků a další výlohy spojené s tvorbou práce.

Velký dík patří mé rodině a přátelům, bez nichž by to prostě nešlo.

Abstrakt

Diplomová práce má za cíl stanovit ohrožení archeologické lokality Bylany půdní erozí. Půdní eroze byla zjištěna pomocí kombinace terénního průzkumu a modelování v programu WaTEM/SEDEM. Výsledky diplomové práce jsou přínosem k poznání rychlosti eroze a zároveň mohou být nápomocné při výzkumu a uchování archeologických památek.

Na základě kombinace erozního modelování a terénního šetření byla zjištěna míra eroze a akumulace v lokalitě. Půdní eroze byla prokázána na pěti studovaných lokalitách z celkového množství osmi lokalit. Dvě lokality vykazovaly sporné výsledky a pouze jediná lokalita vykazovala akumulaci materiálu s průměrnou roční akumulací 2,14 mm. Průměrná roční hodnota eroze půdy se pohybovala mezi 0,46 a 26,9 mm. Vysoká intenzita půdní eroze byla prokázána na erozním modelu vodní eroze také v jižní části svahu, kde se nachází menší rondel, nemohla však být potvrzena terénním šetřením, neboť objekt nebyl v minulosti archeologicky zkoumán. Probíhající eroze půdy v lokalitě tak představuje významné ohrožení neolitických rondelů v Bylanech.

Klíčová slova

půdní eroze, WaTEM/SEDEM, Bylany, rondel

Abstract

The diploma thesis aims to determine the threat of archaeological site Bylany by soil erosion. Soil erosion was detected using a combination of field research and modeling in the WaTEM/SEDEM program. The results of the diploma thesis are beneficial to the knowledge of the rate of erosion and at the same time can be helpful in research and preservation of archaeological monuments.

Based on a combination of erosion modeling and field investigation, the rate of erosion and accumulation in the locality was determined. Soil erosion was demonstrated at five studied sites out of a total of eight sites. Two sites showed questionable results and only one site showed accumulation of material with an average annual accumulation of 2,14 mm. The average annual value of soil erosion varied between 0,46 and 26,9 mm. A high intensity of soil erosion was demonstrated on the erosion model of water erosion also in the southern part of the slope, where the smaller roundel is located, but this could not be confirmed by field investigation as this roundel has not been studied and described by archaeologists. The ongoing soil erosion in the locality thus represents a significant threat to the Neolithic roundels in Bylany.

Keywords

soil erosion, WaTEM/SEDEM, Bylany, roundel

Struktura diplomové práce

1 Úvod a cíle práce	8
2 Půdní eroze	10
2.1 Vodní eroze	11
2.2 Eroze orbou	12
2.3 Metody měření půdní eroze	13
2.3.1 WaTEM/SEDEM	17
3 Archeologická lokalita Bylany	19
3.1 Období vzniku archeologické lokality	19
3.2 Historie objevování v Bylanech	23
3.3 Uplatnění nedestruktivní archeologie při archeologickém výzkumu v Bylanech	24
3.4 Ohrožení archeologických památek půdní erozí	25
4 Fyzickogeografická charakteristika	29
4.1 Geologické poměry	30
4.2 Geomorfologické poměry	32
4.3 Klimatologické poměry	34
4.4 Hydrologické poměry	35
4.5 Půdní poměry	36
4.6 Biogeografické poměry	37
5 Metodika	39
5.1 Tvorba erozního modelu	39
5.1.1 Příprava dat pro erozní model	39
5.1.2 Modelování v programu WaTEM/SEDEM	41
5.2 Odběr půdních vzorků v terénu	44
5.3 Studium archeologických objektů pomocí půdních sond	45
6 Výsledky	47
6.1 Erozní model	47
6.1.1 Vodní eroze	50

6.1.2 Eroze orbou	51
6.1.3 Kombinace modelů vodní eroze a eroze orbou	52
6.2 Půdní sondy	54
7 Diskuze	73
7.1 Intenzita eroze na archeologických památkách	73
7.3 Problematika určování změny výšky ornice	76
8 Závěr	78
10 Seznamy	88
10.1 Seznam použitých rovnic	88
10.2 Seznam tabulek	88
10.3 Seznam obrázků	89
11 Přílohy	91

1 Úvod a cíle práce

Půda představuje neměnný základ života na planetě Zemi. Díky půdě byl umožněn vývoj; civilizací, historie i života jako takového. Bez půdy by nemohl existovat život, přesto o ni postupně přicházíme. Každý rok klesne světová výměra kultivované půdy na obyvatele cca o 2 %, za což je zodpovědná především vodní eroze, dále také těžba surovin a výstavba (Buzek, 2005). Intenzitu půdní eroze se snaží vědci kvantifikovat pomocí různých přístupů. Modelování půdní eroze pomocí matematických či empirických modelů představuje značné zjednodušení pro kvantifikaci půdní eroze. Achillovu patu modelů představuje nedostatečná verifikace. Jednou z možností verifikace modelů je terénní průzkum, kdy se měří intenzita půdní eroze přímo na lokalitě.

Jednou z možností, jak verifikovat výsledky modelů, by mohla být kvantifikace půdní eroze na archeologických objektech, které jsou často podrobně zkoumány archeology a jsou u nich k dispozici poznatky mimo jiné o jejich hloubce tzn. mocnosti půdy. Při opakovaném průzkumu mohou být takto zjištěné hloubky opětovně zaměřeny a ze srovnání rozdílů vyhodnocen úbytek či akumulace půdy. Spojením poznatků z oboru pedologie a archeologie by tímto interdisciplinárním přístupem mohla být zjištěna rychlost půdní eroze. Na řadě lokalit archeologických lokalit nejen v Česku je ohrožení archeologických lokalit zjevné, či již přímo dochází k jejich degradaci. Plošně rozsáhlé archeologické objekty se dle běžné archeologické praxe zanechávají in situ, neboť jejich přemístění do muzeí by bylo namáhavé a finančně nákladné, či z hlediska typu archeologického objektu přímo nemožné. Zachování a ochrana archeologických památek in situ je považován za upřednostňovaný způsob ochrany také v Maltské úmluvě z roku 1992 (Rada Evropy, 1992). Jedná se především o rozsáhlé objekty typu opevnění či rondelů. Takovéto památky jsou pak ohroženy půdní erozí, což mimo jiné podporuje fakt, že neolitické památky jsou koncentrovány především v nejúrodnějších částech naší země, v tzv. starosídelní oblasti Hercinia a Pannonica, kde je nejvyšší koncentrace orné půdy. Pokud je povrch půdy obděláván zemědělskou technikou, zvyšuje se riziko ohrožení archeologických památek půdní erozí (Huisman et al., 2019).

Jednou z archeologicky významných lokalit, u níž je předpoklad erozního ohrožení a obava z její degradace je neolitický areál Bylany, kde probíhá archeologický výzkum již od 50. let minulého století. Areál je pro archeologickou obec velmi důležitou lokalitou, a tudíž byly k dispozici pro účely práce podrobné informace o proběhnutých výkopových pracích a o pohřbených objektech. Hlavní zájem se soustředil na oblast dvou rondelů v severozápadní části Bylan. Kromě informací z výkopových prací, které zde proběhly v druhé polovině minulého století, byl průzkum půdní eroze opřen také o informace získané díky geofyzikálnímu průzkumu doktora Romana Křivánka. Geofyzikální průzkum v Bylanech probíhal mezi lety 1980 a 2019 a pomohl rozšířit vědomosti o

bylanských rondelích (kromě již zkoumaného hlavního rondelu byly zmapovány také dva menší rondely, které nebyly objeveny pomocí archeologického terénního šetření). Výsledky z geofyzikálního měření v roce 2013 naznačují častější fragmentované lineární magnetické anomálie a snížení magnetických amplitud v některých částech rondelů, což by implikovalo narušení archeologické památky. Z toho důvodu byl na lokalitě proveden pedologický průzkum a modelování eroze s cílem zjistit, zda je obava z erozního ohrožení reálná, a jaké intenzity případná eroze nabývá.

2 Půdní eroze

Půdní eroze je definována jako přírodní proces, při kterém dochází k rozrušení povrchu, odtržení půdních částic od půdního celku a jejich odnos na jinou lokalitu, kde dochází k jejich sedimentaci (Flanagan, 2017; Janeček et al., 2008). Rozeznáváme několik typů půdní eroze, podle toho, jaký činitel erozi způsobil. Nejčastěji adresovaný typ půdní eroze v literatuře, a tudíž i typ, o kterém zatím máme nejvíce informací, představuje vodní eroze (Borelli et al., 2021), kde se jako hlavní erozní činitel uplatňují dešťové srážky. Vodní eroze v ČR ohrožuje více než 50 % výměry orné půdy (VÚMOP). Při větrné erozi působí jako erozní činitel vítr, který po překonání své kritické rychlosti je schopen přemísťovat půdní částice (Flanagan, 2017).

Kromě vodní a větrné eroze rozeznáváme také erozi nivální (či také sněhovou). V podmínkách České republiky má však tento typ eroze pouze velmi omezený rozsah působnosti (Janeček et al., 2008). Mnohem závažnější (zato však v literatuře málo adresovaný) problém představuje tzv. eroze orbou (Borelli et al., 2021). Hlavním činitelem tohoto typu je zemědělská technika, která rozrušuje půdní kryt při obdělávání půdy, a gravitace. Další erozní proces vázaný čistě na zemědělské půdy je proces sklizňové eroze, při které se odnášejí půdní částice ulpěné na plodině v době sklizně.

Zakladatel nauky o erozi (tzv. erodologii) americký pedolog H. H. Bennet rozdělil v první polovině minulého století půdní erozi na dva typy: na erozi normální (také geologickou či přirozenou) a na erozi zrychlenou (antropogenně ovlivněnou) (Bennet, 1939 in Janeček et al., 2008). Eroze normální probíhá takovým tempem, kdy případný odnos půdy je vyrovnáván její tvorbou díky zvětrávání geologického podloží. Rychlost tvorby půdy se liší dle vlastností matečné horniny, obecně se však nárůst půdy pohybuje v rozmezí 0,324 - 1,62 t/ha*rok (Bennet, 1955 in Janeček et al., 2008). Globální průměrná rychlost tvorby půdy je udávána jako nárůst půdy 1,2 t/ha*rok. V případě že odnos půdy z lokality převyšuje tvorbu půdy, jedná se o erozi zrychlenou, půdní kryt je ochuzován o nejsvrchnější část půdního profilu (případně nejjemnější půdní částice), dochází k snížení úrodnosti a celkově se půdní kryt devaluje (Janeček et al., 2008).

Intenzita půdní eroze se vyjadřuje odnosem půdy v mm či v t/ha za určité časové období (nejčastěji 1 rok). Stanovení hraniční hodnoty ztráty půdy se liší dle hloubky půdy. Jedná se o tzv. přípustnou ztrátu půdy. V případě hlubších půd (nad 60 cm, např. spraše) je přípustná ztráta vyšší, neměla by však přesáhnout 9 t/ha za rok. V případě středně hlubokých půd (30 až 60 cm) je přípustná ztráta půdy stejná jako u půd hlubokých, u mělkých půd (do 30 cm) je přípustná ztráta pouze do hodnoty 2 t/ha za rok (Vyhláška č. 240/2021 Sb.).

2.1 Vodní eroze

Vodní eroze nastává především za srážkových událostí v okamžiku, kdy je intenzita deště vyšší než hydraulická vodivost půdy. Dešťové kapky svým dopadem naruší kompaktní půdu, která je posléze více náchylná k odnosu (Flanagan, 2017). Při zvyšující se intenzitě srážky se část vody již nestačí zasakovat, odtéká po povrchu a unáší půdní částice. Zároveň unášené půdní částice ucpávají hrdla půdních pórů a tím pádem se ještě více snižuje infiltrace v půdě, čímž se zvyšuje eroze půdy. Obecně řečeno intenzita eroze je přímo úměrně závislá na intenzitě srážky a nepřímo úměrně závislá na stabilitě půdní struktury (Kutílek, 2012).

Nejprve dochází k plošné erozi, kdy se vymývají půdní částice rovnoměrně na určité ploše. Tímto procesem se ochuzuje celý A horizont. Plošná eroze je následovaná erozí rýhovou, kdy se povrchový odtok díky drobným povrchovým nerovnostem soustřeďuje do proudů, které hloubí erozní rýhy. Dalším krokem, kdy se již tvoří silnější proud, je eroze stržová. Stržovou erozí může být půda erodována do značné hloubky. Erodované půdní částice se usazují na patě svahu jako podsvahové deluvium či jsou unášeny vodním tokem (Kutílek, 2012). Vodní eroze se může projevat také v podobě vnitropůdní eroze, která probíhá při podpovrchovém odtoku. V případě výskytu skeletovitých půd se tento proces nazývá interskeletovitou erozí. Interskeletovitá eroze představuje problém především v horských oblastech ČR, kde ohrožuje více než 45 000 hektarů (Janeček et al., 2008). V případě, že vnitropůdní eroze je vázána na podpovrchové chodby (např. vytvořené živočichy), mluví se o tzv. sufozi neboli tunelové erozi (Janeček et al., 2008).

K degradaci půdy, která představuje ztrátu schopnosti půdy poskytovat produkční a mimoprodukční funkce, dochází již při nízké intenzitě vodní eroze z toho důvodu, že se snáze vyplavují především částice jemné půdní frakce, které na sebe často váží živiny nutné pro úrodnost půd a pozitivně působící na celkovou kvalitu půd (Flanagan, 2017). Přítomnost této jemné půdní frakce ve vodních tocích bývá ukazatelem půdní eroze (Buzek, 2005). Při vyšší intenzitě vodní eroze se snižuje mocnost ornice, nejúrodnější část půdního profilu. Vodní eroze půdy dále snižuje propustnost půdy, poškozují plodiny a tím pádem snižuje výnosy ze zemědělské činnosti (Kapička a kol., 2020). Kromě samotné půdy negativně ovlivňuje vodní eroze také vodní zdroje.

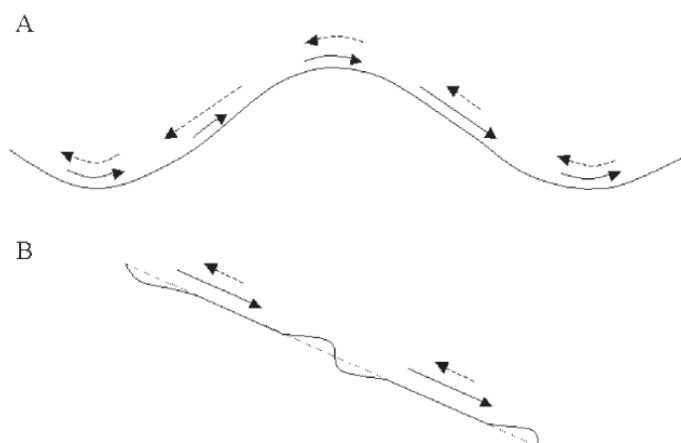
Na intenzitu vodní eroze má vliv kombinace vícero faktorů. Jedná se především o klimatické a hydrologické podmínky lokality, dále morfologické, geologické a půdní podmínky, přítomnost a typ vegetace v lokalitě a v neposlední řadě způsob obhospodařování půdy. Opatření proti vodní erozi dělíme na tři typy; organizační, agrotechnická a technická opatření (Šarapatka, 2014). Mezi organizační opatření spadá návrh optimálního tvaru a velikosti půdních bloků, vhodné umístění pěstovaných plodin a navržení pásového střídání plodin. Agrotechnická opatření spočívají v orbě a

setí po vrstevnici, tvorbě překážek ve formě hrázkování či důlkování a v souboru úkonů, jež označujeme jako ochranné obdělávání (jedná se např. o bezorebné setí, setí do ochranné plodiny či mulče). Technické opatření představují úpravy terénu, kdy se vytváří příkopy, ochranné hrázky, průlehy, terasy a protierozní meze, které by měly zmírnit půdní erozi a podpořit akumulaci materiálu (Novotný et al., 2017).

2.2 Eroze orbou

Eroze orbou představuje závažný degradační půdní proces, který začala vědecká obec zkoumat teprve nedávno. Přitom na základě analýzy globálních dat se ukazuje, že velmi často adresovaný problém vodní eroze představuje pro půdu stejné či menší riziko než eroze orbou. Na zemědělských polích, kde probíhá mechanizované obdělávání půdy, může být na jeden metr čtvereční erozí orbou odneseno 400 až 800 kg za rok (Van Oost et al., 2006). Pro porovnání – v zemědělství, kde není používána mechanizace se ročně odnese 70 až 260 kg na m² (Van Oost et al., 2006).

K tomuto procesu dochází v případě orby, kdy je půda kypřena a obrácena a jsou vytvořeny typické brázdy. Kvůli zvýšení sklonu v rámci brázdy se půdní částice v konvexní části brázdy přesouvají do konkávní části. V případě, že orba probíhá na ukloněném povrchu, můžou se tímto způsobem půdní částice přesouvat po sklonu svahu (viz obrázek 1) (Van Oost et al., 2006). Zároveň je půda posunována přímo pohyby radlicí stroje.



Obrázek 1: Princip eroze orbou. Délky šipek ukazují intenzitu procesu. V části A pozorujeme ztrátu půdních částic z konvexní části brázdy. V části B je naznačen transport půdních částic v ukloněném svahu v případě eroze orbou. Obr. přejet z Van Oost et al., 2006.

Významný vliv na intenzitu eroze orbou má hloubka orby, směr vedení orby (po spádnicí x po vrstevnici) a rychlost pojezdu mechanizace. S rozvojem agronomických technologií se proces

eroze orbou intenzifikuje. Nevýhodou eroze orbou je její náročná identifikace (narozdíl od eroze vodní a větrné). Rozsah a závažnost eroze orbou se stává patrnou po dekadách pravidelné orby na zemědělské ploše, což platí pro celou škálu půdních typů (Van Oost et al., 2006).

2.3 Metody měření půdní eroze

Abychom mohli účinně mírnit dopady půdní eroze, je nutné znát její charakteristiky jako intenzitu a prostorové rozmístění. Na základě těchto informací jsme schopni vytvořit přímo v zasažené lokalitě opatření pro zmírnění následků, např. pozemkové úpravy či úpravu zemědělské správy lokality. Metodu hodnocení erozního ohrožení v lokalitě bychom měli vybírat vždy podle typu situace, neboť možné metody mají různou výpovědní hodnotu a jsou různě přesné. Nejpřesnější metoda spočívá v přímém terénním šetření a v laboratorní analýze vzorků. Tento přístup je však vhodný pouze pro malé území, neboť je velmi časově a finančně náročný na provedení a při extrapolaci ztrácí na přesnosti.

Relativně přesné informace jsme schopni získat pomocí výpočetních metod v podobě matematického modelování, které hodnotí erozní ohrožení na základě syntézy faktorů mající vliv na erozně-akumulační procesy a které dělíme dle koncepce výpočtu na empirické a simulační (Kliment & Langhammer, 2005). V literatuře se také setkáváme s pojmem semiempirické, což jsou modely sdružující oba přístupy. S rozvojem výpočetní techniky, se hodnocení erozních procesů přesunulo od manuálních výpočtů do prostředí Geografických informačních systémů (GIS), což umožnilo hodnotit erozi mnohem efektivněji a rychleji, než dříve (Krása, 2004).

Základ empirických modelů spočívá v dlouhodobém pozorování experimentálních povodí, ve kterém jsou simulovány erozně-akumulační procesy (Krása, 2004). Posuzovány jsou vlivy vnějších činitelů a charakteristik (intenzita dešťových srážek, struktura a textura půdy, morfologie reliéfu) na výslednou intenzitu půdní eroze. Na základě zjištěných informací jsou poté vyvozeny empirické vztahy, které jsou dále aplikovatelné i na jiná území. Výsledná rovnice bude mít adekvátní a výpovědní hodnotu tím vyšší, čím se podmínky ve zkoumané lokalitě budou podobat podmínkám v experimentálním povodí. Takováto situace je však v přírodě díky její heterogenitě velmi vzácná a u výsledného modelu je tak třeba počítat s určitou chybou, kterou je možné eliminovat, pokud vstupní parametry a koeficienty rovnice upravíme dle charakteristik modelovaného povodí (Krása, 2004). Empirické modely jsou často využívány především díky své relativní jednoduchosti výpočtu a získání vstupních dat (Kliment & Langhammer, 2005). Jako příklad empirických modelů můžeme uvést modely USPED (Mitášová et al., 1996), RUSLE (Renard et al., 1997) či WaTEM/SEDEM (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002).

Simulační modely, či také fyzikálně založené modely, modelují erozní ohroženost na základě matematického popisu fyzikálních jevů. Nevýhodou je poměrně vysoká náročnost výpočtu a závislost na kapacitě výpočetní techniky (Kliment & Langhammer, 2005; Krása, 2004). Nevýhody jsou kompenzovány efektivností výpočtu a možností modelovat procesy v dlouhodobém měřítku (Krása, 2004). Mezi simulační modely patří například modely SMODERP (Holý & Váška & Vrána, 1988), EROSION 3D (Schmidt, 1994), či EUROSEM (Morgan et al., 1998). Příkladem semiempirického modelu je model AGNPS (Yalin, 1963) (Kliment & Langhammer, 2005).

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE)

Rovnice USLE představuje jednu z nejpoužívanějších rovnic pro výpočet průměrné roční ztráty půdy v tunách na hektar kvůli plošné a rýhové erozi (Wischmeier & Smith, 1978). Byla vyvinuta vědci W. H. Wischmeierem a D. D. Smithem a dalšími na konci 50. let minulého století na Ministerstvu zemědělství USA (USDA), na základě empirického pozorování experimentálního svahu. V průběhu pozorování byly provedeny experimenty např. pomocí simulátoru dešťových srážek. Rovnice nepočítá s akumulací erodovaného materiálu a s erozí v roklích (FAO). Na základě zjištěných informací byla vytvořena rovnice USLE, která představuje součin šesti proměnných (jednotky proměnných jsou uvedeny po převodu do soustavy SI):

$$G = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

kde

R	faktor erozní účinnosti deště (MJ/ha*cm/h)
K	faktor erodovatelnosti půd (t*h/MJ*cm)
L	faktor délky svahu (bezrozměrná veličina)
S	faktor sklonu svahu (bezrozměrná veličina)
C	faktor ochranného vlivu vegetace (bezrozměrná veličina)
P	faktor protierozních opatření (bezrozměrná veličina)
G	dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy

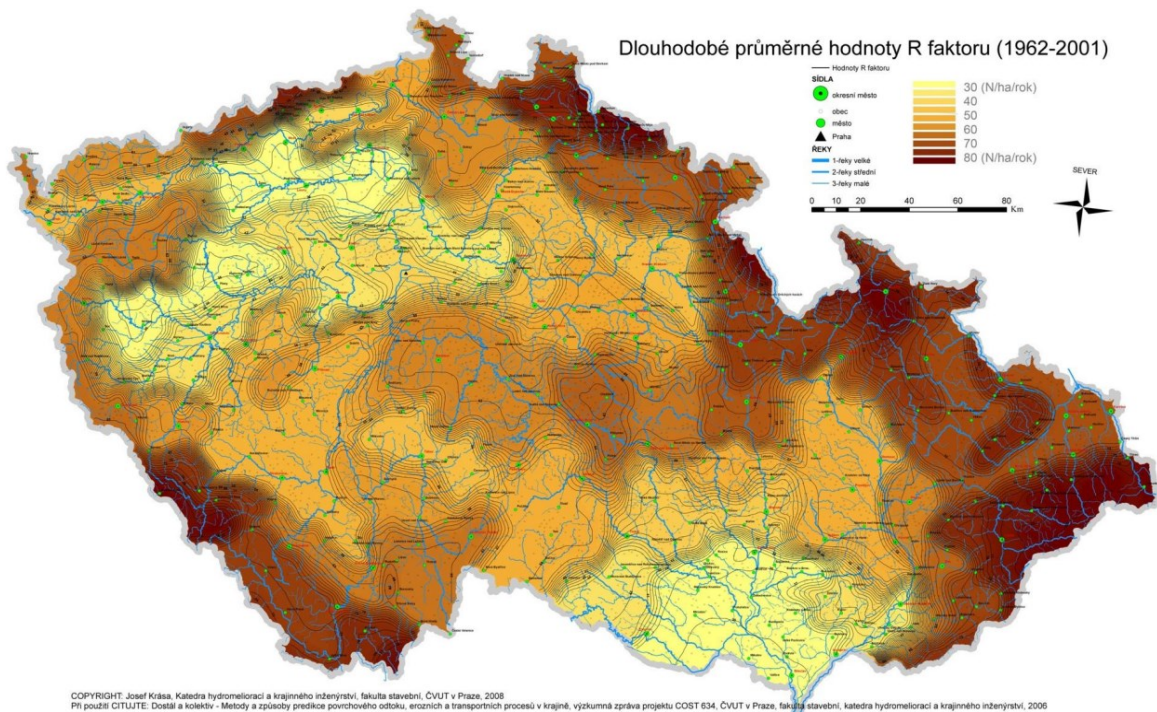
Díky této rovnici jsme schopni určit, jak velká eroze probíhá v naší zkoumané lokalitě, zda překračuje zjištěná ztráta hodnotu přípustné ztráty půdy a jaká protierozní opatření můžeme zavést. Jednotlivé faktory jsou popsány v následujícím textu.

Faktor erozní účinnosti deště R

Faktor erozní účinnosti deště R je definován Wischmeierem a Smithem jako součin celkové kinetické energie deště (J/m²) a jeho maximální třicetiminutovou intenzitou (Wischmeier & Smith, 1978 in

Krásy, 2004). Kromě intenzity a kinetické energie srážek závisí R faktor také na četnosti výskytu a úhrnu srážek. Jeho jednotky jsou MJ/ha*cm/h. Pokud jsou ostatní faktory rovnice USLE konstantní, je míra eroze přímo úměrná erozní účinnosti deště (Janeček et al., 2008). Hodnota R faktoru je odvozena z dlouhodobého pozorování srážkových poměrů v lokalitě. Do výpočtu jsou zahrnuty pouze přívalové deště, jejichž úhrn přesáhl hodnotu 12,5 mm a deště, za které v průběhu 15 minut spadlo více než 6,25 mm (Janeček et al., 2008).

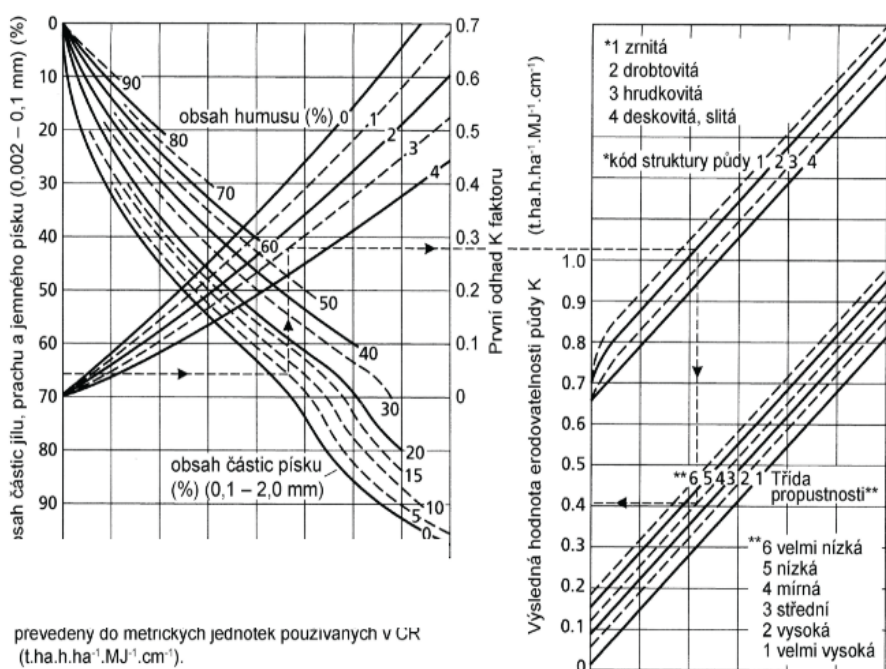
V rámci České republiky byla dlouhodobě používána hodnota 20 MJ/ha*cm/h dle metodiky Janečka et al., 1992 (Krásy, 2004, Janeček et al., 2008). Dle novějších měření se však ukazuje tato hodnota jako podhodnocena a doporučená hodnota pro modelování území ČR se tak uvádí 40 MJ/ha*cm/h (Krásy, 2004). Van der Knijff et al. (2000) uvádí, že hodnoty R faktoru na území ČR se pohybují v rozmezí 35 - 55 MJ/ha*cm/h. Dle Krásy (2004) mají hodnoty R faktoru na území ČR větší rozpětí a činí 30 - 80 MJ/ha*cm/h (viz obrázek 2). Pro zájmovou lokalitu této diplomové práce byla určena průměrná hodnota R faktoru dle metodiky Krásy (2004) jako 57 MJ/ha*cm/h.



Obrázek 2: Rozložení hodnot R faktoru dle Krásy (2004)

Faktor erodovatelnosti půdy K

Faktor erodovatelnosti půdy K představuje erodibilitu půdy neboli náchylnost půdy k erozi. Náchylnost půdy k erozi je ovlivněná strukturou půdy či její propustností (Krása, 2004). Faktor K je v rovnici USLE definován jako odnoš půdy v t/ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku (délka svahu 22,13 m, sklon svahu 9°) (Janeček et al., 2008). Hodnotu faktoru K můžeme určit pomocí nomogramu na základě informací o obsahu humusu v půdě (%), obsahu částic písku (%), struktury půdy a třídě propustnosti (viz obrázek 3) či pomocí rovnice. Další možností určení je odvození hodnoty K faktoru ze známých průměrných půdních charakteristik hlavních půdních jednotek. Můžeme tak využít kódu bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) a to konkrétně z čísla hlavní půdní jednotky (HPJ), která se nachází na 2. a 3. místě kódu BPEJ.



Obrázek 3: Nomogram pro určení hodnoty K faktoru. Zdroj: Janeček et al., 2008

Topografický faktor délky a sklonu svahu LS

Faktor délky a sklonu svahu LS představovaly v původní rovnici USLE samostatné proměnné, kde faktor délky svahu L vyjadřuje závislost ztráty půdy na nepřerušené délce svahu, faktor sklonu svahu S obdobně vyjadřuje závislost ztráty půdy na velikosti sklonu (Wischmeier & Smith, 1978). Kombinací obou faktorů, kterou přinesla rovnice RUSLE a která je uplatňována v prostředí GIS, jsou vlastnosti topografie lépe vyjádřeny (Renard et al., 1991). Spojením těchto dvou faktorů, které je provedeno pomocí kombinovaného vzorce, vzniká tzv. topografický faktor LS.

Zjednodušeně řečeno se zvětšující se délkou a sklonem svahu se zvyšuje také intenzita půdní eroze. Samotný topografický faktor představuje poměr ztráty půdy na experimentálním svahu o délce 22,13 metrů (72,6 stop) a o sklonu 9° a na vyšetřovaném svahu (Wischmeier & Smith, 1978). Délka svahu se určuje od bodu počátku povrchového odtoku do bodu, kde se z důvodu nízkého sklonu svahu půda akumuluje, či do bodu, kde se plošný odtok spojuje do odtokové dráhy (Janeček et al., 2008). Pokud dojde ke změně sklonu svahu v rámci měřeného pozemku, svah se rozdělí do úseků dle sklonu svahu (Janeček et al., 2008).

Faktor ochranného vlivu vegetace C

Faktor ochranného vlivu vegetace vyjadřuje přímou ochranu půdního krytu před erozně účinnými srážkami. Hodnoty C faktoru jsou přiřazeny plodinám, přičemž čím vyšší hodnota faktoru, tím nižší ochranu plodina poskytuje. Nejvyšší hodnotu C faktoru mají širokořádkové plodiny, jako jsou kukuřice, brambory či chmel. Naopak nízké hodnoty C faktoru, a tudíž vysokou protierozní ochranu poskytují traviny či vojtěška (Janeček et al., 2008). C faktor je rozhodující pro program WaTEM/SEDEM, který velmi pružně reaguje na jeho změnu (Vysloužilová & Kliment, 2012).

Faktor protierozních opatření P

Faktor protierozních opatření P představuje provedené zásahy v lokalitě, které mají přispět k protierozní ochraně. V případě, že žádné takové protierozní opatření nebyly provedeny, počítáme s hodnotou faktoru $P = 1$, tudíž jej nemusíme uvažovat.

2.3.1 WaTEM/SEDEM

Rovnice USLE byla původně řešena manuálním výpočtem, kdy se pro každý faktor určila průměrná hodnota za pozemek. V dnešní době je však rovnice díky jednoduššímu a podrobnějšímu provedení mnohem častěji řešena v prostoru GIS. Rovnici USLE (či její revidovanou formu RUSLE) využívá vícero modelů, například WaTEM/SEDEM (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002), RUSLE (Renard et al., 1997) či USPED (Mitášová et al., 1996). V této diplomové práci byl použit model WaTEM/SEDEM, o němž blíže pojednává následující podkapitola.

Pro potřeby této diplomové práce byl použit empirický model WaTEM/SEDEM (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002), z důvodu lepšího vyjádření prostorového rozmístění erozních projevů (Vysloužilová & Kliment, 2012), což představuje pro účely práce důležitou charakteristiku. Kromě toho je tento model vhodný pro modelování erozních procesů na území České republiky (Krása et al., 2005; Van Rompey & Krása & Dostál, 2007 in Vysloužilová & Kliment, 2012). Model byl vyvinut na Katolické univerzitě v Lovani a představuje

spojení dvou empirických modelů; modelu WaTEM (*Water and Tillage Erosion Model*; Van Oost et al., 2000) a modelu SEDEM (*Sediment Delivery Model*; Van Rompaey et al., 2001). Díky spojení je možné modelovat jak ztrátu půdy zapříčiněnou erozí, tak i transport erodovaných sedimentů. Parametrizace modelu proběhla v Belgii na experimentálních povodí menšího rozměru. Dle autorů modelu však model není omezen velikostí modelovaného povodí. Model byl v roce 2005 revidován (verze WaTEM/SEDEM 2.1.0).

Výstupem modelu WaTEM/SEDEM je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy vodní erozí G v tunách na hektar ($t/ha \cdot rok^{-1}$), která je vypočtena na základě rovnice USLE. Model WaTEM/SEDEM má oproti jiným empirickým modelům (například oproti modelu USPED) výhodu, že do výpočtu zahrnuje hranice pozemků a vrstvu vodních toků a komunikací, čímž se získaný model více přibližuje realitě (Vysloužilová & Kliment, 2012).

3 Archeologická lokalita Bylany

3.1 Období vzniku archeologické lokality

Dobu kamennou, první období pravěku, dělíme na paleolit, mezolit, neolit a eneolit. Období paleolitu datujeme cca od 2,5 milionů let po 10 000 let před naším letopočtem a geograficky tak spadá pod období pleistocénu, který je typický střídáním glaciálů a interglaciálů (Daniel et al., 2013). V tomto období vznikají spraše (Ložek, 2005). Na paleolit navazující období mezolit spadá pod začátek holocénu, tedy období, kdy se přestaly střídat doby ledové a meziledové, klima se celkově oteplilo a zvýšily se také srážkové úhrny (Daniel et al., 2013). Přestože již na našem území převládaly příznivější klimatické podmínky, obyvatelstvo pokračovalo v lovecko-sběračském způsobu obživy. Časová hranice mezi mezolitem a na něj navazujícím obdobím neolitem není přesně známa a liší se i názory vědců na způsob přechodu mezi oběma obdobími (není známo ani to, zda se o neolitickou revoluci zasloužili noví kolonisti, či stará populace) (Pavlů & Zápotocká, 2007). Srovnání časového rozmezí kulturních stupňů a fytostratigrafií je ukázáno na obrázku 4.

Neolit čili mladší doba kamenná, představuje období okolo dvou tisíc let v 6. a 5. tisíciletí před naším letopočtem (Pavlů & Zápotocká, 2007). Časově se kryje s nástupem holocenního klimatického optima v atlantiku (období holocénu) (Ložek, 2005). Teplota byla v tomto období dle některých autorů o cca 2 až 3 °C vyšší než dnes a srážky byly vyšší až o 350 mm než dnešní průměrné hodnoty, což znamenalo rozšíření dřevinné vegetace až do nejvyšších horských poloh (vyjma nejvyšších horských poloh Krkonoš) (Daniel et al., 2013). Relikty stepí z období pleistocénu, které již dříve s postupným oteplováním klima byly kolonizovány borovicemi a břízami, obsadili smrk, dub a posléze buk (Sklenička, 2003). Jedná se o období významné především počátkem domestikace obilovin, luštěnin a býložravců, která se ovšem děla na různých místech v různých časových obdobích neolitu, a tudíž mluvíme o geograficky nejednotném období (Pavlů & Zápotocká, 2007). Důvod přechodu od lovecko-sběračského způsobu života charakteristickým pro starší dobu kamennou se vysvětluje v literatuře různě; Komárek (2017) změnu využívání zdrojů vysvětluje zálibou a zvědavostí tehdejšího člověka v chovu a pěstování a zmiňuje i kultovní účely, například slavnosti, kdy se v jedné osadě sešlo vícero lidí, a tudíž byla potřeba dostatečného množství jídla. S posledním bodem souhlasí také Pavlů & Zápotocká (2007), kteří zdůrazňují soutěživost tehdejších obyvatel v tom, kdo uspořádá významnější hostinu.

Na našem území se neolit projevuje sídelními a pohřebními areály s příznačnými ekofakty, architekturou a artefakty. Tehdejší obyvatelé dovedli pracovat s ohněm a zvládali základní technologie, jako je zpracování kamene, dřeva a rostlinných a živočišných surovin (Pavlů &

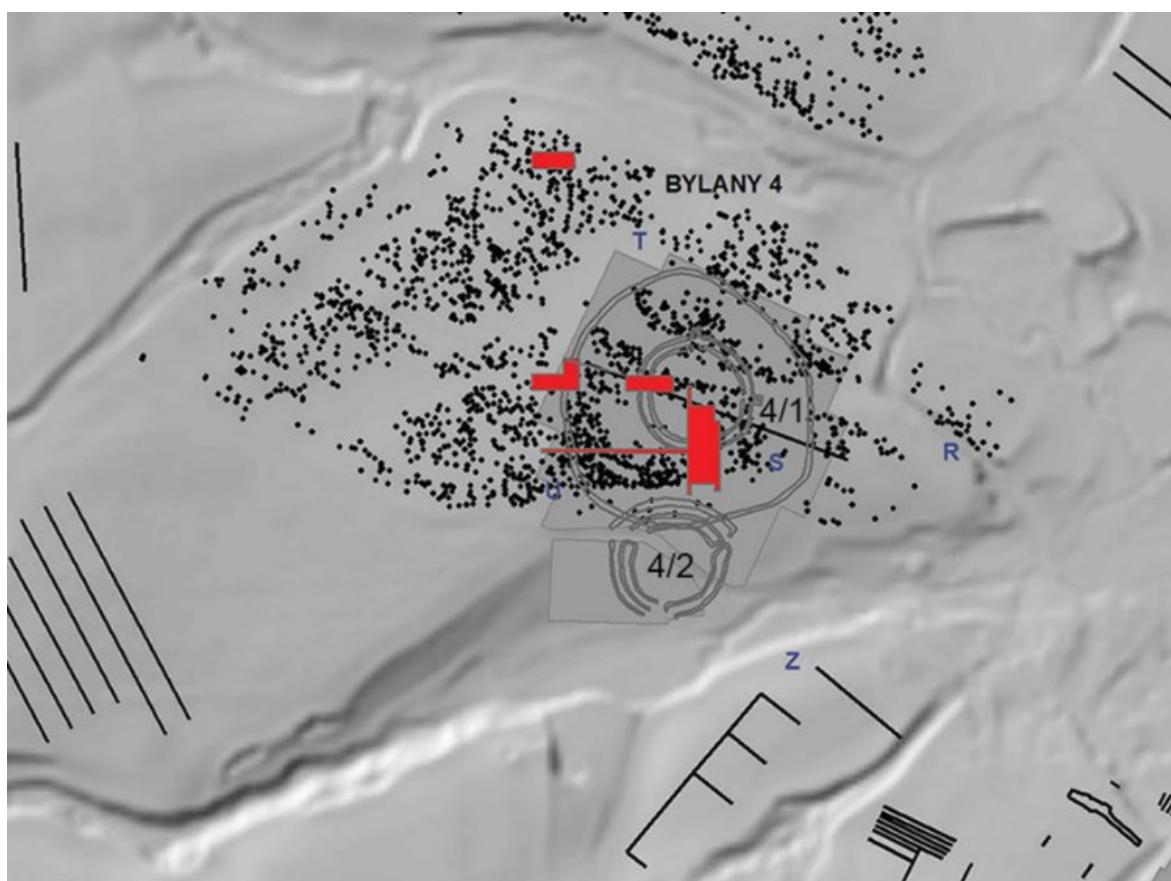
Zápotocká, 2007). Největší kulturou českého neolitu byla sídelní oikumena české kultury s lineární keramikou, která dosahovala rozlohy okolo 10 000 km² a rozkládala se v nejurodnějších oblastech Česka. Jedná se o oblast, která by z geografického hlediska byla pojmenována jako oblast starosídelní krajina Hercynia a nalezneme ji v nejurodnějších oblastech Polabí, dolního Povltaví a Poohří (Pavlů & Zápotocká, 2007).

Čas	Fytostratigrafie	Zoollitostratigrafie	Vývoj biocenóz	Sedimentace Pedogeneze, Odnos	Kulturní stupně	Chronologie
1 000	SUBATLANTIK	SUBRECENT	Vznik současné kulturní krajiny Středověká kolonizace — odlesnění	Splach ornice Degradace půd	STŘEDOVĚK Slované	MLADŠÍ
700			Pronikání moderních druhů	Dočasný ústup osídlení		
0		SUBATLANTIK	Rozmach bukojedlových lesů	Výstavba keltských oppid	doba ŽELEZNÁ	HOLONOCÉN
-1 000		SUBBOREÁL	Pravěká kolonizace, pastva, odlesnění	Tvorba hrubých sutí	doba BRONZOVÁ	
-2 000	SUBBOREÁL		Postupné šíření bučin, bukojedlin a habru	Klidný vývoj půd a sedimentace pramenných vápenců přerušovány krátkými výkyvy s tvorbou sutí	ENEOLIT	STŘEDNÍ
-3 000		EPIATLANTIK	Vznik bukového stupně			
-4 000	ATLANTIK		Souvislé zalesnění v neosídlených oblastech	Náhlé vysušení Intenzivní pedogeneze	NEOLIT	N
-5 000		ATLANTIK	Rychlý postup lesa zatlačuje zbytky biocenóz otevřené krajiny			
-6 000	BOREÁL		Převaha smíšených doubrav, na horách smrk	Silné zvlhčení Prudký růst teploty	MEZOLIT	STARŠÍ
-7 000		BOREÁL	Parková krajina — lískové formace Černozemní stepi	Počátky sedimentace CaCO ₃		
-8 000	PREBOREÁL	PREBOREÁL	Šíření borovice, břízy, první náročné dřeviny, líska	Slabě vyvinuté vápnitě půdy	POZDNÍ	POZDNÍ
-9 000	MLADÝ DRYAS	MLADÝ DRYAS	Rídká tajga, poslední výskyt glaciálních prvků	Nehumózní svahoviny		
-10 000	ALLERÖD	ALLERÖD	Šíření borovice, břízy na úkor otevřených formací	Slabé humózní půdy	PALEOLIT	GLACIÁL
-11 000	STARŠÍ DRYAS	STARŠÍ DRYAS	Ochlazení	Počátky vývoje půd		
	BÖLLING	BÖLLING	Šíření borovice, břízy		MAGDALÉNIE	PLEISTOCÉN
	STARÝ DRYAS	STARÝ DRYAS	Přechod sprásové stepi do vlhčí facie	Vyznívání tvorby spráse		

Obrázek 4: Srovnání různých stratigrafií s obecným popisem přírodních dějů. Zdroj: Vojen Ložek,

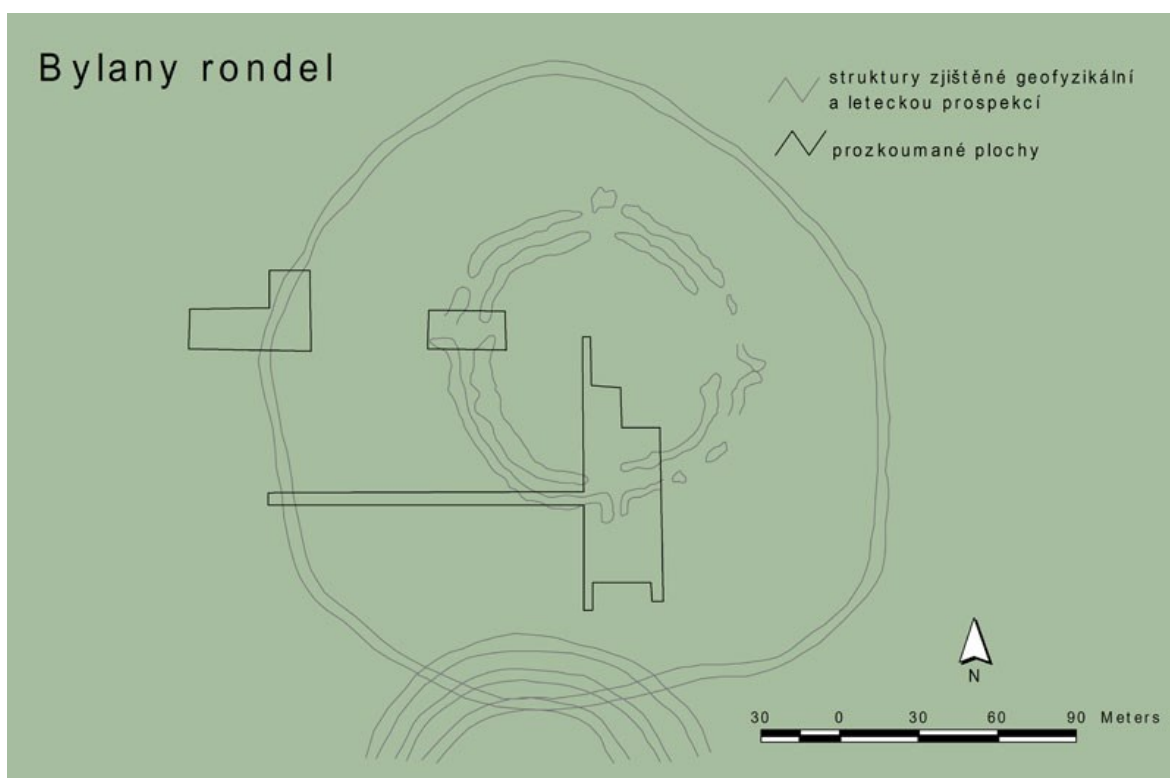
2005

V mladším neolitu (4 900 - 4 500 př. Kr.) dochází ke změně v sociální a prostorové struktuře prvních zemědělců, která se projevuje v nástupu rondelů (Šumberová & Řídký, 2008). Rondelem nazýváme soustavu několika zahloubených objektů v kruhovém tvaru. Nejspíše se jednalo o kruhové příkopy, střídané řadou palisád, které můžeme doložit výskytem koncentrických mělkých žlábků, ve kterých byly palisády ukotveny (Šumberová & Řídký, 2008). Jednalo se o monumentální objekty, které sloužily pravděpodobně ke společenskému životu (svatyně, refugia, kalendária pro určení sklizně či setby či prostě místo pro uspořádání společenských oslav) a k astronomickému pozorování (dle vstupů orientovaných k hlavním světovým stranám) (Šumberová & Řídký, 2008). Obranná funkce rondelu se nepředpokládá, vstupy do rondelu byly však snadno kontrolovatelné (Šumberová & Řídký, 2008). Jejich existence svědčí o tom, že neolitici již ovládali základní matematické a astronomické znalosti a disponovali komunikačními možnostmi (Šumberová & Řídký, 2008). Rondely jsou mezikulturní fenomén; ve střední Evropě se nachází téměř 200 mladoneolitických rondelů, v Čechách se nalézá 23 rondelů na 18 nalezištích (Šumberová & Řídký, 2008).



Obrázek 5: Rozložení archeologických průzkumných vykopávek v lokalitě Bylany. Rondely se nachází v SZ části oblasti. Tečky představují povrchové archeologické nálezy, linie ukazují, kde probíhaly liniové sondy. Červeně jsou vyznačeny archeologicky plošně zkoumané plochy. Mapa převzata z Končelová et al., 2019.

Výstavba rondelů představovala pro okolní krajinu význačný zásah, neboť na výstavbu palisád bylo potřeba poměrně velké množství dřeva. Palisády měly výšku okolo 1,5 metru a kmeny byly hustě kladeny vedle sebe (Šumberová & Řídký, 2008). Například v rakouském Schletzu bylo zjištěno, že na rondel bylo použito 420 dubových kmenů o průměru 26 cm (Šumberová & Řídký, 2008). Pro účely této práce jsou však nejvíce podstatné příkopy, které byly hloubeny mezi palisádami. Ty byly hloubené parohovými kopáči nebo dřevěnými rýči, jejichž stopy jsou dodnes zaznamenány na stěnách příkopů. Materiál z těchto příkopů byl buďto vršen do valů uvnitř areálu, či rozvečen po okolí. Příkopy byly pravidelně udržovány a opravovány (Šumberová & Řídký, 2008).

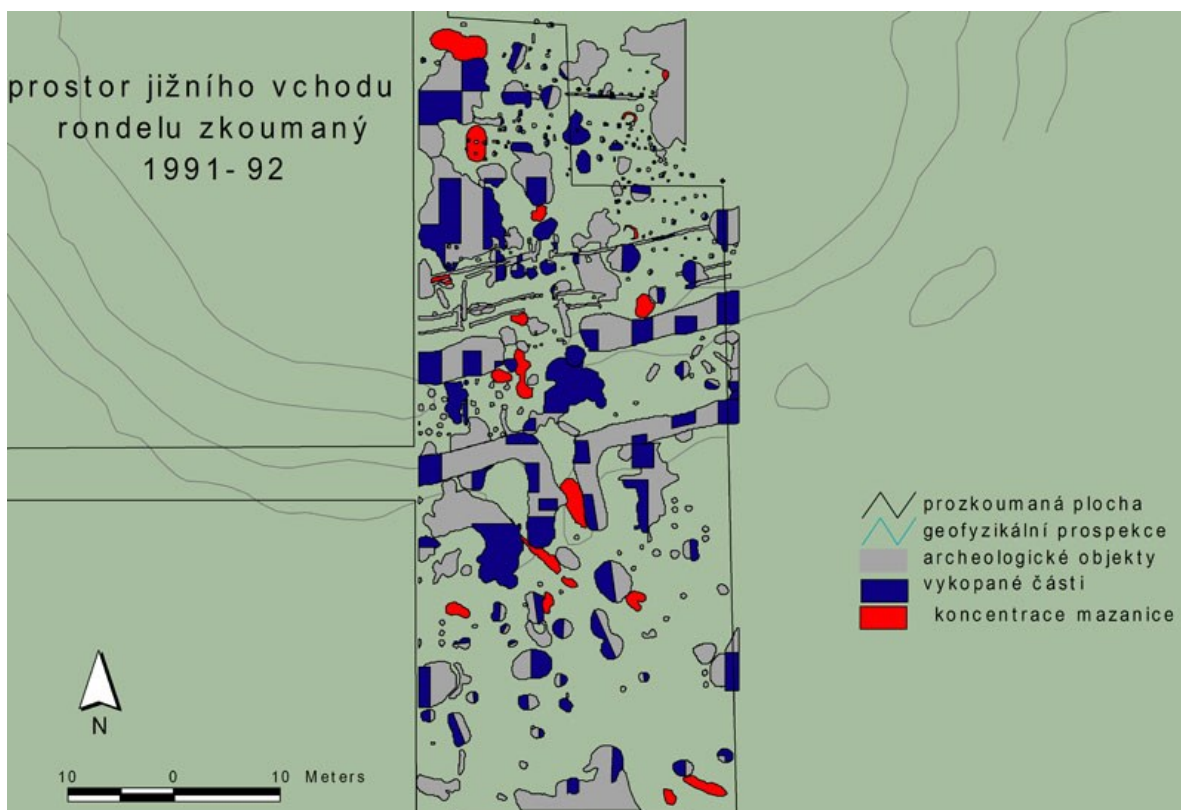


Obrázek 6: Zákres prozkoumaných ploch na bylanském neolitickém rondelu. Zdroj: ARÚ PRAHA

Velmi pomocná pro průzkum rondelů je letecká a geofyzikální prospekce, vlnkové lodě nedestruktivní archeologie (Šumberová & Řídký, 2008). Na leteckých snímcích jsou rondely často vizuálně patrné, neboť se v některých případech projevují tzv. příznaky. Příznaky dělíme na přímé a nepřímé, kdy do přímých příznaků řadíme příznaky půdní a stínové (Kuna et al., 2004). Půdní příznaky se projevují v případě, kdy jsou zahloubené objekty odkryty například erozí orbou. Výplně archeologických objektů se barevně liší od okolního pokryvu díky zvýšené akumulaci živin, a tudíž jsou na leteckém snímku vizuálně identifikovatelné. Stínové příznaky představují vrhané stíny objektů, které jsou nejvýraznější v brzkých ranních či naopak podvečerních hodinách. Nepřímé příznaky představují příznaky porostové, vyprahlostní, sněžné a vlhkostní (Kuna et al., 2004). Zahloubené objekty jsou patrné díky ekofaktním vlastnostem příznaků. Porostové či také vegetační

příznaky představují nejvýznamnější nepřímý indikátor přítomnosti archeologického objektu. Zvýrazněná akumulace živin v rámci zahloubeného objektu se na porostech ukazuje v podobě silnějšího či vyššího vzrůstu (Kuna et al., 2004). Vyprahlostní, sněžné a vlhkostní příznaky jsou založené na podobném principu, kdy zahloubené objekty vykazují jiné vlhkostní charakteristiky než okolní materiál. V naprosté většině případů jsou však archeologické objekty objeveny pomocí přímých a porostních příznaků (Kuna et al., 2004).

V Bylanech nalézáme tři rondely v severozápadní části lokality. Jejich ochrana nejspíše nebyla obranná, patrně šlo spíše o společenské objekty, což usuzujeme z nálezů velkého množství zvířecích kostí a keramiky vně rondelu (Šumberová & Řídký, 2008). Bylanské rondely nebyly objeveny na základě leteckých snímků, neboť půdní a porostové příznaky byly nejspíše kvůli přítomnosti sprašových sedimentů málo patrné. Výskyt rondelů tak byl objeven pomocí klasických výkopových prací a následného geofyzikálního měření.



Obrázek 7: Zákres nálezů v prozkoumané ploše v centrální části hlavního rondelu. Zdroj: ARÚ PRAHA

3.2 Historie objevování v Bylanech

Archeologická lokalita Bylany byla objevena v 50. letech, kdy byly při první hluboké orbě zemědělskou technikou odkryty skupiny míst s velmi tmavě až černě zbarvenou půdou s nálezem

zlomků keramiky. Výzkum započal v roce 1953 pod vedením profesora Bohumila Soudského, velmi významného archeologa pravěku, jehož jméno však bylo v českém prostředí do revoluce málo zmiňováno kvůli jeho emigraci do Francie roku 1968 (Pavlů, 1992). Mimochodem, po jeho emigraci se uplatnil na pařížské Sorbonne Université, kde založil moderní archeologickou školu (ARÚ AV ČR, 2022). Po nález lokalitě započal nejprve záchranný výzkum Archeologického ústavu ČSAV, na který navazoval sondážní výzkum v roce 1954. Výzkumu napomáhaly velmi příznivé půdní podmínky na lokalitě: ve světlé spraši se archeologické objekty (půdorysy chat a kulturní jámy) vyznačovaly jako černá či tmavohnědá místa, a tudíž i jejich ohraničení bylo velmi jasně čitelné. Sídliště nebylo porušeno výstavbou, neboť území bylo využíváno jako orná půda.

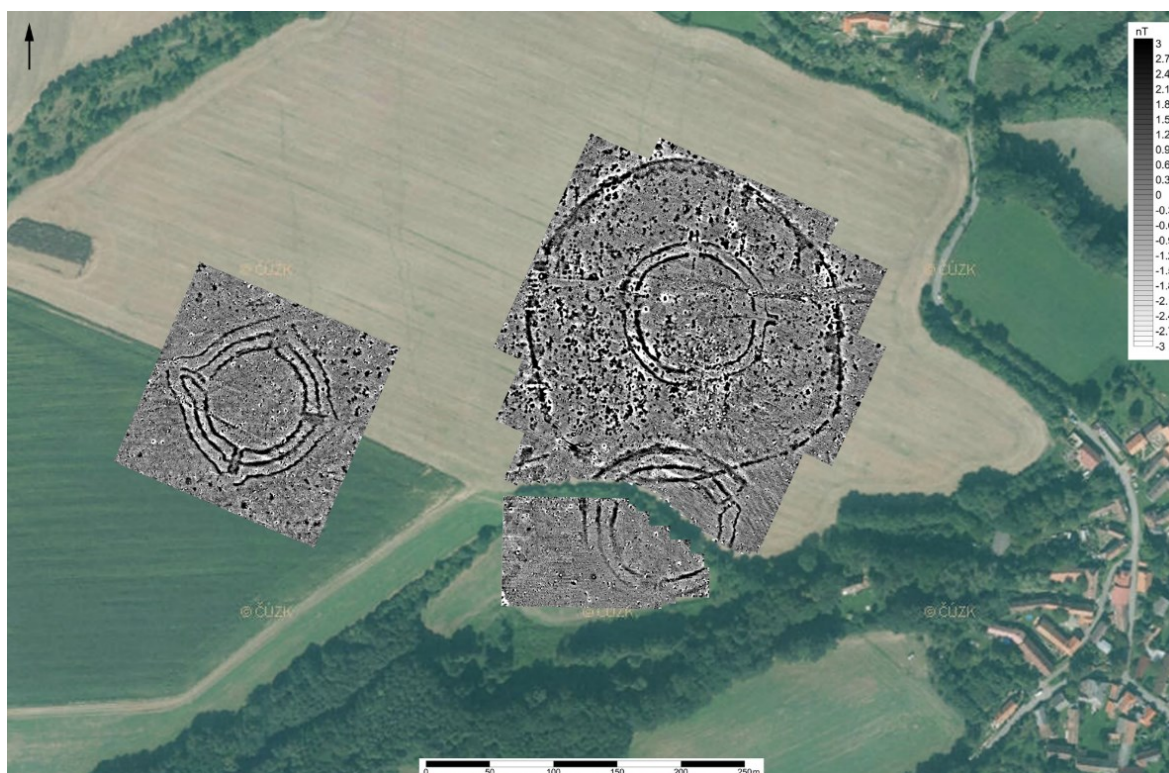
V roce 1955 již v lokalitě probíhal systematický plošný výzkum, který v roce 1958 získal označení archeologické expedice. Archeologové měli k dispozici výzkumnou stanici s laboratoří, kreslírnu a depozitář. Poprvé v historii české archeologie bylo také použito děrnoštitkové zařízení, které umožnilo efektivně zaznamenávat informace na děrných štítcích, které pak mohly být uchovány. V roce 1964 bylo prozkoumáno více než 60 000 m² a bylo objeveno 108 rodových domů, 11 obilných sil, 39 pecí a 1 014 jam a jiných objektů (Soudský, 1966). V lokalitě bylo objeveno přes 100 000 předmětů a jejich zlomků, vše z období lineární keramiky, tj. 4 500 až 3 000 př. n. l. (Soudský, 1966). Kromě předmětů také byla častá tzv. mazanice neboli pálená hrnčířská hlína (Soudský, 1966). Původ této hlíny je patrně přímo v lokalitě; neolitici hloubili jámy, lemuující domy, a vytěženou spraš míchali s vodou a plevami a vypalovali. Tuto hmotu používali jako výplň stěn či jako omítku na stěny (Soudský, 1966). Výzkum byl soustředěn především severovýchodně od obce Bylany (Soudský, 1966). Lokalita rondelů byla dále zkoumána v roce mezi roky 1965 až 1993 klasickou archeologií. V lokalitě byly určeny zkoumané plochy, jejichž rozložení se nachází na obrázku 6 na straně 21. Na těchto plochách byla určena mocnost ornice, která byla následně skryta plošně pomocí bagru. Následovaly výkopové práce, při kterém byly provedeny zákresy se všemi podstatnými informacemi (hloubka a tvar archeologického objektu, výskyt mazanice a uhlíků) (viz obrázek 7). Po ukončení výkopových prací byly jámy vyplněny a bagr rozhrnul skrytou ornici. V oblasti výkopových prací byl archeologický objekt nenávratně poškozen.

3.3 Uplatnění nedestruktivní archeologie při archeologickém výzkumu v Bylanech

Rozvoj moderních technologií nachází své uplatnění v archeologické praxi a tím značně zjednodušuje výzkumnou činnost archeologů. Podobně jako v geografii také v archeologii nachází v posledních desetiletích své uplatnění DPZ a geofyzikální metody. Kromě šetření času a práce má tento přístup v archeologii výhodu navíc – jejím použitím nedochází k narušení archeologických objektů, ke kterému by došlo při klasickém archeologickém výzkumu. Nedestruktivní archeologie je

“soubor technik, metod a teorií, zaměřených na vyhledání a vyhodnocení archeologických pramenů bez provedení destruktivního zásahu do terénu” (Kuna et al., 2004). K tomuto cíli používá celou škálu metod, mezi které řadíme leteckou archeologii a dálkový průzkum, geofyzikální metody, geochemii, povrchový výzkum reliéfních tvarů či geobotanickou indikaci. Význam nedestruktivní archeologie sílí jak v průzkumné oblasti archeologie, kdy relativně snadným způsobem pomáhá odhalit nové zájmové lokality, tak v oblasti výzkumné, kdy již sama o sobě přináší důležité vědecké poznatky.

Na neolitickém sídlišti v Bylanech byl poprvé výzkum pomocí nedestruktivní archeologie proveden v roce 1980. Lokalita byla zkoumána pomocí metody užití geofyziky zvané magnetometrie, která využívá skutečnosti, že se některé objekty od svého okolí projevují odlišnými magnetickými vlastnostmi. Výplň zahlubněných objektů může být magneticky variabilní a nehomogenní (závisí na obsahu popelovitých částic, množství mazanice, keramiky nebo kamenů s magnetickými minerály). Výsledné magnetické amplitudy jsou dány velikostí magnetické susceptibility a přirozenou remanentní magnetizací (Kuna et al., 2004).

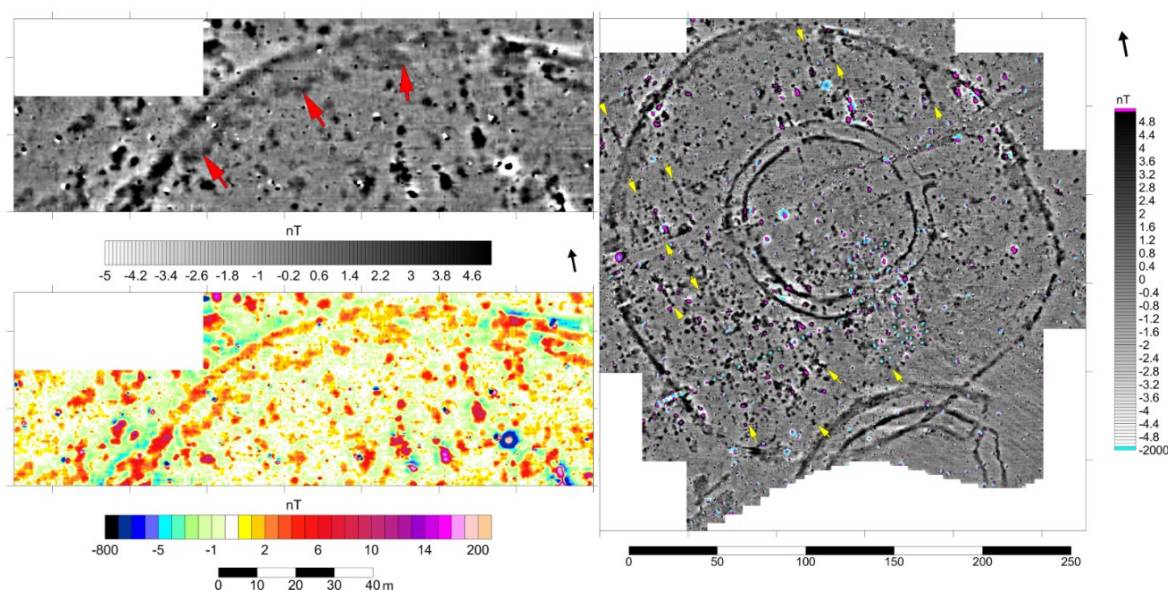


Obrázek 8: Zaměření bylanských rondelů pomocí geofyziky. Zdroj: Křivánek, 2019

3.4 Ohrožení archeologických památek půdní erozí

Díky opakovanému magnetometrickému měření bylanského neolitického areálu provedenému Křivánkem (2019) v letech 1980 až 2019 byly nejen objeveny nové archeologické

objekty (dva menší rondely), ale také zjištěno slábnutí záznamu hlavního rondelu. Jako hlavní důvod je uvedena půdní eroze (Křivánek, 2019). U památek in situ, především u těch, které se vyskytují v zemědělské oblasti, hrozí nebezpečí částečného či úplného zničení půdní erozí a zemědělskou činností (Šumberová & Řídký, 2008, Huisman et al., 2019). Důvodů je několik; půda nechráněná vegetací je náchylnější vůči půdní erozi a na zemědělských plochách je často prováděna orba, která kromě toho, že modeluje mikrorelief území a podporuje půdní erozi, je zároveň činitelem eroze orbou. Kvůli zvyšující se intenzitě vodní eroze půdy a eroze orbou dochází k destrukci archeologických památek (Darvill & Fulton, 1998). V bylanské lokalitě byl skutečně zjištěn průměrný úbytek ornice 0,5 m oproti původnímu stavu (Pavlů & Rulř & Zápotocká, 1995 in Řídký, 2008), což podporuje hypotézu Křivánka (2019). Zároveň Křivánek (2019) poukazuje na přímé narušení objektů orbou, kdy magnetometrický záznam naznačuje rozvláčení výplně objektů v severozápadní části hlavního rondelu (viz obrázek 9).



Obrázek 9: Výsledky magnetometrického měření ukazují změny ve sledovaných objektech díky rozdílné intenzitě odrazu. Zdroj: Křivánek, 2019

Půdní eroze nepředstavuje problém pouze na bylanské lokalitě. Půdní erozi je poškozen například systém rondelů na neolitickém nalezišti v rakouském Glaubendorfu (Daim & Neubauer, 2005 in Řídký, 2008). Ročně je zde naměřena ztráta 1 - 2 cm ornice a odhadovaná ztráta za posledních 50 let činí 1 m půdy (Daim & Neubauer, 2005 in Řídký, 2008). Geomagnetické výzkumy na nalezišti Glaubendorf II odhalily ztrátu 40 cm materiálu za 12 let, průměrná roční ztráta tudíž činí okolo 3,3 cm (Neubauer et al., 1999). Velmi přesné určení míry eroze na nizozemských archeologických památkách poskytuje Huisman et al. (2019), který zkombinoval metodu datování pomocí opticky stimulované luminiscence (OSL) a analýzu rozpadu radioaktivních prvků plutonia 239 a 240 ($^{239+240}\text{Pu}$) a cesia 137 (^{137}Cs). Výsledkem bylo zjištění průměrné roční ztráty půdy

zapříčiněné půdní erozí, která se pohybuje od 2 do 6 mm (Huisman et al., 2019). Na stejných lokalitách bylo zjištěno, že půdní eroze nepředstavuje minulý problém, nýbrž že její negativní vliv bude pokračovat i do budoucna. Na archeologické lokalitě The Whispering Knights (skupina dolmenů z roku 3 800 BC, nejspíše se jedná o hrobku) v anglickém kraji Oxfordshire je ukázáno, jak silnou roli hraje v ohrožení archeologických památek samotná zemědělská činnost (respektive orba) (Lambrick, 1986). Dolmeny jsou chráněny zábradlím, ovšem pouze 50 cm od zábradlí již probíhá hluboká orba (viz obrázek 10). Od roku 1920 do roku 1986 se snížila mocnost okolní půdy o 50 cm, průměrná roční ztráta tak činí 7,5 cm (Lambrick, 1986). V pozdějších letech se intenzita půdní eroze v lokalitě zvýšila dokonce na úbytek 15 mm půdy za rok (Rollright Trust, 2002).



Obrázek 10: Skupina dolmenů The Whispering Knights ve Velké Británii v kraji Oxfordshire. Archeologická památka je typickou ukázkou narušení zemědělskou činností. Zdroj: Rollright Trust

V případě že už byla ochranná vrstva půdy nad archeologickým objektem oderodována, dochází ke změnám tvaru objektu. Změny tvaru a mělčí uložení rondelu z důvodu velmi intenzivní půdní eroze pozoruje například Řídký (2008) při výzkumu neolitického rondelu v Horoměřicích-Chotoli. V případě, že ochranná vrstva půdy se natolik ztenčila či zcela vymizela, může na zemědělských plochách dojít k přímému narušení archeologického objektu orbou. Orba tak představuje přímé ohrožení archeologického objektu, jehož intenzita záleží mimo jiné na kvalitě

půdy, výšce půdy nad archeologickým objektem a hloubkou orby (Oxford Archaeology, 2002). Zajímavé je že právě díky orbě byly desítky archeologických nalezišť objeveny, neboť orba na povrch vynesla objekty či velmi tmavou půdu (výplň objektu) (Oxford Archaeology, 2002).

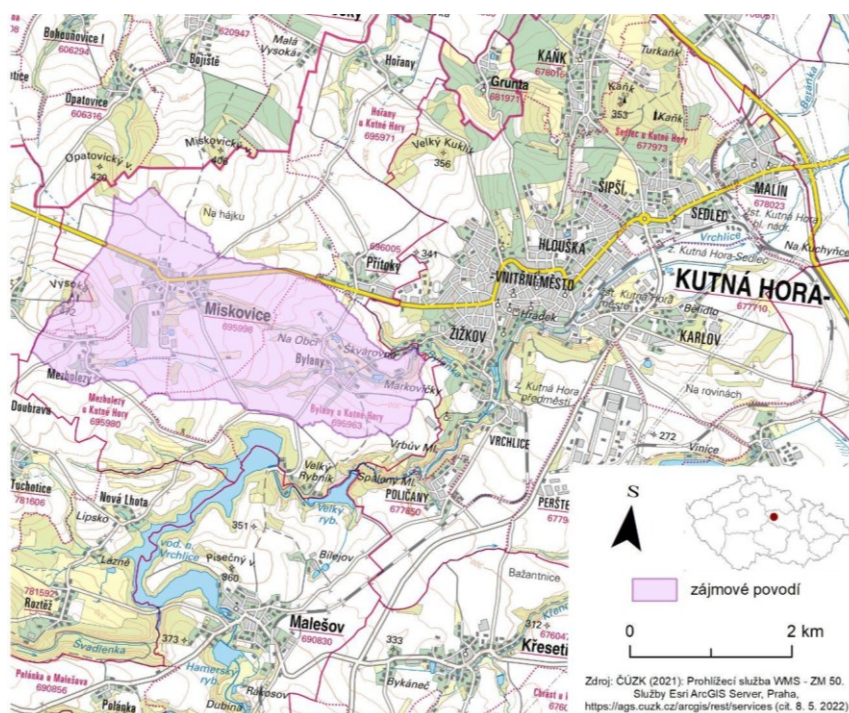
Na neolitické objekty nepůsobila pouze půdní eroze moderní doby, nýbrž i eroze historická zapříčiněná civilizacemi, které následovaly po neolitické civilizaci. Historickou erozi půdy zkoumal Leopold (2003 in Leopold & Völkel, 2007) ve spraších nedaleko Řezna. Pomocí studia pohřbených půdních horizontů studoval intenzitu půdní eroze v období 300 BC až 100 AD. Intenzita půdní eroze se s ohledem k metodě pohybovala mezi 10 až 24,2 t/ha/rok a ztráta půdy mezi 30 až 100 cm. Průměrná roční ztráta činila 0,75 až 2,5 mm. Niller (1998 in Leopold & Völkel, 2007) se pokusil jít dál a zjistit ztrátu výšky půdy v období od středního neolitu do moderní doby. Jeho výzkum také na spraších jižního Německa ukazuje ztrátu erozí půdy až 150 cm. Historická eroze půdy je často zjišťována přesným měřením výšky koluvia. Tuto metodu použil například Dotterweich et al. (2003 in Leopold & Völkel, 2007), který zjišťoval ztrátu půdy za období mezi 14. a 17. století v oblasti kambizemí jižního Německa. Zjistil roční ztrátu 2,8 t/ha, průměrná ztráta výšky bohužel není uvedena. Leopold & Völkel (2006) studovali ztrátu půdy na spraších v jižním Německu v období od doby bronzové po moderní dobu. Z jejich výsledků vyplývá, že byla naměřena ztráta mezi 80 a 100 cm.

Aby nebyly archeologické objekty erozí zničeny a byly tak zanechány dalším generacím, je nutné je aktivně chránit. Šumberová & Řídký (2008) navrhuje jako jednu z možností ochrany naučné stezky. Tento způsob ochrany je populární i v zahraničí: s problematikou půdní eroze na archeologických památkách se tak vypořádávají například v Rakousku, kde ve spolupráci s majitelem pozemků zastavují veškeré stavební či zemědělské činnosti a půdorysy rondelu zviditelňují vysazením barevně výrazného porostu (Šumberová & Řídký, 2008). Památka je také doplněna informačními tabulemi. V Nizozemí přebírá zodpovědnost za uchování archeologické památky vlastník pozemku či případný developer (Huisman et al., 2019).

4 Fyzickogeografická charakteristika

Studovaná lokalita se nachází v povodí potoka Bylanka, levostranného přítoku řeky Vrchlice, v okrese Kutná Hora v jihovýchodním okraji Středočeského kraje v České republice (viz obrázek 11). Povodí se nachází v blízkosti Kutné Hory. V rámci území dochází k postupnému přechodu Polabské nížiny k ploché pahorkatině s vyššími nadmořskými výškami na jihozápadě. Oblast je díky teplému klimatu a výskytu úrodných černozemí zemědělsky využívána pro pěstování teplomilného ovoce (meruňky, broskve či vinná réva), zeleniny a obilovin. Z průmyslu má v oblasti zastoupení strojírenský průmysl a výroba tabáku. V širším okolí lokality jsou na morfologii reliéfu patrné pozůstatky těžby stříbra v 13. až 16. století (Kaňk) (Ložek et al., 1996). Oblast má velké množství kulturních památek ukazující, že se jednalo o velmi bohatou lokalitu (městská památková rezervace Kutná Hora, zámky Kačina a Kácov). Charakteristiky místa a jeho minulost jsou hlavními důvody pro nezaměnitelné *genius loci*, které místní krajina má.

V těsné blízkosti samotné zájmové lokality se nachází vesnice Bylany. Nedaleko od lokality se nachází malebná kaple sv. Vojtěcha s pramenem, obklopená třemi památnými stromy lípy malokvětě. Vodou z pramene byla zásobena v minulosti Kutná Hora. Voda byla přiváděna dodnes zachovaným tříobloukovým akvaduktem (most Vojtěšského vodovodu) z konce 15. století, který se nachází nedaleko Bylan (NPÚ, 2022). Dnes je Kutná Hora zásobena vodou z vodní nádrže Vrchlice, která byla vybudována v letech 1966 až 1970 v místě bývalé vesnice Stará Lhota (Bendová, 2020).



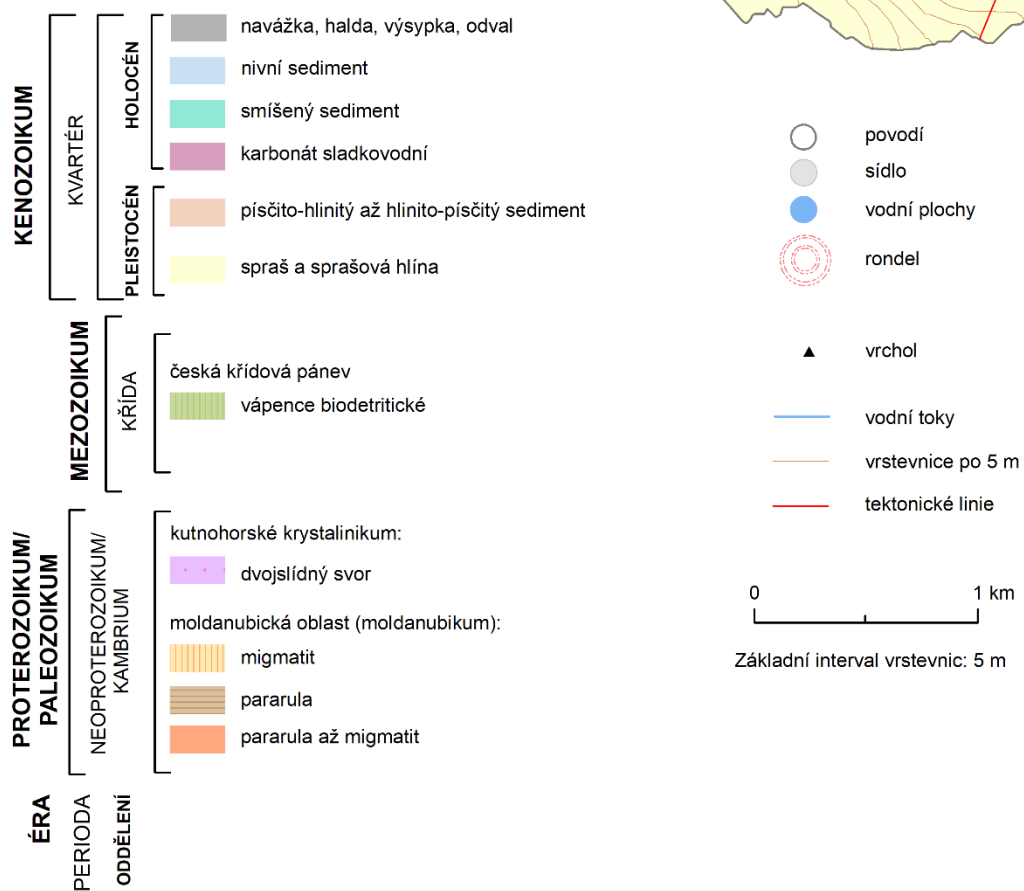
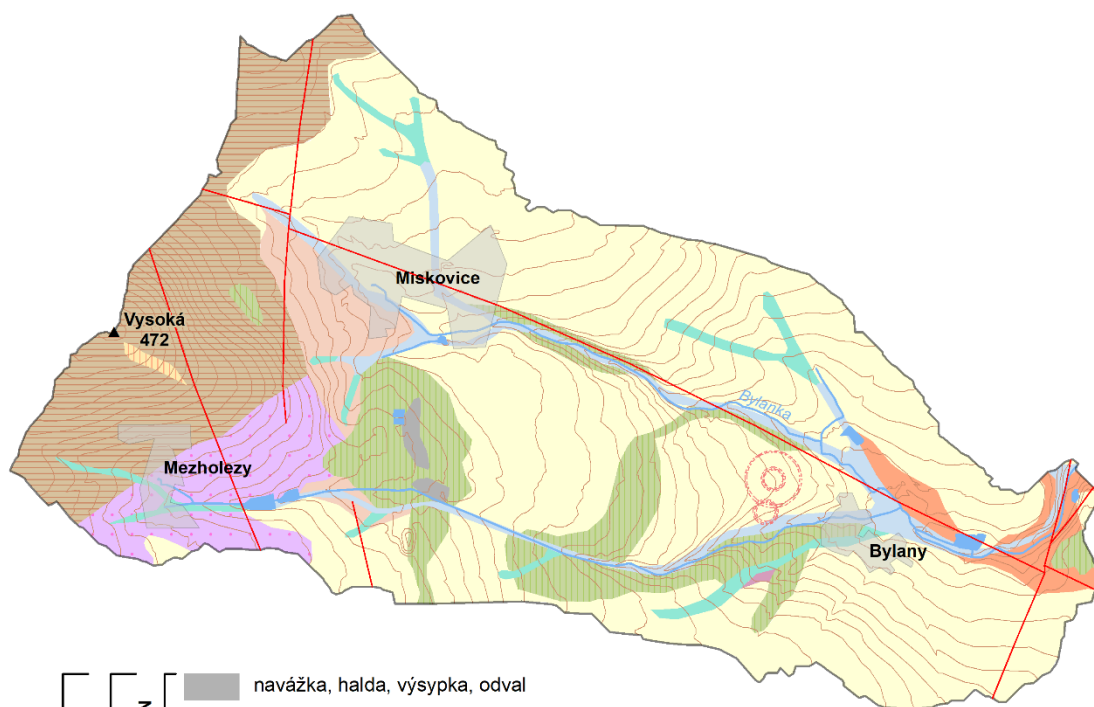
Obrázek 11: Širší geografické umístění povodí Bylanky.

4.1 Geologické poměry

Ve studovaném povodí se dle geologické mapy 1 : 50 000 (ČGS) nachází kvartérní horniny pokryvných útvarů a denudačních oblastí Českého masivu, dále horniny platformního pokryvu Českého masivu a horniny předplatformního útvaru kutnohorsko-svratecké oblasti. Horniny pokryvných útvarů Českého masivu jsou v povodí plošně nejvíce zastoupené a jedná se především o svrchně-pleistocenní spraše a sprašové hlíny. Na vodní toky jsou navázané nivní sedimenty a v centrální části povodí se vyskytují antropogenní haldy. Platformní pokryv Českého masivu představují biodetritické vápence cenomanského stáří (svrchní křída) (ČGS), které se zachovaly jako relikt na krystaliniku. Tyto cenomanské vápence vytváří u Miskovic ojedinělé krasové jevy díky hroucení sprašových struktur (např. jeskyně, sufózní závrtky či propásky) (Ložek et al., 1996). Ve východní části povodí se nachází tvrdé metamorfované horniny kutnohorsko-svratecké oblasti či také kutnohorského krystalinika, zastoupené dvojslídnyými ortorulami, a moldanubické oblasti, zastoupené pararulou a migmatitem (ČGS). Mapa geologických poměrů povodí se nachází na straně 31 (obrázek 12).

Přítomnost sprašových hlín představuje rozhodující faktor ve vývoji v lokalitě, neboť se na ně váže výskyt černozemí a hnědozemí (Pavlů, 2018). Tyto půdy byly vyhledávány neolitickými zemědělci pro jejich vysokou úrodnost (Pavlů & Zápotocká, 2007). Naprostá většina archeologických nálezů tak byla objevena právě v lokalitách výskytu spraší a sprašových půd. Jinak tomu není ani v případě zájmových rondelů; ty se nachází právě v oblasti spraší a sprašových hlín (viz obrázek 12). Menší rondel v malé míře přesahuje také do nivních sedimentů (ČGS).

Kvartérní pokryv je zastoupen také fluviálními náplavy typu povodňových hlín a antropogenními půdami (ČGS), jejichž vznik je vázán nejspíše na zemědělskou činnost. Geologickou zajímavostí, která silně ovlivňovala historický i krajinný vývoj v oblasti jsou stříbrnosná rudní pásma kutnohorského rudního revíru, která pronikají Kutnohorským krystalinikem (Ložek et al., 1996). Žilná pásma jsou vázána na rozlámaný severní okraj Českomoravské vrchoviny. V lokalitě se také vyskytují jámové a stěnové kamenolomy, vázané především na krystalické horniny a křídové pískovce (Ložek et al., 1996).



Obrázek 12: Geologická mapa povodí Bylanky. Zdroj: upraveno dle ČGS

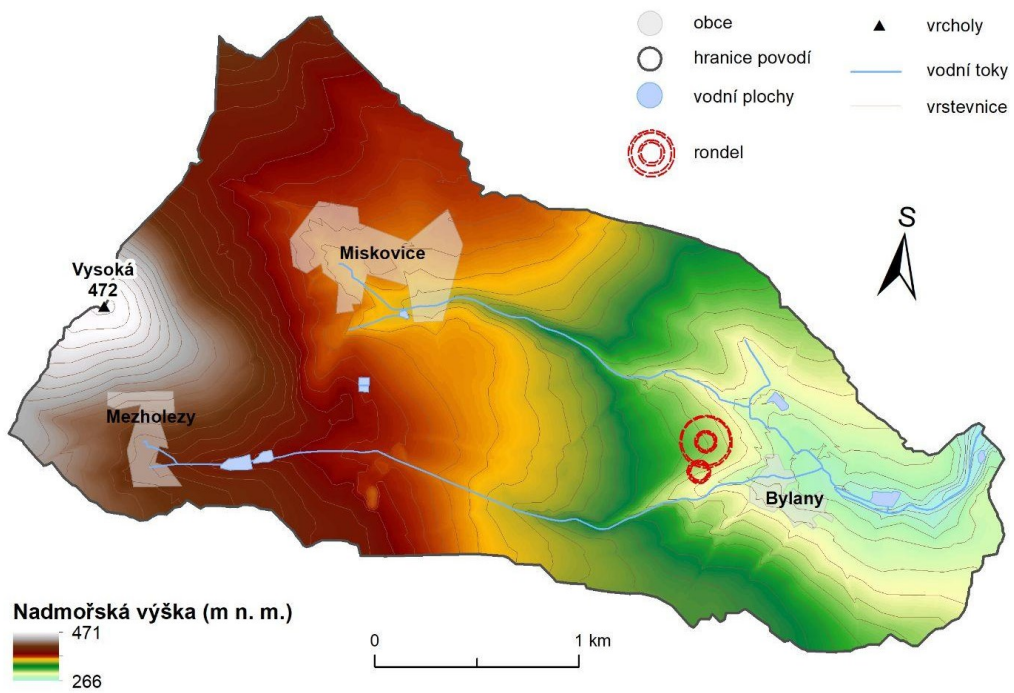
4.2 Geomorfologické poměry

Zájmové povodí se dle geomorfologického členění Balatky a Kalvody (2006) nachází na severním okraji geomorfologické podsoustavy Českomoravská vrchovina. Geomorfologické členění je pro přehled vypsáno v tabulce 1. Povodí Bylanky se nachází ve východní části geomorfologického okrsku Malešovská pahorkatina, který se vyznačuje jako plochá pahorkatina se sklonem od jihu k severu. Přejichod z nížin podsoustavy Středolabská tabule, která je reprezentována okrskem Žehušická kotlina, do mírné až členité Malešovské pahorkatiny je patrný v nárůstu nadmořské výšky z východu na západ (viz obrázek 13). Nadmořská výška studovaného povodí se pohybuje od 266 do 471 m n. m. (vrchol Vysoká již leží mimo povodí, v mapě na obrázku 13 je uveden pro úplnost). Průměrná nadmořská výška povodí činí 359 m n. m. Z geomorfologických tvarů převládají mírné a táhlé erozně denudační svahy nebo zarovnané povrchy. Výjimku představují prudší svahy vázané na erozní zářez říčky Vrchlice a Bylanky (viz obrázek 14).

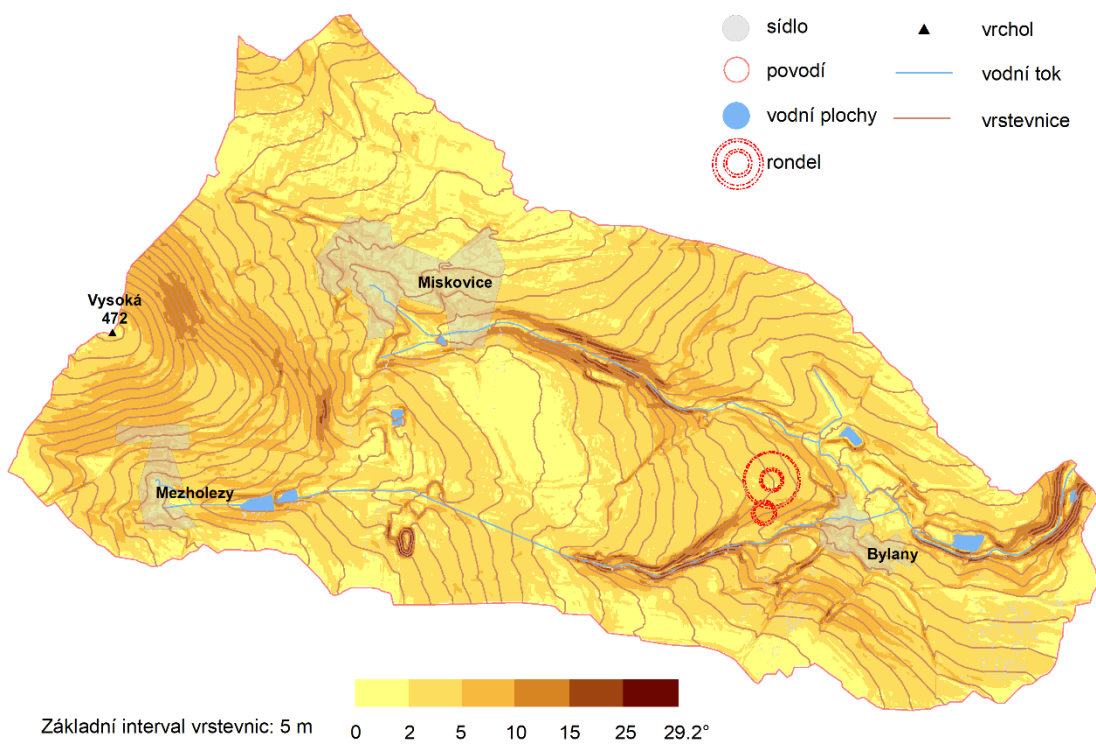
Geomorfologické členění	
Subprovincie (soustava)	II Česko-moravská soustava
Oblast (podsoustava)	IIC Českomoravská vrchovina
Celek	IIC-2 Hornosázavská pahorkatina
Podcelek	IIC-2A Kutnohorská plošina
Okresek	IIC-2A-1 Malešovská pahorkatina

Tabulka 1: Geomorfologické členění zájmového povodí. Zdroj: Balatka & Kalvoda, 2006

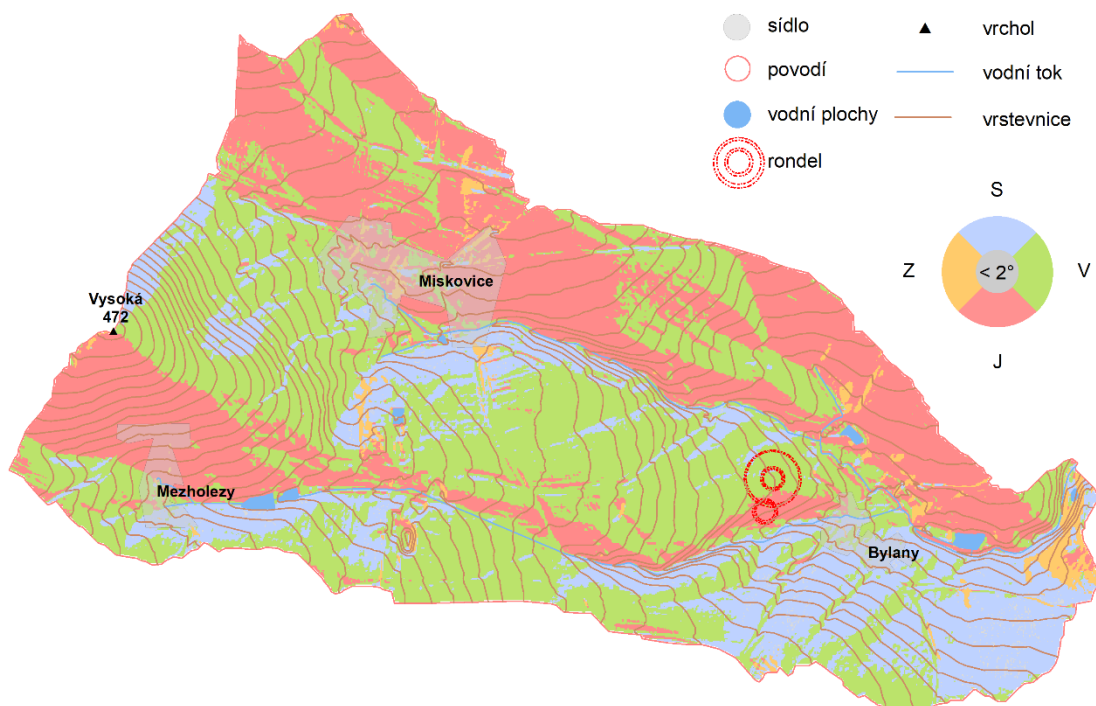
Oblast rondelů se nachází v průměrné nadmořské výšce okolo 313 m n. m. (viz obrázek 13). Minimální nadmořská výška v oblasti činí 304,3 m n. m. a maximální nadmořská výška dosahuje 320 m n. m. Průměrný sklon v oblasti rondelů je 3,63°. Minimální sklon v oblasti rondelů představuje 1° a maximální sklon v oblasti činí 9,7°. Větší rondel je rozložen na mírném svahu o průměrném sklonu 3,2°, zatímco menší rondel se nalézá ve svahu prudkém o průměrném sklonu svahu 6,2°, který je navázán na erozní zářez říčky Vrchlice. Oblast mimo rondely v severní části pole, kde se nachází dvě lokality mapující tzv. jámy je charakterizovaná mírným sklonem svahu o průměrné hodnotě 3,9°. Co se týče expozice, větší rondel se nachází na svahu s východní expozicí a v menší míře na svahu s expozicí jižní, menší rondel se nalézá plně na svahu s jižní expozicí (viz obrázek 15). Oblast v severní části pole se nachází na svahu s východní a severní expozicí.



Obrázek 13: Digitální model reliéfu povodí Bylanky. Zdroj: 5G DMR



Obrázek 14: Sklonitost povodí Bylanky. Zdroj: 5G DMR



Základní interval vrstevnic: 5 m

Obrázek 15: Expozice vůči světovým stranám v povodí Bylanky. Zdroj: 5G DMR

4.3 Klimatologické poměry

Většina plochy povodí se nachází v mírně teplé oblasti MT10, která se vyznačuje průměrnými ročními teplotami vzduchu mezi 7 – 8 °C a průměrným ročním úhrnem srážek 600 - 700 mm (Quitt, 1971). Východní cíp povodí se nachází v teplé oblasti T2, průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje okolo 9 °C a roční úhrn srážek se pohybuje od 550 do 700 mm (Quitt, 1971). Místní zima je pouze krátkého trvání a sněhová pokrývka je nestálá - v teplé oblasti T2 je pouze 40 - 50 dní se sněhovou pokrývkou, v mírně teplé oblasti MT10 pouze 50 - 60. Z tohoto důvodu v lokalitě nehrozí vysoká intenzita sněhové eroze půdy. Letní měsíce jsou naopak teplé a často suché s průměrnou červencovou teplotou mezi 18 a 19 °C v teplé oblasti T2 a 17 až 18 °C v mírně teplé oblasti MT10 (viz tabulka 2). Nejbližší srážkoměrná stanice Českého hydrometeorologického ústavu ČHMÚ se nachází na letišti Chotusice v nadmořské výšce 238 m n. m. Z historických dat získaných dle zákona 123/1998 Sb. z webových stránek ČHMÚ byly zjištěny měsíční úhrny za letní měsíce. Erozně účinné deště jsou v lokalitě časté; srážky s vyšší hodnotou než 12,5 mm (hraniční hodnota pro erozně účinné deště) se vyskytly v roce 2021 ve všech letních měsících kromě měsíců srpna a září. Za jednu srážkovou událost v lokalitě napadlo i 43,6 mm (květen roku 2020) (ČHMÚ, 2021). Výskyt erozně účinných dešťů může mít zásadní vliv na vodní erozi v oblasti.

Klimatická charakteristika	Teplá oblast T2	Mírně teplá oblast MT10
Počet letních dní	50 - 60	40 - 50
Počet dní s \varnothing T 10 °C a více	160 - 170	140 - 160
Počet dní s mrazem	100 - 110	110 - 130
Počet ledových dní	30 - 40	30 - 40
\varnothing lednová T	- 2 až - 3	- 2 až - 3
\varnothing červencová T	18 - 19	17 - 18
\varnothing dubnová T	8 - 9	7 - 8
\varnothing říjnová T	7 - 9	7 - 8
\varnothing poč. dní se srážkami \geq 1 mm	90 - 100	100 - 120
Σ srážek ve veg. období	350 - 400	400 - 450
Σ srážek v zimním období	200 - 300	200 - 250
Σ srážek celkem	550 - 700	600 - 700
Počet dní se sněh. pokrývkou	40 - 50	50 - 60
Počet zatažených dní	120 - 140	120 - 150
Počet jasných dní	40 - 50	40 - 50

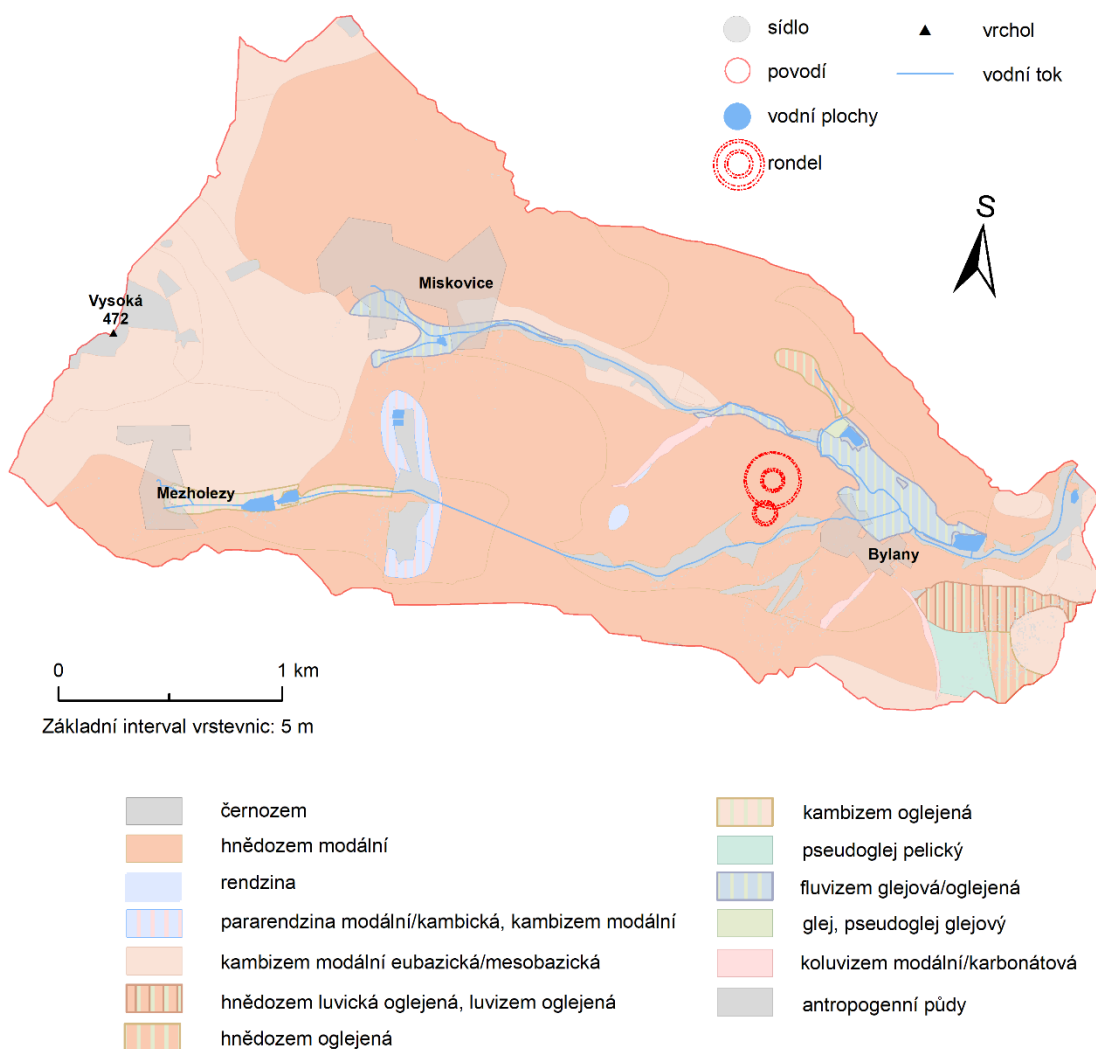
Tabulka 2: Klimatické oblasti studovaného povodí. Zdroj: Quitt, 1971

4.4 Hydrologické poměry

Hlavní tok studovaného povodí představuje potok Bylanka, pramenící v Miskovicích v nadmořské výšce 360 m n. m. Jedná se o povodí IV. řádu, jeho plocha je 12,08 km² a číselné označení 1-04-01-0320-0-00 (VÚV TGM, 2022). Bylanka se po cca 5 km své délky vlévá se v podobě levostranného přítoku do řeky Vrchlice. Vrchlice představuje největší přítok řeky Klejnárky, levostranného přítoku Labe. Studované povodí spadá do úmoří Severního moře. V povodí se nachází několik bezejmenných rybníků. Za zmínku jistě stojí vodní nádrž Vrchlice, která sice neleží na území studovaného povodí, jedná se ale o významné vodní dílo, které představuje zdroj pitné vody pro Kutnohorsko a Čáslavsko. Jedná se o první vodní nádrž v ČR, jež byla přehrazena klenbovou betonovou hrází o výšce 40,8 m. Zásobní objem nádrže činí 7,89 milionu m³ vody a zatopená plocha je necelých 94 hektarů (Bendová, 2020). Nejbližší hlásný profil ČHMÚ se nalézá 600 metrů pod hrází vodní nádrže Vrchlice na levém břehu. Nejvyšší vodní stavy byly zaznamenány 11. 6. 2004 (125 cm), 18. 3. 2005 (111 cm) a 28. 3. 2006 (122 cm). Průměrný roční stav na Vrchlici v tomto bodě se uvádí 32 cm (ČHMÚ).

4.5 Půdní poměry

Na naprosté většině studovaného území převažuje dle půdní mapy 1 : 50 000 (ČGS) půdní typ hnědozem modální (viz obrázek 16). V západní části povodí se vyskytuje kambizem modální (eubazická/mesobazická). Na vodní toky jsou navázány glejové a oglejené fluvizemě. V povodí se vyskytují antropogenní půdy, vázané na zemědělskou činnost. V jihovýchodní části povodí se objevuje pseudoglej pelický, hnědozem luvická oglejená, hnědozem oglejená a kambizem oglejená. Černozemě se v lokalitě vyskytují v malém množství v ojedinělých ostrůvcích. Bylanské rondely se nachází v oblasti hnědozemě modální (viz obrázek 16). Půdotvorný substrát tohoto půdního typu představuje nejčastěji spraš či polygenetické hlíny, v našem případě se jedná o spraš a sprašovou hlínu. Hnědozemě vznikaly při ochlazování a zvlhčování klimatu, kdy byly stepi nahrazovány lesy (Šarapatka, 2014). Z toho je možné usuzovat, že v lokalitě byly v určitém stádiu lesní porosty, které byly neoliticky vymýceny či vypáleny.



Obrázek 16: Půdní poměry povodí Bylanky. Zdroj: Půdní mapa 1: 50 000, ČGS

Stratigrafie půdního typu hnědozemě je následující: O - Ah nebo Ap - (Ev) - Bt - B/C - C nebo Ck (Šarapatka, 2014). Horizont Ap je horizont vytvořený orbou. Tento horizont je velmi častý, neboť hnědozemě jsou často využívány pro zemědělské účely. Pod orničním horizontem se v některých případech nachází eluviální Ev horizont, který dále přechází do luvického Bt horizontu. Eluviální horizont nemusí být přítomen. Po přechodném horizontu se nachází půdotvorný substrát C. Obsah humusu se pohybuje okolo 2 %, půdní reakce je slabě kyselá (Šarapatka, 2014). Hodnota K faktoru hnědozemě modální je 0,53 (Janeček et al., 2012), náchylnost tohoto půdního typu k erozi je tudíž vysoká. Důvodem může být například vysoká míra propustnosti, díky které se tento půdní typ po navlhčení vysuší do několika hodin.

4.6 Biogeografické poměry

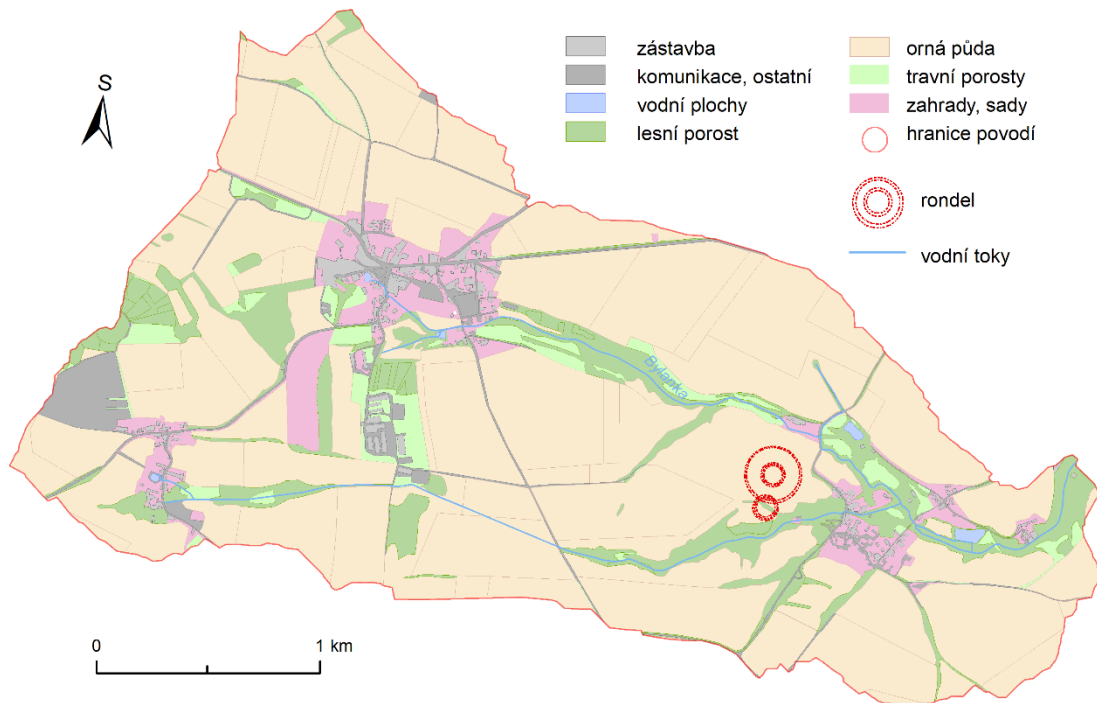
Sledované povodí náleží do kontinentální biogeografické oblasti (ETC/BD, EEA, 2011). Dle Culka et al. (2005) lokalita spadá pod hercynskou biogeografickou podprovincii, do Českobrodského a Havlíčkobrodského bioregionu. Biochory vyskytující se v území jsou následující: 2BE, 3BE, 3BA, 4PQ, 3BS, 3PS (Culek et al., 2005). Zájmové území se nachází ve fyto geografickém okrese Kutnohorská pahorkatina ve fyto geografickém obvodu Českého mezofytika (Mesophyticum Massivi Bohemici) (BÚ ČSAV, 1987).

Geobotanická mapa nám ukazuje v severozápadní části povodí pravděpodobný výskyt acidofilních doubrav (Qa), ve zbytku území dubo-habrové háje (C) (Mikyška et al., 1968). Podle mapy potenciální přirozené vegetace by se na většině území vyskytovala černýšová dubohabřina (Melampyro nemorosi-Carpinetum), v severozápadní části území biková a/nebo jedlová doubrava (Luzulo albidae - Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum) (Neuhäuslová, 1998). Tyto informace jsou v souladu s výskytem hnědozemí v lokalitě, jejichž původní porosty byly teplomilnější doubravy a smíšené listnaté lesy. Můžeme se domnívat, že tato rostlinná společenstva se v lokalitě vyskytovala od holocenního klimatického optima, kdy se klima ochladilo a zvlhčilo. Dřívější podoba lokality nejspíše spočívala v přítomnosti stepi se sprašovými návějemi, které vznikaly v období pleistocenního střídání dob ledových a meziledových.

Lokalita je dnes využívána z velké části pro zemědělskou činnost. Rondely jsou umístěny v rámci orné půdy (viz obrázek 17), která se využívá především pro pěstování potravinářské a krmné pšenice, sladovnického ječmene, ozimé řepky, cukrovky, kukuřice, vojtěšky a hrachu (informace byly získány od zemědělské firmy PIAS Suchdol, a. s., která v lokalitě působí). V roce 2022 byla na zájmovém poli pěstována pšenice ozimá (pšenice setá, *Triticum aestivum*), v protierozním pásu byla vysazena řepka ozimá (brukev řepka, *Brassica napus*). Hodnota C faktoru pšenice ozimé je 0,12,

hodnota řepky ozimé je 0,22 (Krása, 2004). Hodnoty C faktoru jsou relativně nízké, což naznačuje ochranu půdy pěstovanými plodinami proti erozi. Bohužel neznáme přesný sled pěstovaných plodin v lokalitě, a tudíž byla pro účely modelování použita hodnota C faktoru 0,5 (hodnota pro ornou půdu obecně) (Krása, 2004).

V dnešní době v lokalitě sílí podíl zástavby. V okolí zájmové lokality vznikly také nové rybníky a můžeme narazit na ostrůvky spontánně zarůstajících ploch tzv. nové divočiny.



Obrázek 17: Krajinný pokryv povodí Bylanky. Zdroj: upravené dle KVES (AOPK, 2013)

5 Metodika

Metodickou část lze pomyslně rozdělit na více úseků. První úsek se sestával v obecném pedologickém průzkumu lokality a odběru půdních vzorků pro laboratorní analýzu. Změřené půdní charakteristiky jsou důležitými vstupními parametry do erozního modelu. Druhá část spočívala v nalezení a zmapování zájmových archeologických objektů - rondelů a následné sondáži pomocí sondážní tyče. Na sběr terénních dat navazovalo vytvoření erozního modelu zájmové lokality a vzájemné porovnání eroze či akumulace zjištěné v terénu s modelovanou predikcí. Modely byly vytvořeny pro erozi orbou a vodní erozi s využitím programu WaTEM/SEDEM. Výsledky půdních sond a erozního modelování byly porovnány se závěry magnetometrického měření (Křivánek, 2019).

5.1 Tvorba erozního modelu

5.1.1 Příprava dat pro erozní model

Erozní model zájmových lokalit byl vytvořen pomocí programů ArcMap 10.7.1 (ESRI, 2019) a WaTEM/SEDEM 2004 (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002). V programu ArcMap bylo vygenerováno povodí, ve kterém se zájmové oblasti nalézají. Povodí bylo vygenerováno pomocí nástrojů používaných k hydrologickému modelování z dat DMR 5G (ČÚZK) pomocí sady nástrojů *Hydrology* ve *Spatial Analyst tools*. Vygenerované povodí dále sloužilo jako zájmové území, za které byly vypočteny jednotlivé rastry, vstupující do programu WaTEM/SEDEM pro modelování eroze.

Pro účely erozního modelování bylo potřeba vytvořit následující rastry: DMR (digitální model reliéfu), C faktor (faktor ochranného vlivu vegetace), K faktor (faktor erodibility půd), Parcel map (hranice pozemků). Postup tvorby jednotlivých rastrů je popsán v následujícím textu. Důležité bylo zajistit jednotnost rastrů z hlediska velikosti, rozlišení a zobrazení. To bylo zajištěno při tvorbě rastrů funkcí *Polygon to raster* v záložce *Environment Settings* nastavením řádku *Processing Extent*. Jednotné rozlišení představovalo hodnotu 5 m x 5 m a všechny rastry byly zobrazeny v Křovákové zobrazení a souřadnicovém systému S-JTSK (S-JTSK / Krovak East North).

C faktor

Raster C faktoru, který charakterizuje ochranný vliv vegetace, byl v případě lokality Bylany vytvořen na základě dat ZABAGED (ČÚZK). Aktuálnost dat byla zkontrolována na základě prohlížečích služeb WMS - Ortofoto, poskytované Geoportálem ČÚZK. Krajinný pokryv byl rozříděn do 4 skupin, kterým

byla přiřazena průměrná hodnota C faktoru, viz. tabulka 3 (Janeček et al., 2008). Dle sloupce hodnoty C faktoru v atributové tabulce příslušné vrstvy krajinného pokryvu byl vygenerován raster C faktoru pomocí funkce *Polygon to raster*.

Typ krajinného pokryvu	Hodnota C faktoru
zástavba, vodní plocha	0
ovocný sad, zahrada, park, louka, pastvina, lesní půda	0,005
orná půda	0,5

Tabulka 3: Hodnoty C faktoru. Dle Janečka et al. (2008)

K faktor

Jako podklady pro tvorbu rastru K faktoru byly použity data BPEJ a Půdní mapa 1 : 50 000, která ukázala hodnoty v celém povodí včetně půd mimo ZPF. Hodnota K faktoru byla odvozena z kódu BPEJ. Převažujícím půdním typem lesních půd v povodí je fluvizem glejová a pararendzina arenická. Hodnota K faktoru těchto půd byla proto stanovena jako 0,42. Antropogenní půdy se v povodí vyskytují pouze na necelém 1 % území a nemají tudíž výrazný vliv na intenzitu půdní eroze v zájmové lokalitě. Antropogenním půdám byla přiřazena hodnota K faktoru 0,3. V zájmové oblasti výskytu rondelu byla hodnota K faktoru korigována na základě výsledku analýzy zrnitosti půd, obsahu humusu, struktury půdy a propustnosti. Na základě výsledků analýzy byla hodnota K faktoru pro hnědozemě upravena z původní hodnoty 0,53 (hodnota dle BPEJ) na hodnotu 0,39. Hodnota 0,39 byla vypočtena na základě metodiky Janečka a kol. z roku 2008 dle rovnice pro výpočet erodovatelnosti půdy K:

$$100K = 2,75M^{1,14}10^{-4}/12 - a/+3,25/b - 2/+2,5/c-3/ \quad (2)$$

kdy M se vypočítá jako:

$$(\% \text{ prachu} + \text{práškového písku}) \times (100 - \% \text{ jílu}) \quad (3)$$

kde prach a práškový písek představují částice o velikosti v rozmezí 0,002 až 0,1 mm a jíl představuje částice o velikosti menší jak 0,002 mm. Do rovnice dále vstupuje % organické hmoty (*a*), třída struktury ornice (*b*) a třída propustnosti půdního profilu (*c*).

Parcel map - hranice pozemků

Na rastr hranic pozemků, tzv. "Parcel map", byl použit datový soubor půdních bloků vybraných lokalit z databáze LPIS, který substituoval ZPF a jež byl protnut v programu ArcMap pomocí funkce

Intersect s daty krajinného pokryvu. Běžně se používá vrstva dílů půdních bloků, ve studovaném povodí však byly hranice dílů půdních bloků a půdních bloků identické. Vrstva krajinného pokryvu byla získána při tvorbě C faktoru. Byla provedena kontrola aktuálnosti dat pomocí WMS - Ortofoto (ČÚZK, 2022). Výsledný rastr představoval pozemky s vlastním identifikátorem a hranice pozemků, které mají významný vliv při modelování v programu WaTEM/SEDEM. Identifikátor je každému pozemku stanoven z toho důvodu, aby program WaTEM/SEDEM mohl rozlišit hranice mezi pozemky, určit propustnost těchto hranic a modelovat sedimentaci materiálu. Identifikátory jsou ukázány v tabulce 4. Plochy orné půdy jsou označeny identifikátorem 1 až n, kdy n představuje počet polí v modelované lokalitě.

Kategorie	Identifikátor
zástavba	-2
vodní toky, vodní plochy	-1
orná půda	1-n
lesní porosty	10 000
trvalé travní porosty	20 000

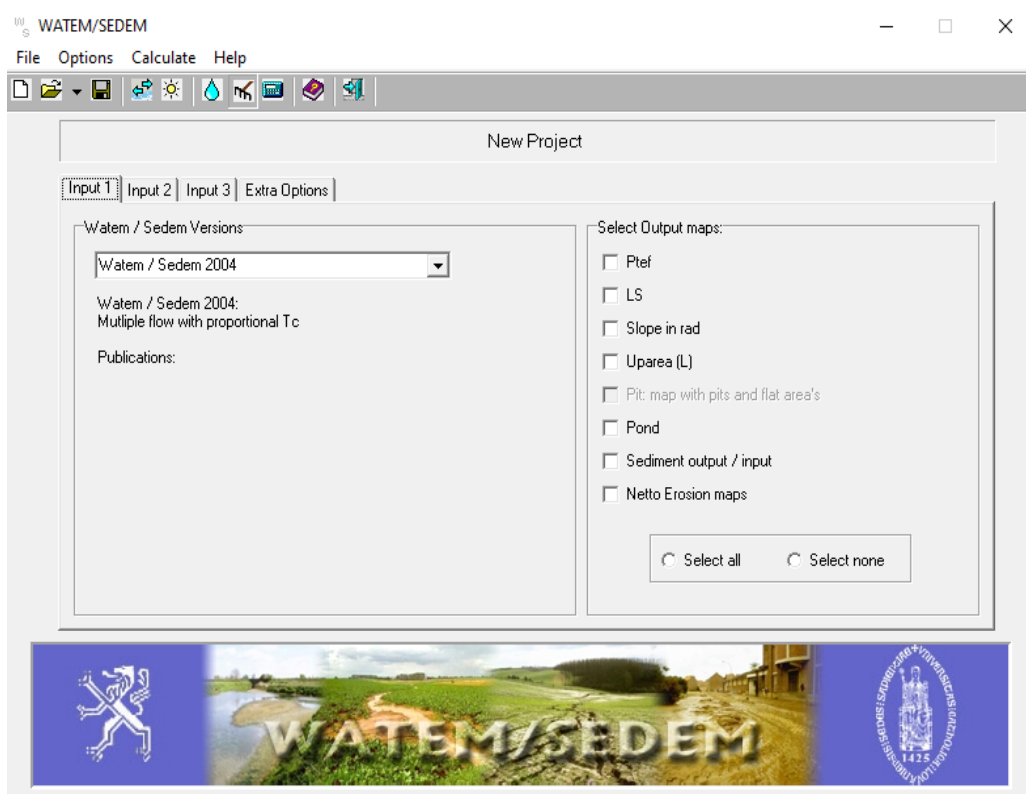
Tabulka 4: Identifikátory dle krajinného pokryvu rastru Parcel map.

5.1.2 Modelování v programu WaTEM/SEDEM

Rastry vstupující do programu WaTEM/SEDEM 2004 bylo nutné převést na formát Idrisi32 (*.rst) pomocí programu LsConverter (Kadlec, 2007), který je podporován programem WaTEM/SEDEM 2004. Mezikrokem pro vytvoření formátu Idrisi32 byla transformace rastrů do formátu ASCII v programu ArcMap pomocí funkce *Raster to ASCII*.

V hlavním okně programu (viz obrázek 18) se nachází tři záložky (*Input 1*, *Input 2*, *Input 3*), ve kterých je možné vyplnit parametry modelu a vložit potřebná data. V záložce č. 1 (*Input 1*) je možnost nastavit verzi programu ("*Watem/Sedem Versions*") a požadované výstupy modelu ("*Select Output maps*"). Verze modelu byla zvolena jako *Watem/Sedem 2004*, což je defaultní možnost programu. Jako výstupy byly zvoleny "*LS*", "*Sediment output/input*" a "*Netto Erosion maps*", zbytek výstupů (např. "*Slope in rad*" či "*Uparea (L)*") nebyl potřeba pro účely práce modelovat. Výstup "*LS*" představuje raster faktoru délky a sklonu svahu. Výstup "*Sediment output/input*" a výstup "*Netto Erosion maps*" ukazují průběh eroze či akumulace v povodí. Tyto výstupy jsou velmi podstatné pro účely práce.

Záložky č. 2 a 3 slouží pro vložení dat, respektive rastrů. V záložce č. 2 (“Input 2”) byl vložen raster DMR (řádek “DEM-Map”) a raster Parcel Map (řádek “Parcel Map”). Raster “River Routing” nebylo pro účely práce potřeba vkládat. V záložce č. 3 (“Input 3”) je místo pro vložení hodnot K faktoru (“K: Soil Erodibility Factor”), C faktoru (“C: Crop Factor”), Parcel Map faktoru (“Ptef: Parcel”) a hodnoty pozemkové konektivity (“Parcel Connectivity”). V této záložce je také možnost přidat mapu vodních těles v modelovaném území (“Ponds”), která nebyla využita pro účely modelování eroze v naší lokalitě. Hodnoty K, C a Parcel map faktoru je možné vložit v podobě rastrů či v podobě konstantní hodnoty, v našem případě byly hodnoty vloženy formou rastrů, které byly vytvořeny v předchozích krocích.



Obrázek 18: Hlavní okno programu WaTEM/SEDEM. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

Hodnota pozemkové konektivity (Parcel Connectivity), která představuje propustnost hranic pozemků a je dána zachycením materiálu na hranicích pozemků, byla ponechána v defaultním nastavení dle metodiky Van Rompaey (in Krása, 2004) jako “To Cropland” = 10 a “To Forest/Pasture” = 75.

Kromě záložek 1 - 3 se v hlavním okně nachází také záložka “Extra Options”, ve které lze specifikovat určitá nastavení. Jedná se o nastavení výpočtu LS faktoru (“LS”), nastavení R faktoru (“Water”) a nastavení určitých pokročilých charakteristik (“Advanced Settings”). Výpočet LS faktoru

byl proveden na základě rovnice dle McCool (1987, 1989) včetně výpočtu exponentu délky svahu (“*Nearing Slope length exponent*”). Hodnota R faktoru (“*R-factor*”) v hydrologickém nastavení byla určena na základě Krásky (2004) jako 0,057 (57 MJ/ha*cm/h). V Pokročilém nastavení byla definována objemová hmotnost modelované půdy (“*Bulk Density*”) dle výsledků půdní analýzy jako 1 400 kg/m³. Dále byla vložena hodnota transportního koeficientu k_{till} (“*Tillage Transport Coefficient (ktill)*”). Hodnota tohoto koeficientu byla nezbytná pro modelování eroze orbou, neboť určuje její intenzitu. Hodnota transportního koeficientu k_{till} byla vypočtena na základě metodiky dle Van Oost et al. (2006) (viz rovnice 4).

$$k_{till} = \alpha \rho_b D^\alpha V^\beta T^\gamma \quad (4)$$

kdy α představuje regresní konstantu vyjadřující vztah mezi přenosem půdy (m) a sklonem svahu (m/m), ρ značí objemovou hmotnost (kg/m³), D představuje hloubku orby (m), V rychlost orby (m/s) a T vyjadřuje, zda orba probíhá po vrstevnici, šikmo či kolmo na vrstevnici (bezrozměrná hodnota). Konstanty α , β a γ byly určeny dle metodiky van Oost et al jako:

$$\alpha = 2,21$$

$$\beta = 0,57$$

$$\gamma = 0,67$$

Hodnota regresní konstanty α byla dle metodiky Van Oost et al. (2006) stanovena jako 0,97. Objemová hmotnost ρ byla určena na základě Kopeckého válečků jako 1 400 kg/m³. Hodnoty hloubky orby, rychlosti orby a informace o typu orby byly získány od zemědělské firmy PIAS Suchdol a. s., která hospodaří na pozemcích, kde se nachází zájmová lokalita. Orba je prováděna sedmiradličným pluhem značky Lemken VariDiamant 10 na stroji značky John Deere s označením 8335 R. Rychlost tohoto stroje se pohybuje okolo 9 km/h. Hloubka orby byla stanovena jako 0,4 m, neboť v zájmové lokalitě se oře tzv. velmi hlubokou orbou (obecně orba hlubší jak 30 cm, v zájmové lokalitě orba dokonce 40 cm). V zájmové lokalitě probíhá orba šikmo po vrstevnici. Hodnota T však nebyla dle metodiky van Oost et al. (2006) pro orbu šikmo po vrstevnici určena. Hodnota T tak byla ponechána jako 1 ($T = 1$ pro orbu po vrstevnici, $T = 2$ pro orbu kolmo na vrstevnici) a tudíž byla uvažována konzervativnější intenzita eroze orbou. Z výpočtu vyplývá, že hodnota k_{till} činí 627,14.

V pokročilých nastaveních je možné definovat také jednotky výstupu (“*Output Units*”). Je možné zvolit možnost *Intensity*, díky čemuž budou výsledné hodnoty v tunách na hektar či *Height Difference*, čímž získáme výslednou hodnotu v úbytku mocnosti půdy v milimetrech. Výsledné

hodnoty v milimetrech lépe vyjadřují ztrátu mocnosti půdy, proto byla pro potřeby práce zvolena tato možnost.

Po nastavení všech parametrů a vložení potřebných hodnot do programu byl projekt uložen. Na základě tohoto projektu byly vypočteny dva erozní modely. První erozní model byl vypočten pro vodní erozi půdy, druhý model pro erozi orbou. Volba v programu, zda se bude jednat o model vodní eroze či eroze orbou, byla provedena zakliknutím příslušné ikony v horní liště programu. Výpočet modelu byl spuštěn v horní liště ikonou "Start calculations". Výstupy modelu jsou ve formátu Idrisi32 (*.rst) který je kompatibilní s prostředím ArcGIS, kde byly dále vizualizovány.

5.2 Odběr půdních vzorků v terénu

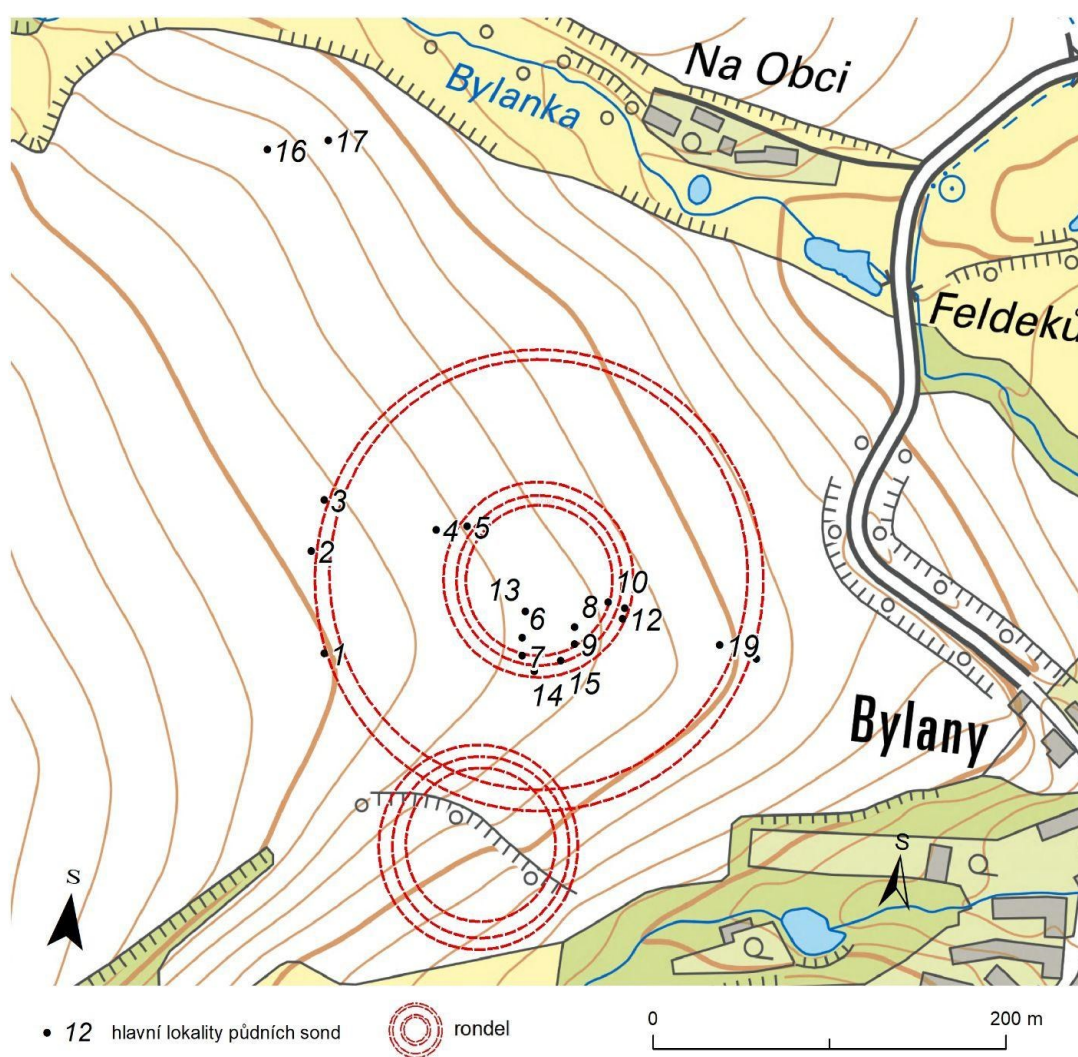
V lokalitě byly odebrány vzorky pomocí Kopeckého válečků (viz obrázek 19). Zároveň byly odebrány půdní vzorky, jejichž rozbor proběhl ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Analyzováno bylo procentuální zastoupení uhlíku, humusu a textura (jednotlivé zrnitostní frakce - obsah jílové složky pod 0,002 mm velikosti, obsah jílnatých částic pod 0,01 mm velikosti, obsah zrnitostní frakce pod 0,05 mm velikosti, obsah zrnitostní frakce nad 0,05 mm velikosti). Na základě Kopeckého válečků byla určena redukovaná objemová hmotnost (g/cm^3). Na základě výsledků obou analýz byla zpřesněna hodnota erozní náchylnosti půd k vodní erozi tzv. K faktor, který byl použit při modelování vodní eroze půdy v lokalitě. Ze vzorků odebraných Kopeckého válečky byla zjištěna přesná objemová hmotnost, která dále vstupovala do výpočtů WaTEM/SEDEM.



Obrázek 19: Odebrání vzorků pomocí Kopeckého válečků

5.3 Studium archeologických objektů pomocí půdních sond

Velice důležité pro opětovné studium archeologických objektů pomocí půdních sond bylo navázání spolupráce KFGG s archeologickým pracovištěm v Kutné Hoře pod Archeologickým ústavem Akademie věd ČR, a to konkrétně s Mgr. Markétou Končelovou Ph.D., která byla tak laskavá a poskytla archeologické nákresy lokality, zaměřila objekty díky znalosti přesných souřadnic a poskytla také některé informace o výzkumu v Bylanech a o archeologické lokalitě jako takové. Na základě archeologických nákresů pohřbených objektů byla vybrána místa odběru půdních sond. Místa odběru byla zvolena tak, aby měly výsledné půdní sondy dobrou vypovídající hodnotu. Důležité tudíž bylo vybrat archeologické objekty, které nebyly zcela ovlivněny archeologickým výzkumem, nebyly nepřiměřeně hluboké (maximální hloubka kolem 1 metru) a kde byla známa původní hloubka objektu, zaměřená archeology. Takto vybraná místa byla zaměřena pomocí přístroje GPS Trimble® GeoXTTM který má polohovou přesnost pod 1 m.



Obrázek 20: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě. Zdroj: ČÚZK

Nesnáz představoval výběr umístění půdní sondy. Sonda musela zaznamenat pohřbený objekt, kde byla známa původní hloubka objektu a kde neprobíhal v minulosti archeologický výzkum, při které by byl objekt překopán a poničen (rozmístění lokalit je na obrázku 20). Zároveň bylo žádoucí vyhnout se místům, která byla plošně skryta technikou při archeologickém výzkumu, neboť poté by mocnost půdy nad objektem nebyla vypovídající. Typicky tak bylo zvoleno místo na hranici archeologicky zkoumané oblasti a sondovalo se tak, aby mocnost půdy nad objektem nevykazovala odlišnosti od historické výšky z důvodu topografické heterogenity a zároveň nebyla ovlivněna archeologickým výkopem či skrývkou ornice. Zaměřená místa byla označena kolíky. Půdní sondy byly provedeny tak, aby zachytily průběh archeologického objektu (viz obrázek 21) a pomohly jej přesněji lokalizovat. Na každém místě tak bylo zhotoveno vícero sond (přesný seznam míst a sond je dále v textu). Na základě sondy byl popsán půdní profil (mocnost ornice, barva a zrnitost jednotlivých horizontů, aktuální hloubka objektu), zkoumána byla přítomnost znaků jako samotná výplň, dále mazanice (pálená hrnčířská hlína s plevami používaná v neolitických stavbách) a uhlíky.

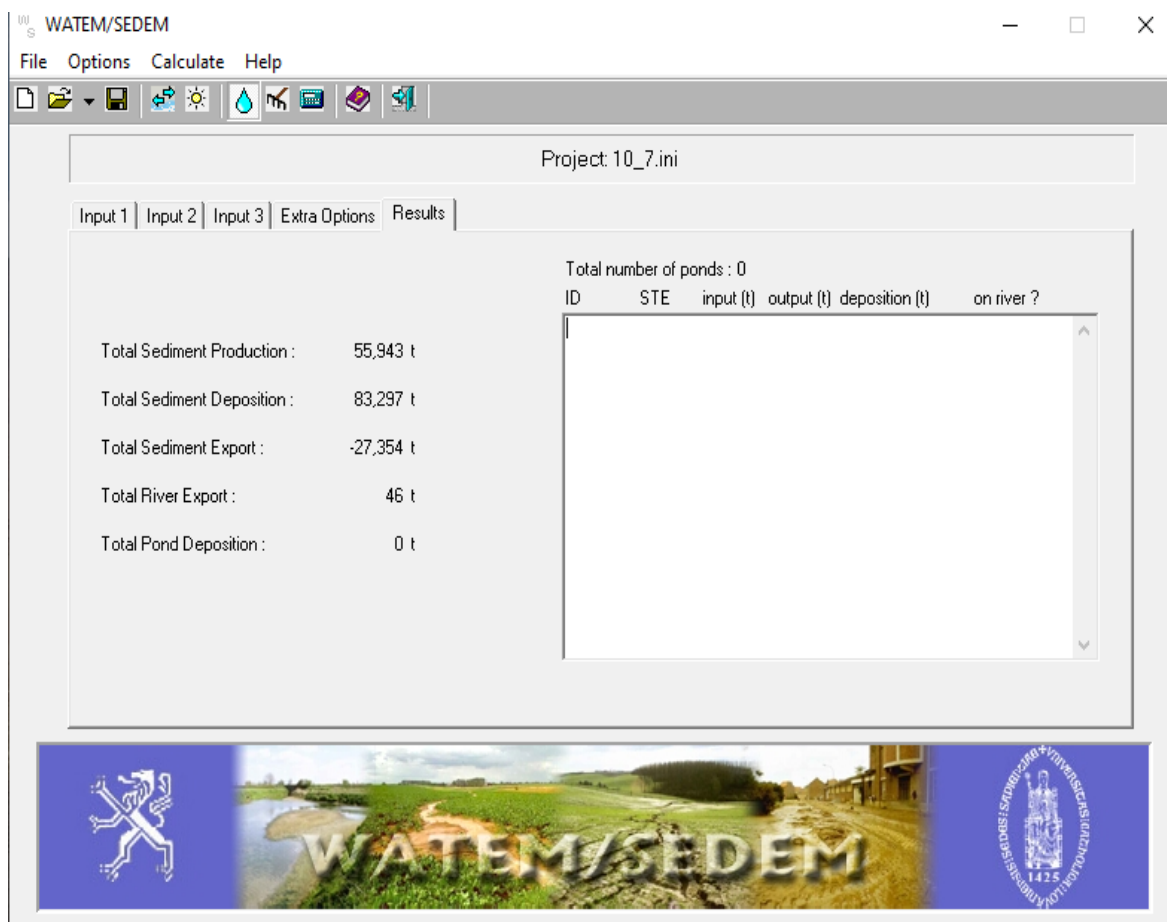


Obrázek 21: Výplň archeologického objektu je vizuálně patrná tmavým zbarvením

6 Výsledky

6.1 Erozní model

Výstupy programu WaTEM/SEDEM představují mapové výstupy ve formátu Idrisi32 (rst.), numerické výsledky a textové soubory. Mapové výstupy a textové soubory jsou uloženy v uživatelsky zvoleném adresáři. Jedná se o následující mapové výstupy: množství půdních částic vystupujících a vstupujících z jednotlivých elementů řešených ploch (OUTFLOWton.rst, INFLOWton.rst), LS faktor (LS.rst), seznam vodních ploch (Pondnr.rst), bezodtoká místa v modelovém území (pit.rst) a mapu zobrazující hodnoty ztráty půd (čistou erozi), kdy negativní jednotky ukazují na erozi, pozitivní jednotky zobrazují akumulaci v povodí (Netto Erosion.rst) (Vysloužilová, 2010, Krása, 2004). V názvu výstupu map čistě eroze se také zobrazuje typ počítané eroze (Netto Water Erosion X Netto Tillage Erosion) a jednotky, které byly určeny při výpočtu (Netto Erosion in mm X Netto Erosion in ton per ha). Rozlišení mapových výstupů odpovídá rozlišení vstupujících vrstev (které bylo stanovené dle DMR, které má hodnotu rozlišení 5 m x 5 m).



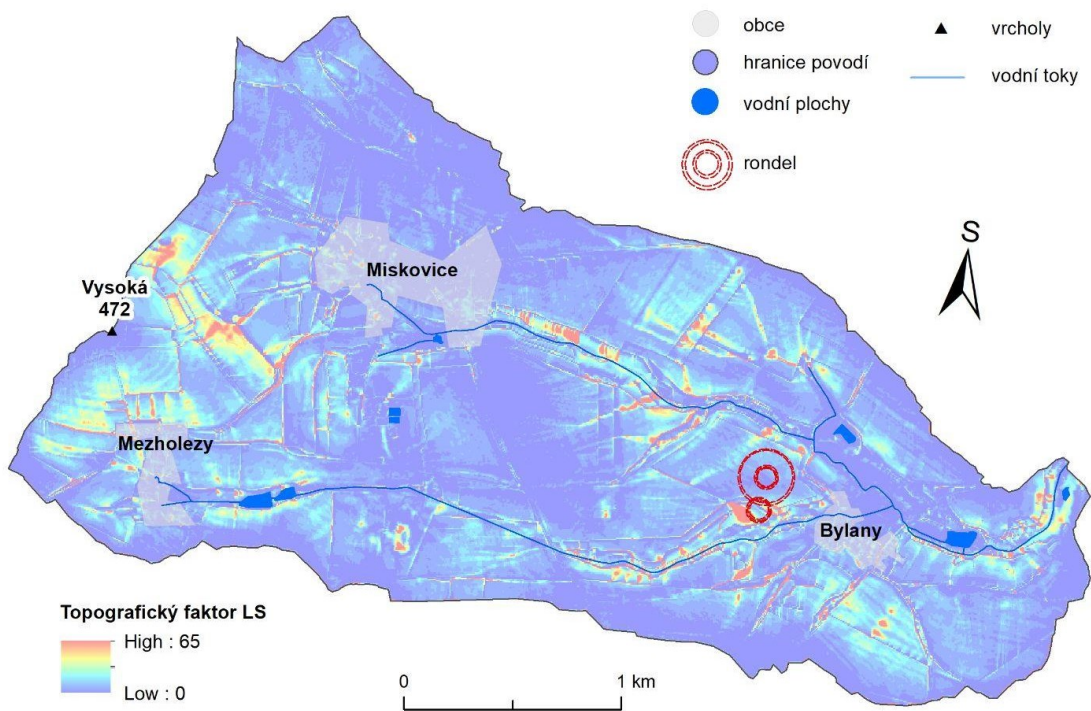
Obrázek 22: Dialogové okno Results. Program WaTEM/SEDEM. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

Numerické výsledky jsou v programu k zobrazení v dialogovém okně Results (viz obrázek 22) a udávají následující údaje: celkové množství odneseného materiálu z povodí v tunách (Total Sediment Production), celkové množství akumulovaného materiálu v povodí (Total Sediment Deposition), množství půdních částic vstupujících do vodních toků po odečtení depozice v nádržích (Total Sediment Export), celkové množství půdních částic transportovaných vodním tokem závěrovým profilem povodí (Total River Export), celkové množství půdních částic zachycených v nádržích v povodí (Total Pond Deposition) (Krása, 2004). Výsledné údaje jsou uvedeny v tabulce 5. Jedná se o výsledky modelu vodní eroze. Celkové množství odneseného materiálu z povodí vodní erozí v případě modelového povodí Bylanky činí 55 943 tuny.

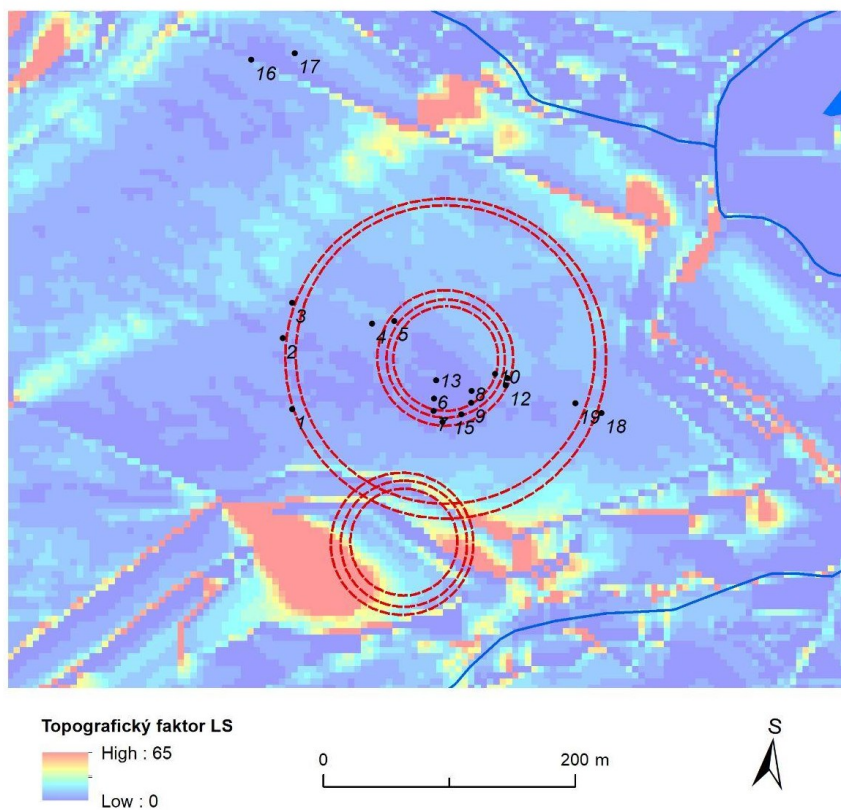
Total Sediment Production	55 943 t
Total Sediment Deposition	83 297 t
Total Sediment Export	27 354 t
Total River Export	46 t

Tabulka 5: Numerické výsledky programu WaTEM/SEDEM. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

Textové soubory vytvořené programem WaTEM/SEDEM představují následující charakteristiky povodí: množství sedimentovaného materiálu v nádržích (Pond Sediment Deposition.txt), seznam úseků toků (projectriversediment.txt), seznam nádrží v modelovém území (Ponddata.txt) a seznam bezodtokých míst v modelovém povodí (Pitdata.txt) (Vysloužilová, 2010). Pro účely této práce jsou nejdůležitější mapové výstupy zobrazující LS faktor a mapové výstupy čisté eroze (Netto Erosion). Vidíme, že v povodí jsou nejvyšší hodnoty LS vázány na svahy vrcholu Vysoká, svahy říčních údolí a svahové úpady (obrázek 23). Na detailním výřezu LS faktoru vidíme, že nejvyšších hodnot LS faktor nabývá ve svahu vázaném na údolí říčky Vrchlice a na hranicích jednotlivých polí (obrázek 24). V oblasti pole, kde se nachází studovaný rondel jsou hodnoty vyšší pouze v oblasti úpadu a na hranicích pole, jinak jsou zde hodnoty LS faktoru nízké. Mapové výstupy čisté eroze jsou rozebrány v následujících podkapitolách. Jsou analyzovány výstupy zvlášť pro model eroze orbou, vodní eroze a kombinace obou modelů.



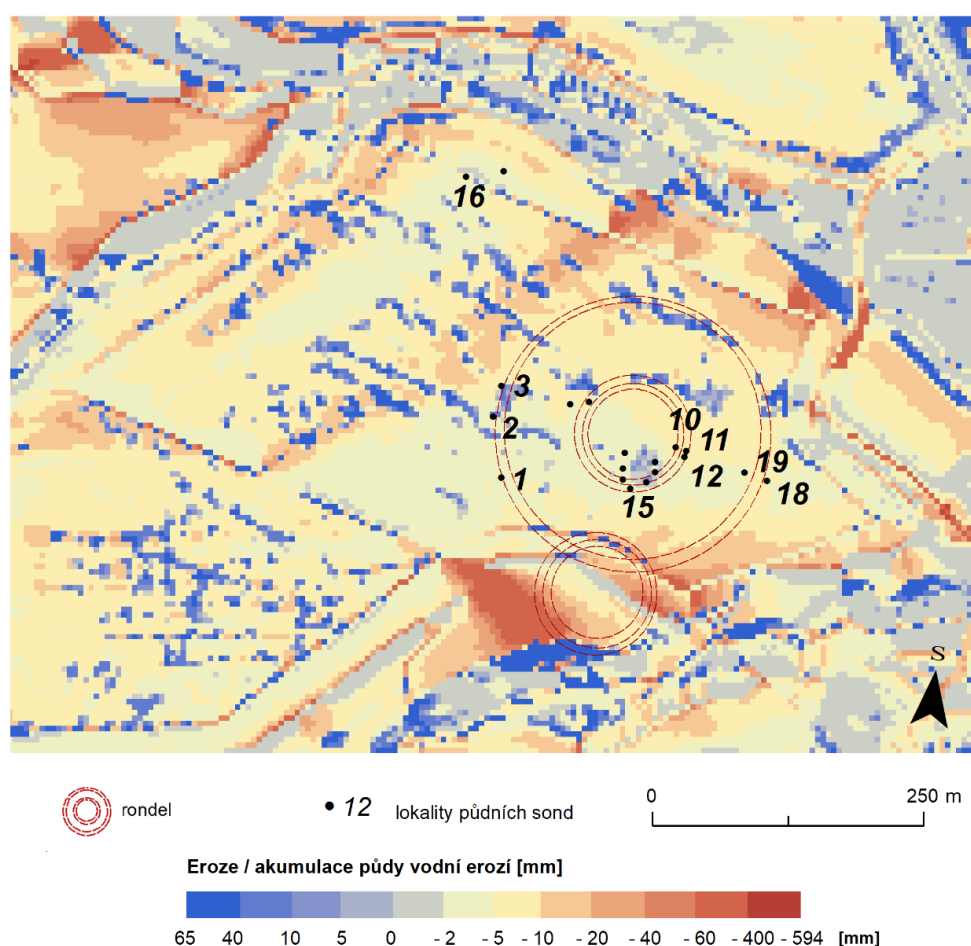
Obrázek 23: Topografický faktor LS. Výstup z programu WaTEM/SEDEM. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002



Obrázek 24: Topografický faktor LS - detail. Výstup z programu WaTEM/SEDEM. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

6.1.1 Vodní eroze

Dle modelu jsou vodní erozí nejvíce ohroženy oblasti svahu menšího pole, kde se nachází druhý rondel a jižní a severní okraje většího pole se sondovaným rondelem (viz obrázek 25). Zde dochází k intenzitě vodní eroze o ztrátě až 40 centimetrů výšky půdy. Bohužel v těchto místech nemohla být půdní eroze ověřena půdními sondami, neboť zde v minulosti neprobíhal archeologický výzkum a výsledky sond by neměly porovnání. Vyšší hodnoty intenzity eroze vidíme také vázané na úpad v centrální části pole, kde může docházet k vodní erozi a ztrátě až 4 cm výšky půdy za rok. Zde se však hodnoty vysoké intenzity eroze střídají s vyššími hodnotami akumulace půdy (akumulace až 6,5 cm/rok). Zapříčiněno je to nejspíš nehomogenitou povrchu úpadu, která je patrná na LS faktoru.

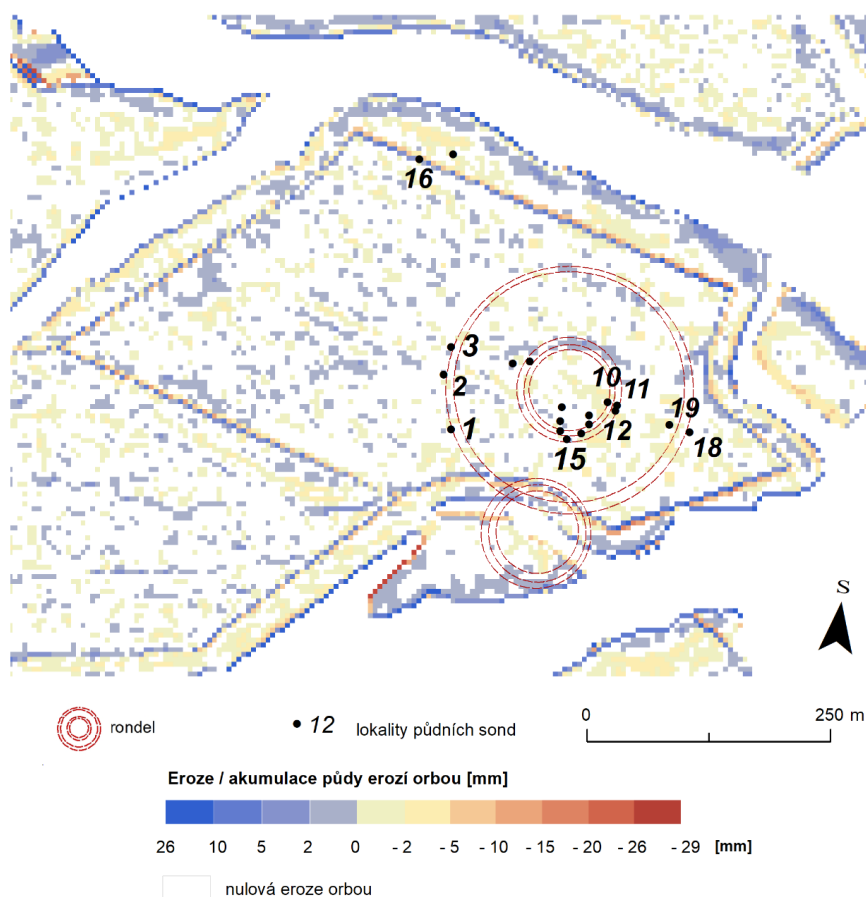


Obrázek 25: Intenzita vodní eroze v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

Akumulaci půdních částic pozorujeme také v údolí říčky Vrchlice a na hranicích jednotlivých polí a na přechodu mezi ornou půdou a protierozním pásem. Tato akumulace se zde vyskytuje z toho důvodu, že program WaTEM/SEDEM počítá také s hranicemi pozemků. Zda se ve skutečnosti v těchto oblastech vyskytuje eroze či akumulace však záleží na tom, jaký je krajinný pokryv pozemků a jak vysoká je jeho ochrana půdy.

6.1.2 Eroze orbou

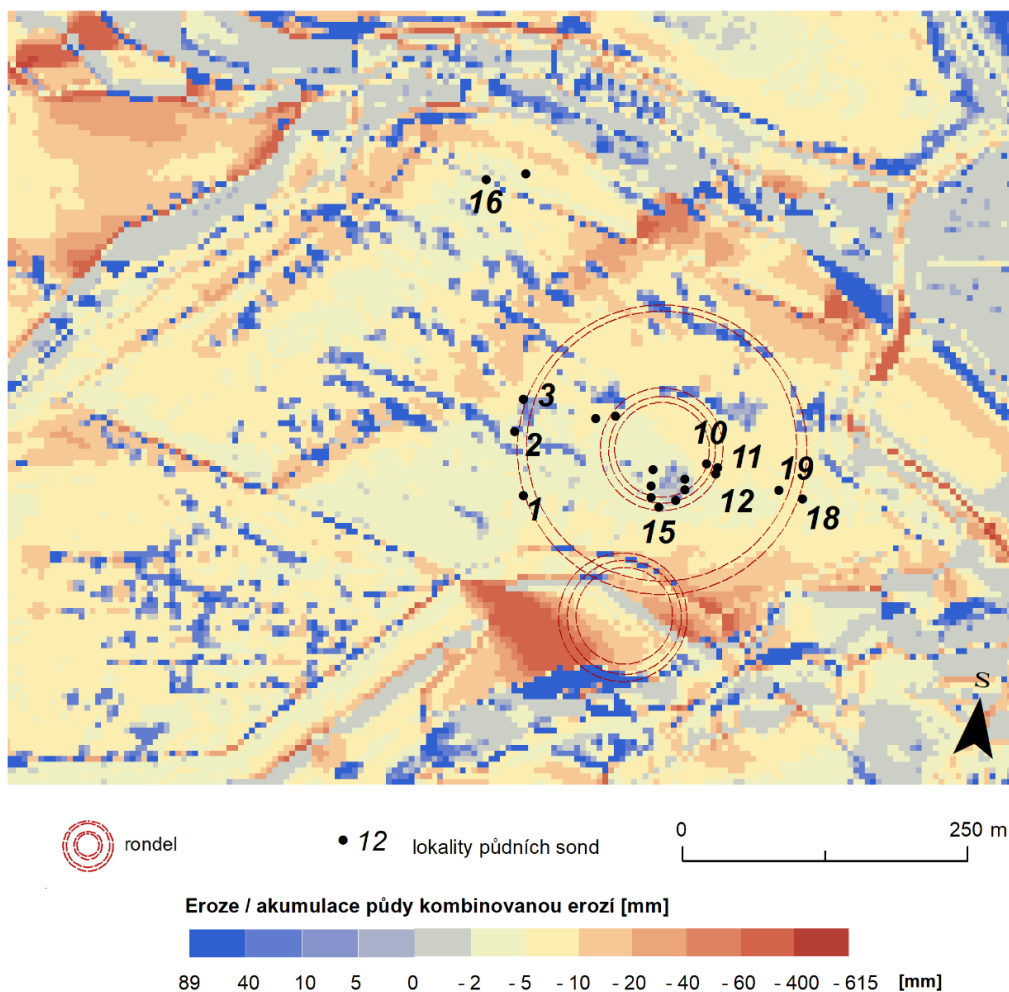
Program modeluje erozi orbou pouze na pozemcích orné půdy, z tohoto důvodu jsou oblasti mimo zemědělskou oblast označeny jako plochy s nulovou erozí. Vidíme, že model pro erozi orbou vykazuje mnohem menší celkovou intenzitu eroze, než model pro vodní erozi (viz obrázek 26). V prudkém svahu údolí řeky Vrchlice, kde model vodní eroze modeloval vysokou intenzitu eroze, model eroze orbou modeluje naopak mírnou akumulaci materiálu. Co je podobné v obou modelech je nesourodý trend v poli, kde se nachází větší rondel; střídání pásů eroze a akumulace půdních částic ve vrstevnicovém směru. Tento trend však u modelu eroze orbou můžeme vysvětlit obrácením půdy radlicí. Tato mozaika by tudíž nejspíše odpovídala reálnému procesu eroze orbou a model tak může napomáhat zobrazit průběh eroze. Je však nutné říci, že pro účely této práce představuje náhodnost mozaiky střídající se eroze a akumulace komplikaci, neboť není možné přesně určit pohyb mechanizace po poli, a tudíž přesně určit místa, kde se půda eroduje a kde akumuluje.



Obrázek 26: Intenzita eroze orbou v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

6.1.3 Kombinace modelů vodní eroze a eroze orbou

Reálně v lokalitě působí kombinace vodní eroze a eroze orbou, a tudíž byl vytvořen výstup, ve kterém byly sečteny výstupy modelu pro oba typy eroze.



Obrázek 27: Intenzita kombinované eroze v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm. Zdroj: Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002

Výstup kombinace obou modelů, který byl vypočítán sečtením modelů, se vizuálně málo liší od výstupu modelu vodní eroze (viz obrázek 27). Rozdíly jsou patrné v tabulce 6, kde jsou porovnány průměrné hodnoty intenzity eroze orbou, vodní eroze a kombinovaného výstupu, ukazující průměrnou hodnotu v bufferu 2 metrů okolo sondovaných bodů. K erozi dochází dle obou modelů v lokalitě č. 1, 10, 18 a 19. Shoda obou modelů ohledně akumulace půdy nastává u lokalit č. 2 a 3. Modely se naopak neshodly u 4 lokalit: na lokalitách č. 11 a 12 model vodní eroze vypočítal erozi, model eroze orbou však nemodeluje ani erozi ani akumulaci a mocnost půdy ponechává beze změny. Na lokalitách 15 a 16 vykazují oba modely opačné výsledky: model vodní eroze vypočítal na lokalitě č. 15 akumulaci (3 mm/rok), zatímco model eroze orbou mírnou erozi (-0,5 mm/rok).

Opačná situace nastává na lokalitě 16, kde model vodní eroze vykazuje erozi o ztrátě 5 mm/rok, model eroze orbou zde naopak ukazuje akumulaci půdy 5 mm/rok. Při kombinaci obou modelů vidíme v tabulce 6, že výsledná eroze v oblasti je tak nulová.

Lokalita	Vodní eroze			Eroze orbou			Kombinace modelů		
	průměr	min	max	průměr	min	max	průměr	min	max
1	-3,5	-3	-4	-0,5	0	-1	-4	-3	-5
2	6,5	-4	17	0,5	0	1	7	-4	18
3	6	-5	17	0	0	0	6	-5	17
10	-6	-6	-6	-1	-1	-1	-7	-7	-7
11	-6	-6	-6	0	0	0	-6	-6	-6
12	-5	-5	-5	0	0	0	-5	-5	-5
15	3	-1	7	-0,5	-1	0	2,5	-2	7
16	-5	-5	-5	5	5	5	0	0	0
18	-5	-4	-6	-1,5	-1	-2	-4,5	-4	-5
19	-4	-4	-4	-1,5	-1	-2	-5,5	-5	-6

Tabulka 6: Porovnání výstupů erozních modelů pro vodní erozi, erozi orbou a jejich kombinaci. Hodnoty představují průměrnou, minimální a maximální roční erozi/akumulaci půdních částic v bufferu 2 metrů okolo zájmových lokalit vyjádřenou změnou výšky půdy v mm

6.2 Půdní sondy

Celkem bylo provedeno 46 půdních sond na 13 lokalitách pohřbených objektů. Z výsledné analýzy byly vynechány lokality, kde byl archeologický objekt překopán či nedošlo k jeho nalezení. Dále byly vynechány ty lokality, kde nebyla známa informace o maximální hloubce objektu při původním archeologickém výzkumu. V tabulce 7 se nachází přehled lokalit s informací, v jakém roce byla daná lokalita archeologicky zkoumána, o jaký objekt se jedná, zda byla na lokalitě nalezena výplň objektu pomocí půdní sondy a zda byl k dispozici informace o maximální hloubce objektu z doby archeologického zkoumání.

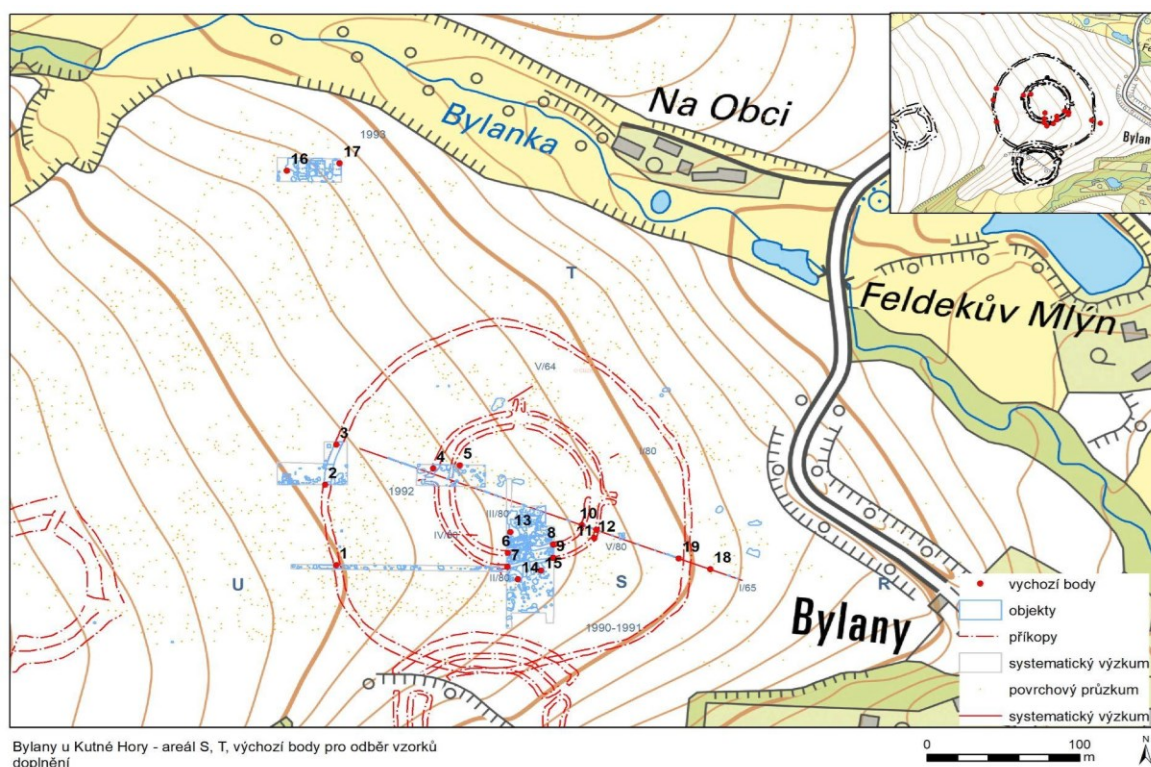
Lokalita	Typ objektu	Rok archeol. průzkumu	Nález výplně	Překopáno	Známa max. hloubka objektu
1	ohrazení	1990 - 1991	X	0	X
2	ohrazení	1992	X	0	X
3	ohrazení	1992	0	0	X
4	ohrazení	1992	X	X	0
5	příkop	1965	X	0	0
10	příkop	1965	X	0	X
11	příkop	1965	X	0	X
12	příkop	1980	X	0	X
15	soujámí	1990 - 1991	X	0	X
16	jáma	1993	X	0	X
17	jáma	1993	X	X	X
18	jáma	1965	0	0	X
19	jáma	1965	0	0	X

Tabulka 7: Shrnutí výsledků za jednotlivé lokality. V tabulce zaznamenáno, zda byla na lokalitě nalezena archeologická výplň, zda byla lokalita narušena při výkopu a zda byla k dispozici informace o maximální hloubce objektu. Vysvětlivky: X = ANO, 0 = NE

Podrobné popisy některých lokalit, které nebyly zahrnuty do výsledné analýzy, a tudíž nebyly dopodrobna rozebrány v této kapitole (jedná se o lokality 3, 4, 5, 17, 19), se nachází v kapitole Přílohy. Lokality č. 4 a č. 5 nebyly zahrnuty do analýzy, neboť při archeologickém průzkumu nebyla určena mocnost ornice a není tudíž možné porovnat výsledky půdního průzkumu, tzn.

porovnat původní a aktuální maximální hloubku objektu. Na lokalitě č. 4 bylo zároveň na všech třech půdních sondách, které byly v lokalitě provedeny, patrné, že byl archeologický objekt narušen při výzkumu, což se ukazovalo například v promísení výplně s okolním materiálem. U lokality č. 17 byla uvedena maximální hloubka objektu a byla zde na čtyřech půdních sondách nalezena výplň. Výplň objektu však byla překopána, což bylo patrné díky přerušení výplně světlejší půdou či směsí výplně a okolního světlejšího materiálu (světlejší barva je dána nižším obsahem organické hmoty, naopak způsobující tmavé zbarvení výplně). Lokalita tak nemohla být zahrnuta do výsledné analýzy, neboť uložení archeologického objektu neodpovídá přirozenému vývoji, nýbrž bylo přímo ovlivněno při archeologickém výzkumu.

U lokalit č. 3, 18 a 19 nebyla výplň nalezena, a tudíž nastal opačný problém; původní hloubka objektu nemohla být porovnána s aktuální hloubkou. Lokalita č. 18 však nebyla vyřazena z analýzy, neboť ukazovala důležitý fenomén v lokalitě (celkové zničení objektu kombinací hluboké orby a půdní eroze). Jako vhodné pro další analýzy se ukázaly lokality č. 1, 2, 10, 11, 12, 15, a 16. Na těchto lokalitách byl k dispozici údaj o původní hloubce objektu a zároveň zde byly pomocí půdních sond nalezeny nenarušené archeologické objekty ve formě výplně. Vhodné lokality byly dále konfrontovány s výsledky erozního modelování.



Obrázek 28: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě. Zdroj Mgr. Markéta Končelová, Ph.D.

Lokalita č. 1

Lokalita č. 1 se nachází v západní části vnějšího rondelu (tzv. ohrazení), v mírném svahu (2,4°). Průměrný sklon v bufferu 5 m okolo lokality je 2,3°. Archeologický výzkum zde probíhal v letech 1990 (Končelová et al., 2019). Archeologická sonda byla vedena kolmo na severní směr a měřila necelých 150 metrů. Lokalita č. 1 se nachází v západní třetině této archeologické sondy a na její severní hraně. Půdní sonda byla tudíž odebrána 2 metry severně od zjištěného GPS bodu č. 1 v linii objektu tak, aby bylo zajištěno, že půdní sonda nebude ovlivněna archeologickým výzkumem.

Na lokalitě byla provedena jedna půdní sonda, která odhalila mocnost ornice 41 cm, na kterou navazuje horizont eluviálního charakteru. V archeologické dokumentaci je zaznamenán v této hloubce výrazně vysvětlený horizont, který je označen jako tzv. splach. Na E horizont navazuje v hloubce 53 cm výplň rondelu s charakteristickým velmi tmavým zbarvením (10YR 2/1), která je velmi hluboká; dle archeologického nákresu se maximální hloubka pohybuje okolo 175 cm. Celý objekt tak nebylo možné zmapovat půdní sondou. Přibližně v 83 cm se v půdní sondě nachází mazanice.

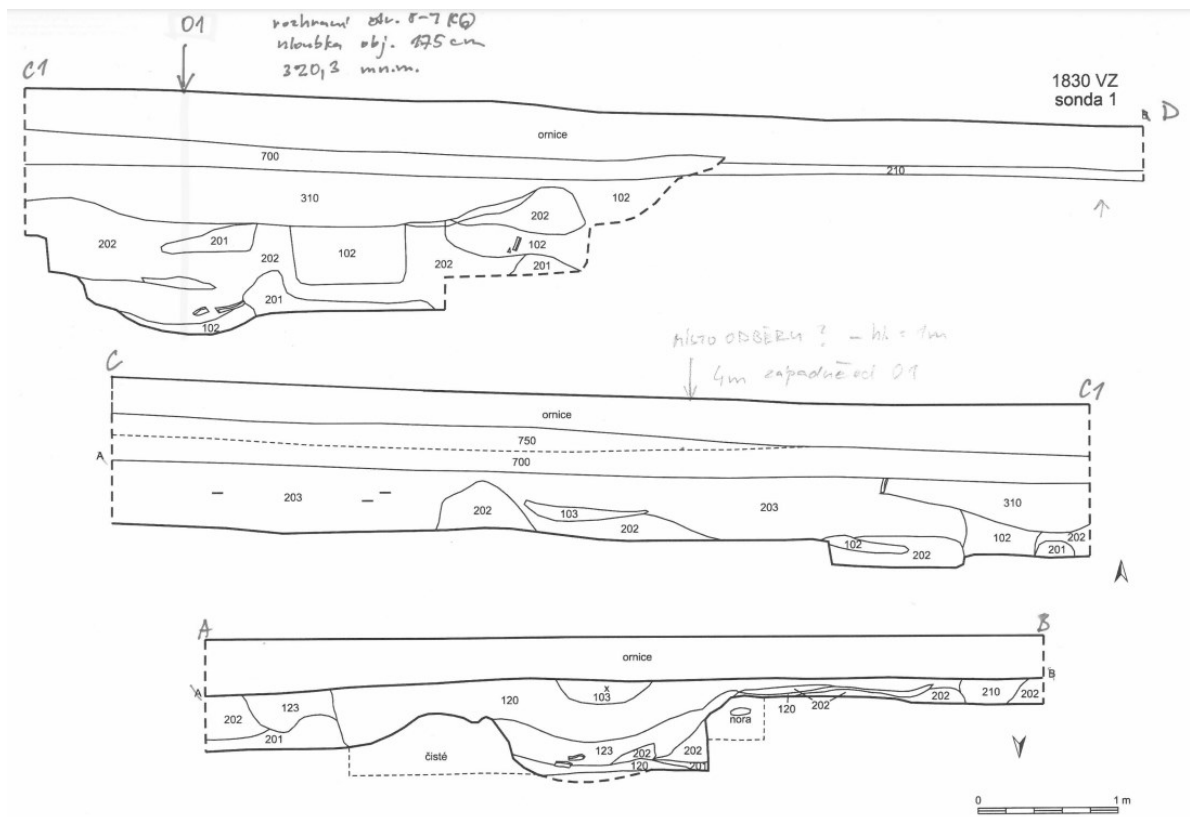
Dle archeologického nákresu se hloubka začátku archeologického objektu nalézá v 55 cm pod povrchem a objekt končí v hloubce 175 cm pod povrchem. V porovnání s výsledky půdní sondy tak můžeme mluvit o erozi půdy v území (cca 2 cm), neboť se zmenšila mocnost půdy nad archeologickým objektem. Průměrná eroze půdy za rok činí 0,64 mm. Výsledky erozních modelů podporují závěry půdních sond. Jak model eroze orbou, tak model vodní eroze v lokalitě ukazují erozi; model eroze orbou modeluje roční ztrátu mocnosti půdy 0,5 mm, model vodní eroze v lokalitě modeluje roční ztrátu 3,5 mm.

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámka
1	2 m S od b. 1	Ap I	0	33	hp	10YR 4/4	
		Ap II	33	41	hp	10YR 4,5/5	
		E	41	53	-	10YR 5/3	vznik po 4 500 BC
		výplň	53	97	h	10YR 2/1	mazanice v 83 cm
		výplň	97	100	h	10YR 4/6 + 3/4	

Tabulka 8: Lokalita č. 1: záznam půdní sondy



Obrázek 29: Lokalita č. 1: Půdní sonda



Obrázek 30: Lokalita č. 1: archeologický nákres

Lokalita č. 2

Lokalita č. 2 se nalézá cca 50 metrů severně od lokality č. 1 a představuje tentýž vnější rondel. Průměrná sklonitost v okolí objektu je 2,3°. Archeologický výzkum lokality proběhl v roce 1992 pomocí výkopových prací, kdy bylo odkryto území o rozloze cca 13 m² a zkoumán vnější kruh rondelu (Končelová et al., 2019). Lokalita č. 2 se nachází na jižním okraji odkryté plochy, a tudíž byly půdní sondy provedeny jižně od zaměřeného bodu 2. Pro kontrolu umístění byla také provedena půdní sonda západním směrem od bodu 2. Celkem byly provedeny tři půdní sondy. Jedná se velmi hluboký archeologický objekt (maximální hloubka objektu se pohybuje okolo 2 m) a tudíž se pozornost zaměřila pouze na mocnost půdy nad archeologickým objektem a nebylo hledáno dno objektu.

V lokalitě byly zhotoveny celkem tři půdní sondy, výplň objektu byla nalezena na všech sondách. U sondy 2_2 je patrné výrazné promíchání ornice a výplně s uhlíky, nejspíše zapříčiněné hlubokou orbou, neboť ve spodní části sondy již výplň probíhá bez narušení a není proto pravděpodobné, že by promíchání bylo zapříčiněno archeologickým výzkumem. Promísená výplň s B horizontem byla objevena také na sondě 2_3, zde však byla promísená v rámci celé sondýrky. Když jsou však výsledky konfrontovány s výsledky magnetometrického měření, ukazuje se, že i v tomto případě se mohlo jednat spíše o zasažení hlubokou orbou, než o narušení při archeologickém výzkumu. Původní měření z let 1992 a 1993 pomocí magnetometrie ukazuje silnější odraz archeologického objektu, než ukázalo měření z roku 2013, kde jsou signály slabší a rozmazanější. Odrazy zároveň naznačují rozvláčení materiálu směrem do středu rondelu. Z toho vyplývá, že objekt byl pravděpodobně narušen hlubokou orbou.

Nejllepší výsledek přinesla sonda 2_1, neboť zde byla výplň nepromísená s okolním materiálem, jak tomu bylo u sond 2_2 a 2_3 a sonda tak má velmi dobrou vypovídající hodnotu. Půdní sonda byla zhotovena 0,5 m západně od zaměřeného bodu 2. Dle sondy se aktuální hloubka začátku archeologického objektu nalézá ve 47 cm. Barva výplně objektu je charakteristicky velmi tmavá (obrázek 31). Maximální hloubka objektu nebyla zaznamenána, neboť výplň nekončila ani v 1 m hloubky. Dle archeologického nákresu maximální hloubka objektu dosahovala 246 cm. Dle archeologických poznámek se hloubka začátku archeologického objektu v roce 1992 pohybovala mezi 100 až 125 cm, dnešní hodnoty ověřené pomocí půdní sondy však ukazují hloubku objektu ve 47 cm. Porovnání těchto hodnot s původně naměřenými hodnotami by naznačovalo významnou erozi v lokalitě (ztráta až 78 cm). Průměrná eroze za rok by se pohybovala mezi 18,27 až 26,89 mm.

Model vodní eroze ukazuje v bufferu 2 metrů okolo lokality č. 2 velké rozdíly ve výsledcích; modeluje zde erozi (ztráta 4 mm) i akumulaci materiálu (navýšení o 17 mm). Průměrná hodnota v

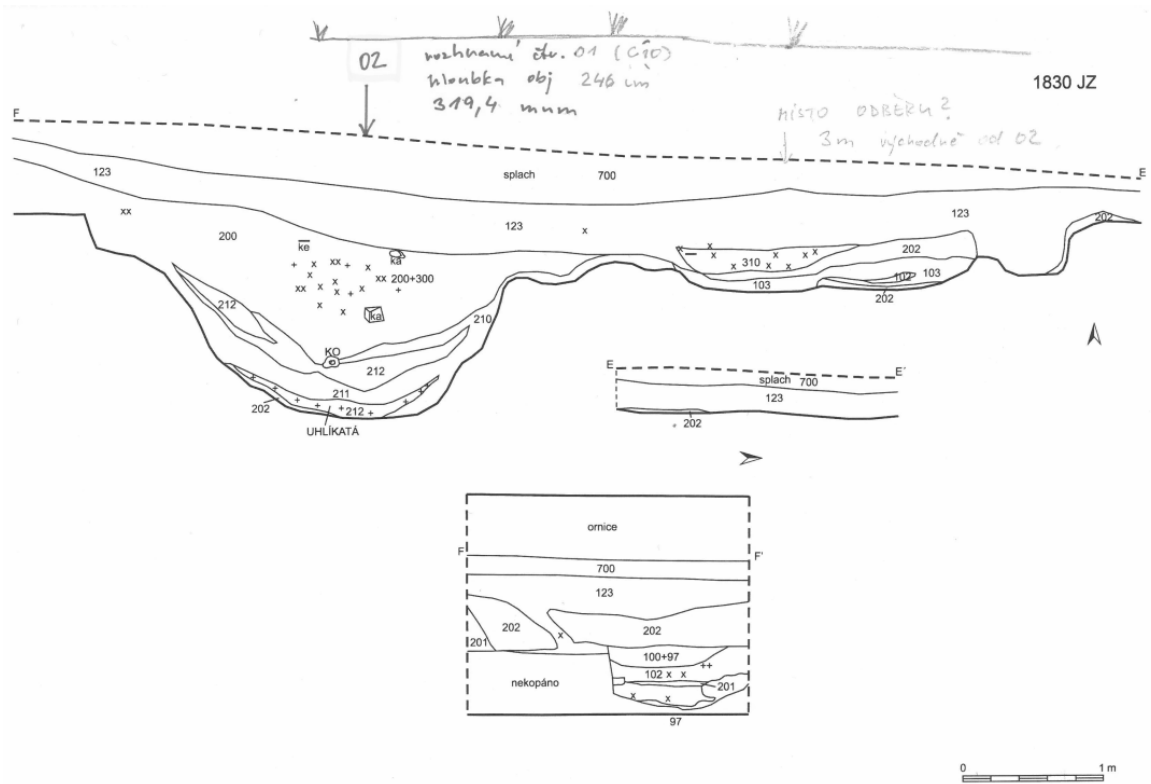
bufferu činí 6,5 mm akumulace materiálu. Výsledky modelu eroze orbou ukazují v bufferu velmi mírnou akumulaci (1 mm) či žádnou změnu ve výšce, rozhodující je tudíž role vodní eroze. Sondy č. 2 a 3 byly provedeny jižně od zaměřeného bodu, nachází se tak v oblasti, kde byla modelem ukázaná vodní eroze a výsledky sond tak souhlasí s výsledkem modelu. Sonda č. 1 byla provedena 0,5 m západně od zaměřeného bodu a není tak jisté, zda se nachází v oblasti vodní eroze či akumulace. Vzhledem k sondám č. 1 a 2 však můžeme tvrdit, že model vodní eroze podporuje výsledky terénního průzkumu. Model pro erozi orbou nepotvrdil významnou erozi, kterou dokládá terénní výzkum i model pro vodní erozi a ukazuje tak, že jeho výsledky jsou značně diskutabilní a o jejich trend není možné se v přesném určení ztráty mocnosti půdy opřít.

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
2_1	0,5 Z od bodu 2	Ap	0	40	hp - ph	10YR 4/4	
		Bt	40	47	h	10YR 5/4	
		výplň	47	100	h - jh	10YR 3/3	
2_2	1,5 J od bodu 2	Ap	0	33	h - p	10YR 4/4	
		směs výplň + Ap	33	62	p - h	10YR 4/6	uhlíky
		výplň	62	100	h	10YR 3/3	62 - 80 cm světlejší
2_3	3 m J od bodu 2	Ap	0	38	h - p	10YR 4/4	cicvár ve 20 cm
		Bt	38	70	-	10YR 6/4 - 5/4	promíchané
		výplň	70	100	-	10YR 3/4	promíchané, uhlíky v 70 cm

Tabulka 9: Lokalita č. 2: záznam půdních sond



Obrázek 31: Lokalita č. 2: Půdní sonda



Obrázek 32: Lokalita č. 2: archeologický náčrt



Obrázek 33: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě

Lokalita č. 10

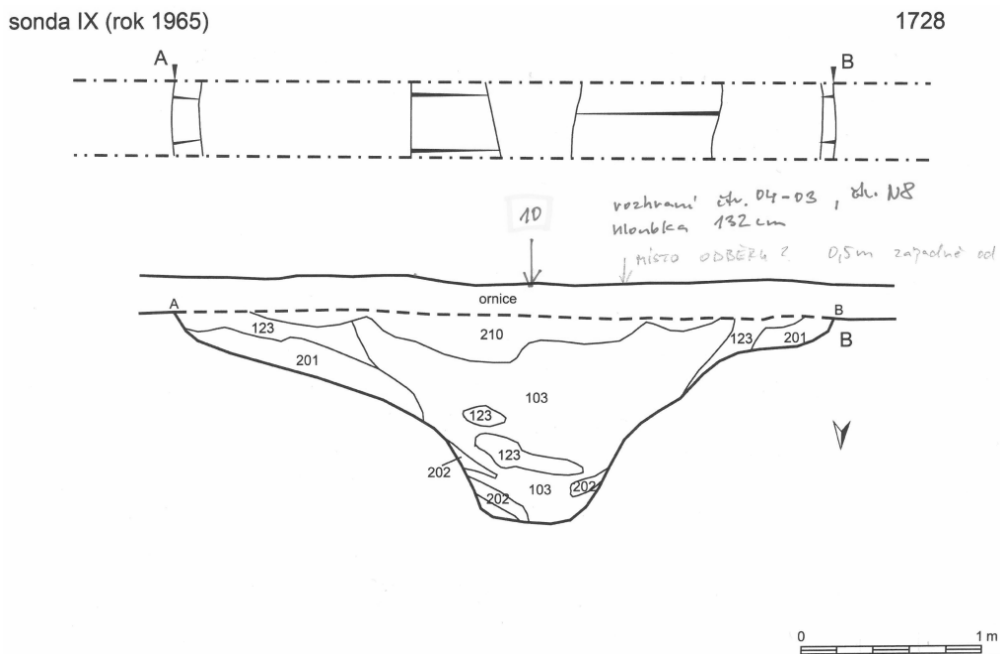
Lokalita č. 10 se nachází v mírném svahu o průměrném sklonu 3,8° v jihovýchodní části pole v blízkosti lokalit č. 11 a č. 12. Zkoumaný archeologický objekt je část vnitřního příkopu rondelu, který byl zkoumán dle archeologické dokumentace v roce 1965. V lokalitě byly provedeny tři půdní sondy, výplň objektu s uhlíky a mazanicí se podařilo nalézt na dvou sondách. V půdní sondě č. 10_1 výplň nebyla nalezena, byly však nalezeny kousky mazanice a větší akumulace uhlíků. Sonda č. 10_2 vykazovala určité promíchání výplně a Bt horizontu, mohlo tedy dojít v tomto místě k narušení při archeologickém výzkumu. Z tohoto důvodu byla provedena také třetí sonda č. 10_3, na které již výplň byla neporušená a zřetelně odlišitelná od Ap horizontu.

Dle archeologické dokumentace z roku 1965 se nejhlubší bod objektu nalézal v hloubce 1,33 metru. Kvůli hloubce nebylo možné tuto informaci pomocí půdní sondy ověřit, jisté však je, že sonda č. 3 nezachytila konec výplně objektu ani ve 100 cm hloubky. Změna nastala v hloubce uložení počátku archeologického objektu; hloubka v roce 1965 činila 19 cm, v roce 2021 však tato hloubka dosahovala 38 cm. Změna mocnosti půdy nad objektem může být vysvětlena dvěma způsoby: buď v lokalitě probíhá významná akumulace materiálu, či je archeologický objekt rozoráván. O jakou variantu se jedná by mohla rozhodnout zachycená maximální hloubka archeologického objektu, kterou se však nepodařilo změřit. Pokud by byla ornice obohacena o výplň, mohla by teoreticky vykazovat tmavší barvu než ornice sond 10_1 a 10_2. Dle záznamu z pedologického výzkumu tomu tak skutečně je; sondy 10_1 a 10_2 byly označeny dle Munsellovy barevné škály stupněm 10YR 3/4, zatímco Ap horizont sondy 10_3 je označen stupněm 10YR 3/3, který je nepatrně tmavší. Rozdíl je pouze malý, je však nutné brát v potaz mineralizaci organické hmoty, která v půdním profilu při orbě probíhá.

Další možností je porovnání s výsledky erozního modelování, které ukazují na erozi v lokalitě a podporují tudíž hypotézu o rozorání archeologického objektu. Model pro vodní erozi ukazuje průměrnou ztrátu 6 mm za rok (minimum: -6, maximum: -6) a model pro erozi orbou ukazuje průměrnou ztrátu 1 mm za rok (minimum: - 1, maximum: - 1). Při sečtení obou modelů je v lokalitě modelovaná ztráta 7 mm. Pokud by v lokalitě skutečně probíhala akumulace, rozpor s výsledky erozních modelů může být vysvětlen v posunutí mozaiky eroze orbou, kdy v modelu je předpokládaná eroze, v realitě ale došlo k nahrnutí materiálu na lokalitu radlicí. Další možná vysvětlení se týkají všech půdních sond obecně a jsou uvedeny v kapitole 6.3. Vzhledem k mělkému uložení archeologického objektu, je na místě obava z jeho narušení hlubokou orbou, která na studovaném poli zasahuje až do 40 cm.

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
10_1	0,5 m Z od b. 10	Ap	0	37	j - h	10YR 3/4	
		Bt	37	70	j - h	10YR 5/6	
		Bt/C	70	100	-	10YR 5/4	
		C	100	137	h - jh	7,5YR 5/6	příměs skeletu
10_2	50 cm V od b. 10	Ap	0	37	j - h	10YR 3/4	
		výplň	37	68	j - h	10YR 3/3 - 2/2	uhlíky, mazanice
		Bt 1	68	79	h - j	7,5YR 5/6	
		Bt 2	79	100	p - h	7,5YR 5/6	směs (mezi 80 - 85 cm)
10_3	0,5 m V od s. 2	Ap	0	38	j - h až h - j	10YR 3/3	
		výplň	38	100	j - h až h - j	10YR 2/2	uhlíky v 75 cm

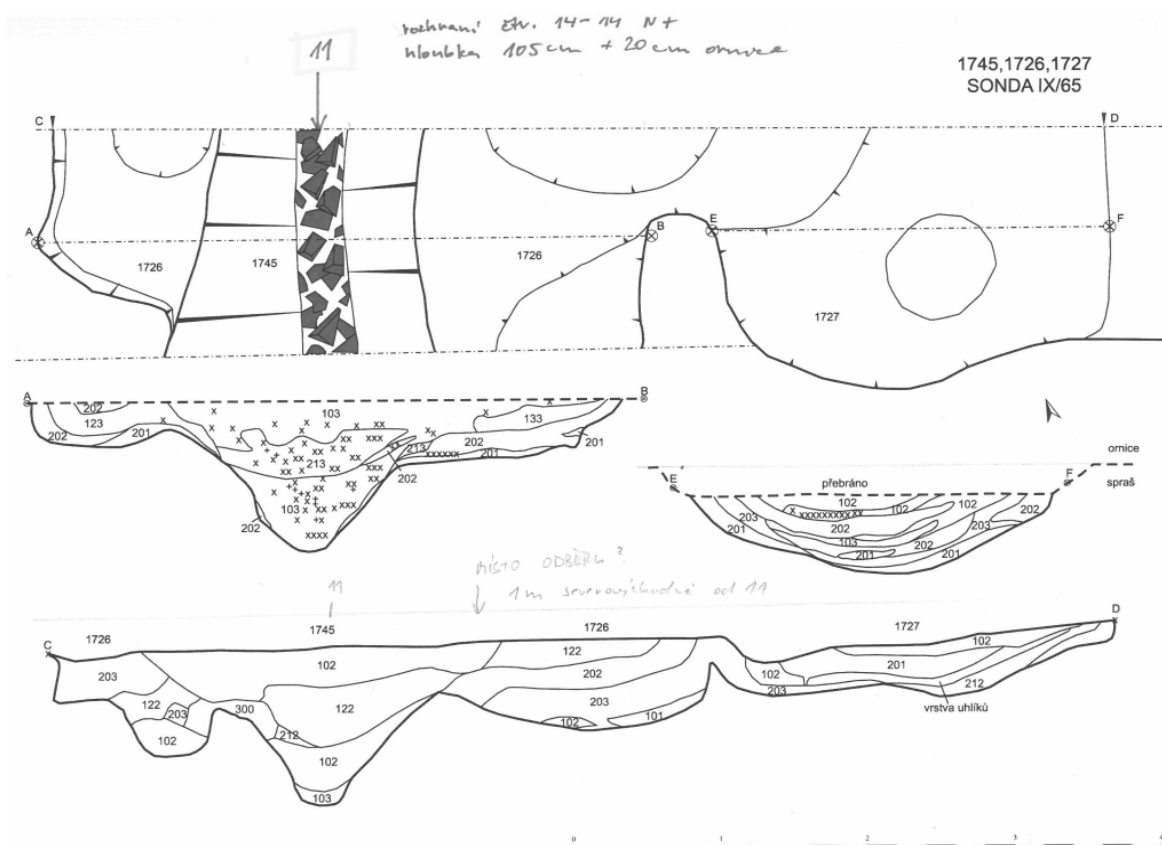
Tabulka 10: Lokalita č. 10: popis půdních sond



Obrázek 34: Lokalita č. 10: archeologický náčrt

Lokalita č. 11

Lokalita č. 11 se nachází v blízkosti lokality 10 v jihovýchodní části pole ve svahu o průměrném sklonu 3,8°. Jedná se o příkop vnějšího prstence rondelu, který byl zkoumán dle archeologické dokumentace v roce 1965. V lokalitě byly provedeny 3 půdní sondy. U sondy 11_2 a 11_3 bylo sondováno hlouběji než 1 m, aby byl zachycen celý průběh objektu. Na sondě 11_1 byla nalezena výplň objektu, byla však evidentně porušena při archeologickém výzkumu, což bylo patrné z jejího promíchání s okolním světlejším materiálem. Půdní sonda 11_2 vykazovala promíchání v hloubce 70 až 115 cm s matečným materiálem (spraší). Vzhledem k neporušené výplni ve hloubce 42 až 70 cm však usuzujeme, že promíchání se spraší vzniklo přirozeným procesem a sonda nebyla narušena archeologickým výzkumem, jak tomu bylo u sondy 11_1. Půdní sonda 11_3 poté odhalila neporušenou výplň ve hloubce 40 až 137 cm s bohatou příměsí mazanice, uhlíků a skeletu.



Obrázek 35: Lokalita č. 11: archeologický nákres

Dle archeologického nákresu byl archeologický objekt v roce 1965 uložen ve hloubce 20 cm pod povrchem a maximální hloubka objektu byla ve 125 cm. Dle sond 11_2 a 11_3 začíná objekt v hloubce 40 cm (sonda 11_3) až 42 cm (sonda 11_2). Maximální hloubka byla určena pouze u půdní sondy 11_3 (u sondy 11_2 byla spodní část promísená s matečnou horninou a nebylo možné maximální hloubku přesně určit) a dosahovala 137 cm. Mocnost archeologického objektu je menší,

než mocnost udaná na nákresu (původní mocnost činila 105 cm, aktuální mocnost se pohybuje okolo 97 cm). Sonda 11_3 však nebyla odebrána přímo v bodě 11, nýbrž 1 m východně-jihovýchodně od bodu 11, tudíž rozdíl v mocnosti objektu mohl být zapříčiněn tím, že byla sondována jiná část objektu, která měla nepatrně jiný tvar. Při porovnání stavu maximální hloubky z roku 1965 a z roku 2021 vidíme, že v lokalitě dochází k akumulaci materiálu (12 cm). Průměrná akumulace za rok činí v lokalitě 2,14 mm. Změna mocnosti objektu může znamenat narušení horní části výplně objektu hlubokou orbou. Při konfrontaci s erozním modelem pro vodní erozi však narážíme na neshodu - dle modelu by v lokalitě měla probíhat eroze s průměrným úbytkem výšky 6 mm. Model pro erozi orbou v lokalitě nemodeluje změnu ve výšce půdy. Model si tak odporuje s výsledky terénního průzkumu, což je možné vysvětlit tím že materiál byl shrnut na objekt mechanicky radlicí.

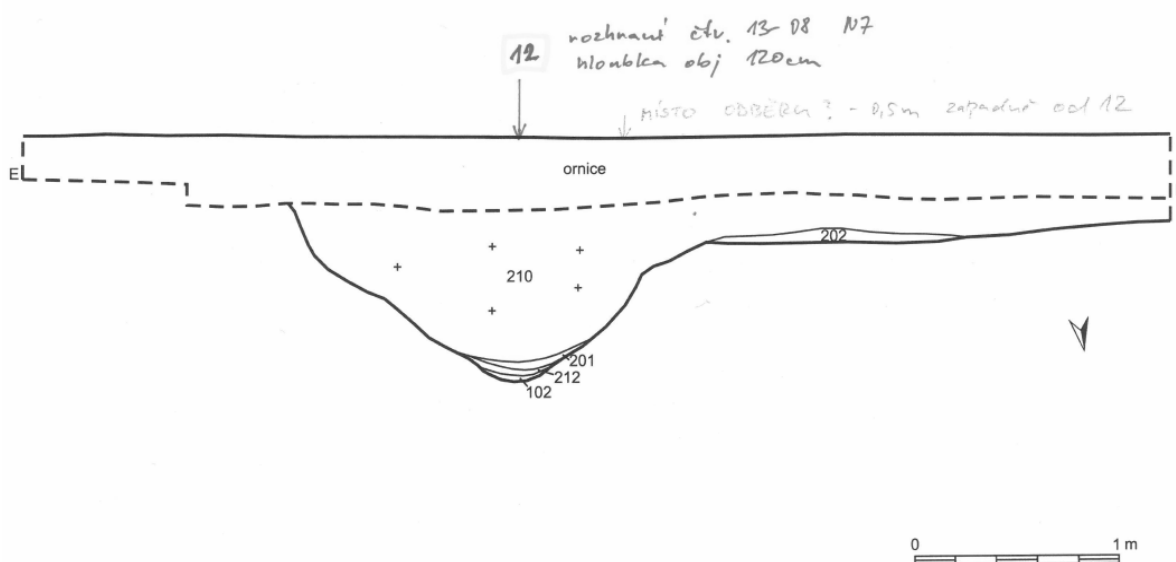
Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
11_1	v bodu 11	Ap	0	39	j - h	10YR 3/3	
porušené při archeol. výzkumu		výplň	39	63	j - h	10YR 2/2	uhlíky, mazanice
		směs	63	72	j - h	10YR 4/6 - 3/6	směs výplně a Bt
		Bt	72	82	j - h	10YR 6/6	
		C	82	100	hp - ph	10YR 6/6	spraš
11_2	50 cm JV od b. 11	Ap	0	42	-	-	10YR 3/3
neporušené		výplň	42	70	-	-	10YR 2/1
		směs	70	115	-	-	směs výplně a spraše
		C	115	120	-	-	spraš
11_3	1 m VVJ od bodu 11	Ap	0	40	jh - hj	10YR 3/4	
neporušené		výplň	40	137	-	10YR 2/2	uhlíky v 92 cm skelet mezi 44 a 50 cm mazanice v 81 a 97 cm
		C	137	-	-	-	vápenec

Tabulka 11: Lokalita č. 11: popis půdních sond

Lokalita č. 12

Lokalita č. 12 se nachází v těsné blízkosti lokality č. 11 v mírném svahu o průměrné hodnotě sklonu 3,6°. Jedná se o severněji položenou část vnějšího příkopu jako v případě lokality č. 11. Lokalita však byla zkoumána archeology později, v roce 1980 (Faltysová & Marek, 1983), kdy byla hloubka uložení objektu stanovena na 35 cm. Na lokalitě byly provedeny tři sondy, výplň objektu byla zdokumentována na všech. Pouze na jedné ze sond (sonda 12_2) byl náznak promíchání s okolním materiálem, a to v hloubce 67 až 100 cm. Toto promíchání bylo nejspíše zapříčiněné při archeologickém výzkumu a sonda tudíž nemá vypovídající hodnotu a byla vyloučena z dalších analýz. Sondy 12_1 a 12_3 nevykazovaly znaky promíchání. Výplň na těchto sondách končí v hloubce 105 až 120 cm. Na sondě 12_1 bylo v hloubce 105 až 120 cm zaznamenáno mírné promíchání s matečnou horninou, což ztížilo určení maximální hloubky výplně. Aktuální maximální hloubka objektu tak byla určena ze sondy 12_3, kde činila 105 cm.

1745 Sonda V/80



Obrázek 36: Lokalita č. 12: archeologický náčrt

Nejhlubší bod objektu se v roce 1980 nacházel v hloubce 120 cm. Při porovnání s aktuální hloubkou objektu (105 cm) je evidentní, že na lokalitě probíhá eroze materiálu se ztrátou až 15 cm za 41 let. Průměrná roční eroze tak činí ztrátu 3,65 mm. Celková mocnost objektu se z původních cca 84 cm (viz obrázek 36) snížila na 61 cm, což by naznačovalo ztrátu 23 cm mocnosti objektu. Vzhledem k navýšení mocnosti ornice o cca 9 cm je možné vysvětlit snížení mocnosti archeologického objektu narušením hlubokou orbou a částečným zničením objektu. Výsledky

terénního šetření souhlasí také se závěry erozního modelování. Model pro vodní erozi zde modeluje ztrátu půdy až 5 mm za rok, model pro erozi orbou zde nemodeluje žádnou změnu ve výšce půdy.

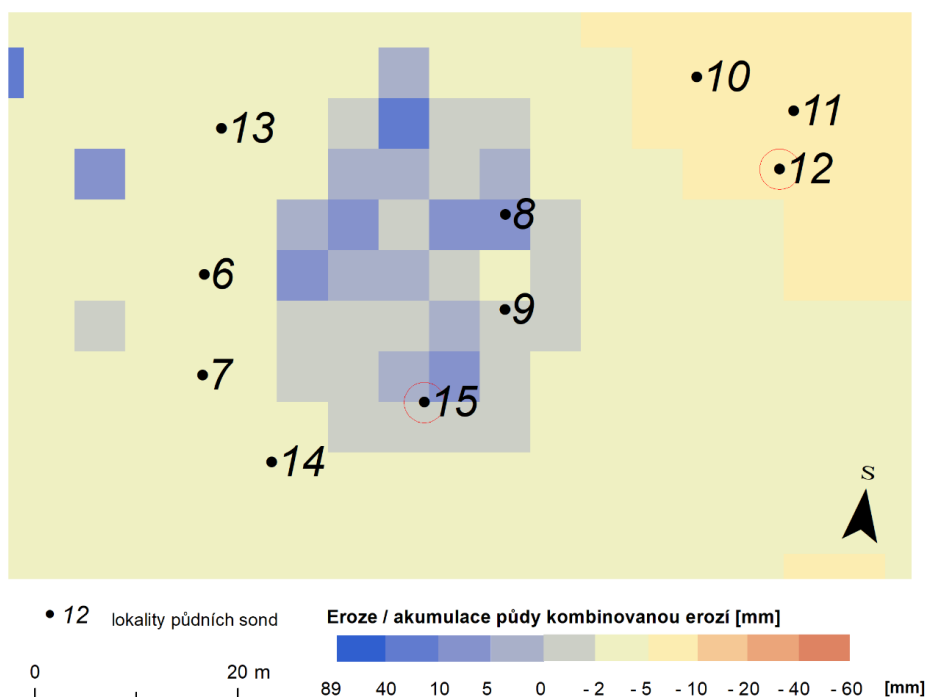
Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
12_1	v bodě 12	Ap	0	38	j - h	10YR 3/4	
		výplň	38	105	j-h až h-j	10YR 2/1	
		mix	105	120	-	-	
		C	120	132	p-h až h	7,5YR 5/6	příměs skeletu
12_2	0,5 m Z od b. 12	Ap	0	34	j - h	10YR 3/4	
		výplň	34	67	h - j	10YR 2/2	
		mix	67	100	-	10YR 3/3	mazanice
12_3	0,5 m Z od s. 2	Ap	0	44	j - h	10YR 3/4	
		výplň	44	105	j - h až h - j	10YR 2/2	
		C	105	117	h až j - h	7,5YR 4/6	zvětralina krystalinika

Tabulka 12: Lokalita č. 12: popis půdních sond

Lokalita č. 15

Na lokalitě č. 15 nebyl zkoumán příkop, nýbrž tzv. soujámí (systém více jam). Lokalita se nachází ve velmi mírném svahu o průměrném sklonu 1,3°. Archeologický výzkum proběhl dle dokumentace v roce 1990 až 1991. V lokalitě byly provedeny dvě půdní sondy, pouze jedna však odhalila výplň objektu. Na sondě 15_1 byly patrné pouze náznaky výplně v podobě tmavých míst a mazanice. Na sondě 15_2 začíná tmavá nepřerušovaná výplň ve 32 cm a končí v 88 cm, kde přechází v matečnou horninu, kterou představuje lehká spraš. V roce archeologického výzkumu byla maximální hloubka objektu v místě odběru sondy 15_2 (1 m jižně od bodu 15.) stanovena ve 140 cm hloubky (viz obrázek 41). Hloubka začátku objektu nebyla při archeologickém průzkumu stanovena. Aktuální maximální hloubka objektu v 88 cm poukazuje na významnou erozi materiálu o ztrátě až 52 cm půdy od roku 1991. Průměrná roční eroze by se tak pohybovala okolo 17,3 mm za rok.

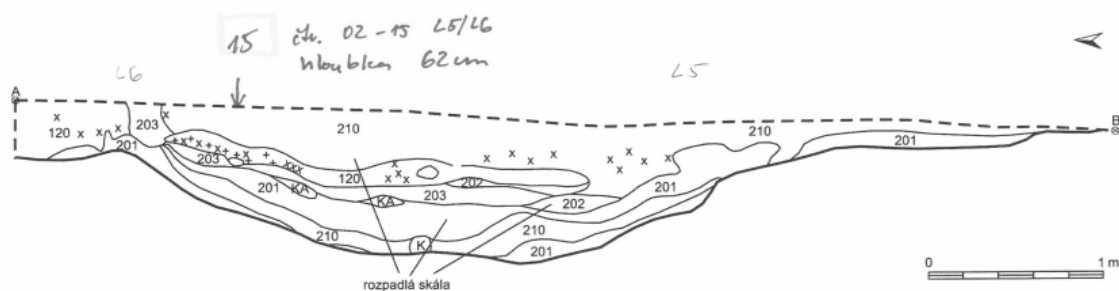
Výsledky erozního modelování jak pro vodní erozi, tak pro erozi orbou ukazují v bufferu 2 metrů okolo zaměřeného bodu jak erozi, tak akumulaci materiálu. Model pro vodní erozi ukazuje průměrnou hodnotu v bufferu 3 mm (minimum: -1, maximum: 7). Model pro erozi orbou ukazuje průměrnou hodnotu - 0,5 (minimum: -1, maximum: 0). Sečtením výstupů získáme průměrnou hodnotu 2,5 mm akumulace půdy (minimum: -2, maximum: 7). Přestože oba modely počítají i s erozí půdy v lokalitě, tato eroze je v porovnání s výsledkem terénního šetření výrazně podhodnocena.



Obrázek 37: Umístění lokality č. 15

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
15_1	v bodě 15	Ap	0	30	jh	7,5YR 2.5/3	
		A II	30	62	h	-	tmavá místa, mazanice
		B	62	80	h - jh	7,5YR 4/6	
		C	80	100	hp	-	lehká spraš
15_2	1 m J od b. 15	Ap	0	32	h	-	
		výplň	32	88	ph - h	-	tmavé skvrny
		C	88	100	hp	-	lehká spraš

Tabulka 13: Lokalita č. 15: popis půdních sond



Obrázek 38: Lokalita č. 15: archeologický nákres

Lokalita č. 16

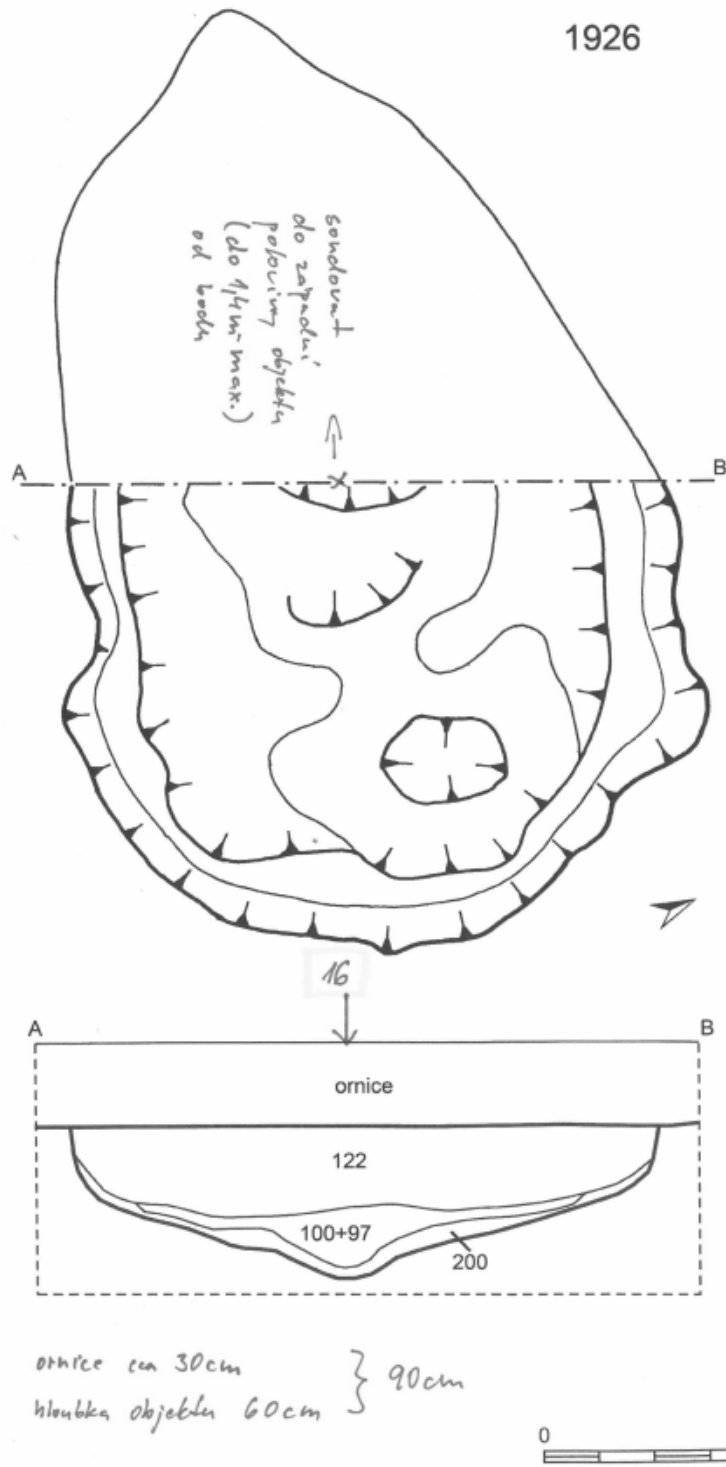
Lokalita č. 16 se nachází v severní části pole v mírném svahu o průměrném sklonu $2,7^\circ$ v blízkosti lokality č. 17. Jedná se o archeologický objekt, který je v nákresech popsán jako jáma. Archeologický průzkum zde probíhal dle dokumentace v roce 1993. V lokalitě bylo provedeno 5 půdních sond, z toho výplň se podařilo zmapovat pouze na jedné ze sond, na sondě 16_5. Na ostatních sondách byly znát pouze náznaky v podobě uhlíků či mazanice. Výplň na sondě 16_5 začínala v hloubce 34 cm a končila v hloubce 57 cm, měla tak mocnost 23 cm. Vzhledem k postupu při sondování můžeme předpokládat, že sonda 16_5 zachytila středovou část jámy. Objekt zde měl mocnost 23 cm, což je o 37 cm méně, než ukazuje stav z roku 1993. Maximální hloubka objektu se nachází v 57 cm, maximální hloubka v roce 1993 dosahovala 90 cm. Rozdíly hodnot tak ukazují na erozi půdy v lokalitě o ztrátě 33 cm a zároveň na částečné narušení výplně jámy hlubokou orbou. Průměrná eroze za rok činí v lokalitě 11,7 mm/rok.

Model vodní eroze v lokalitě ukazuje erozi půdy (průměrná hodnota: -5 mm/rok, minimum: -5 mm/rok, maximum: -5 mm/rok), model eroze orbou naopak akumulaci (průměrná hodnota: 5 mm/rok, minimum: 5 mm/rok, maximum: 5 mm/rok). Mapa kombinující oba modely ukazuje v lokalitě nulovou erozi. Eroze modelovaná modelem pro vodní erozi byla značně podhodnocená oproti aktuální roční ztrátě v lokalitě. Model pro erozi orbou ukazuje v lokalitě akumulaci materiálu, což nesouhlasí se závěrem modelu pro vodní erozi a ověřením na půdních sondách. Jak již však bylo řečeno dříve v textu, model pro erozi orbou se nehodí k určení přesné ztrátě půdy, nýbrž představuje obecnou ztrátu půdy v povodí.

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
16_1	v bodě 16	Ap	0	32	h	7,5YR 2,5/3	
		Bt	32	57	h - jh	7,5YR 4/6	
		Bc	57	80	ph	-	
		C	80	100	hp	-	spraš
16_2	50 cm SZ od b. 16	Ap	0	34	jh	7,5YR 2,5/3	
		Bt	34	76	hj	7,5YR 4/6	
		přechod Bt/C	76	86	ph	-	
		C	86	100	hp	-	spraš
16_3	50 cm SSV od b. 2	Ap I	0	38	h	7,5YR 2,5/3	
		Ap II	38	42	h	7,5YR 4/6	
		Bt	42	54	h - jh	-	
		Bt/C	54	78	ph - h	-	
		C	78	100	hp	-	spraš
16_4	50 cm JJZ od b. 2	Ap	0	30	jh - h	-	ostrý přechod do Bt
		Bt	30	70	-	-	uhlíky, mazanice
		Bt/C	70	78	ph	-	
		C	78	100	ph - hp	-	spraš
16_5	1,6 m JVV od b. 16	Ap	0	34	h - jh	7,5YR 2,5/3	
		výplň	34	57	h - jh	7,5YR 2,5/2	
		Bt/C	57	90	ph - h	7,5YR 5-6/8	přechod
		C	90	100	hp	-	spraš

Tabulka 14: Lokalita č. 16: popis půdních sond

1926



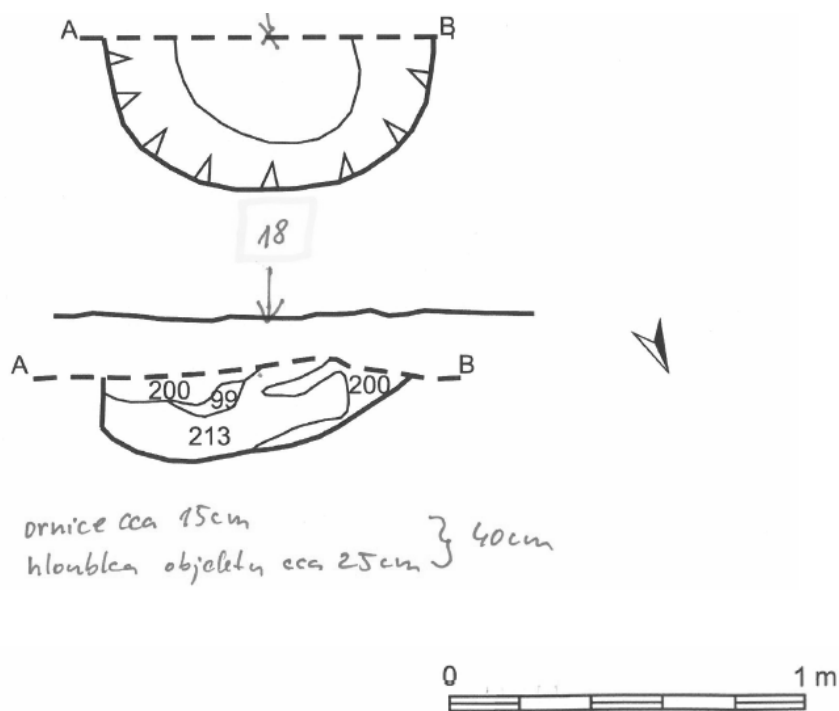
Obrázek 39: Lokalita č. 16: archeologický nákres

Lokalita 18

Lokalita č. 18 je nejvýchodněji studovanou lokalitou. Nejedná se o část ohrazení či příkopu rondelu, nýbrž o jámu, která byla studovaná dle archeologické dokumentace v roce 1965. Průměrný sklon v bufferu 5 m okolo lokality činí 3,9°. Nejhlubší bod objektu se dle archeologického nákresu nachází v hloubce 40 cm. Objekt nebyl nalezen pomocí půdní sondy. To mohlo být zapříčiněné dvěma důvody. Za prvé, objekt nebyl nalezen kvůli chybě zaměřovacího přístroje. Vzhledem k vysoké úspěšnosti zachycení objektu na předchozích lokalitách je však pravděpodobnější druhé vysvětlení: objekt byl kombinací půdní eroze a hluboké orby již zcela zničen. Na půdní sondě nebyly zachyceny ani uhlíky, mazanice či náznak výplně, která je již nejspíše zcela zmineralizovaná. Hypotézu o celkové destrukci objektu podporují také výsledky erozního modelování, které se v lokalitě shodují na probíhající erozi. Model pro vodní erozi v místě predikuje erozi o průměrné ztrátě 5 mm za rok a model eroze orbou erozi o průměrné ztrátě 1,5 mm za rok.

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
1	v bodě 18	Ap	0	39	h	-	
		Bt	39	68	jh - hj	-	
		Bt II	68	84	jh	-	

Tabulka 15: Lokalita č. 18: popis půdních sond



Obrázek 40: Lokalita č. 18: archeologický nákres

Lokalita	Sklon svahu	Původní hloubka objektu (min./max.)	Aktuální max. hloubka objektu	Ověření půdními sondami	Průměrná akumulace/eroze za rok	Model eroze orbou	Vodní eroze	Kombinace modelů
Lokalita č. 1	2,4°	55 cm (max.)	53 cm (max.)	eroze (2 cm)	0,64 mm	eroze (- 0,5 mm/rok)	eroze (3,5 mm/rok)	eroze (4 mm/rok)
Lokalita č. 2	2,3°	100 - 125 cm (min.)	47 cm (min.)	eroze (53 - 78 cm)	18,3 - 26,9 mm	akum. (0,5 mm/rok)	akum. (6,5 mm/rok)	akum. (7 mm/rok)
Lokalita č. 10	4°	19 cm (min.)	38 cm (min.)	akum. (19 cm)	?	eroze (1 mm)	eroze (6 mm)	eroze (7 mm)
Lokalita č. 11	3,5°	125 cm (max.)	137 cm (max.)	akum. (12 cm)	2,14 mm/rok	beze změny (0 mm)	eroze (6 mm)	eroze (6 mm)
Lokalita č. 12	3,7°	120 cm (max.)	105 cm (max.)	eroze (15 cm)	3,65 mm/rok	beze změny (0 mm)	eroze (5 mm)	eroze (5 mm)
Lokalita č. 15	1,3°	140 cm (max.)	88 cm (max.)	eroze (52 cm)	17,3 mm/rok	eroze (0,5 mm)	akum. (3 mm)	akum. (2,5 mm)
Lokalita č. 16	2,7°	90 cm (max.)	57 cm (max.)	eroze (33 cm)	11,7 mm/rok	akum. (5 mm)	eroze (5 mm)	beze změny (0 mm)
Lokalita č. 18	3,9°	40 cm (max.)	-	-	-	eroze (1,5 mm)	eroze (5 mm)	eroze (4,5 mm)

Tabulka 16: Shrnutí výsledků

7 Diskuze

7.1 Intenzita eroze na archeologických památkách

Na zájmové lokalitě byla pomocí půdních sond ověřena ztráta půdy zapříčiněná půdní erozí, jejíž průměrná roční hodnota se na studovaných lokalitách pohybovala mezi 0,64 až 26,9 mm. Celková ztráta půdy se pohybovala mezi 2 a 78 cm. Tyto výsledky by byly podpořeny zjištěním kolektivu Pavlů & Rulf & Zápotocká (1995, in Řídký, 2008), kteří v bylanské lokalitě naměřili průměrný úbytek ornice 50 cm. Není ovšem jasné, jaká oblast naleziště byla zahrnuta při výzkumu kolektivu Pavlů & Rulf & Zápotocká (1995, in Řídký, 2008). Není také jisté, za jaké časové období byl úbytek sledován.

Ohrožení archeologických lokalit půdní erozí se věnovaly také ostatní vědecké práce, jejichž závěry se podobají výsledkům této práce, či se od nich liší. Důležité je však dodat, že intenzita půdní eroze závisí na místních geografických poměrech (geomorfologie terénu, charakter srážkových úhrnů, typ krajinného pokryvu) a způsobu zemědělského obdělávání a rozdíly mezi jednotlivými závěry jsou logické.

Huisman et al. (2019) zjistil pomocí kombinace metod (více v kapitole 3.4) průměrnou roční ztrátu půdy pohybující se od 2 do 6 mm na nizozemských neolitických památkách. Maximální sklon na lokalitách se pohyboval okolo 4,5° (Huisman et al., 2019). Hodnota R faktoru se v této lokalitě pohybuje mezi 41 až 49 MJ/ha*cm/h (Joint Research Centre), což je méně, než hodnota R faktoru použitá v této práci. K podobným hodnotám jako Huisman et al. (2019) dochází také Crummy & Smith (1977), kteří zjišťovali intenzitu půdní eroze na archeologickém nalezišti římského paláce z doby železné Gosbecks v anglickém Essexu. Lokalita se nachází na zemědělské ploše a je tudíž ohrožena orbou, jak je tomu v případě bylanské lokality. Na základě porovnání výsledků z let 1948 a 1977 byla zjištěna ztráta půdy 15 až 20 cm. Průměrná roční ztráta se tak pohybovala mezi 5 a 6,6 mm půdy za rok (Crummy & Smith, 1977). Hodnota R faktoru je v této lokalitě menší jak 34 MJ/ha*cm/h (Joint Research Centre), což je výrazně nižší hodnota, než byla použita pro bylanskou lokalitu. Výsledky této diplomové práce se do jisté míry shodují se závěry Daima & Neubauera (2005, in Řídký, 2008), kteří na nalezišti Glaubendorf zjistili průměrnou ztrátu půdy pohybující se v rozmezí 10 - 20 mm za rok. Podobná míra eroze byla zjištěna také na lokalitě The Whispering Knights, kde byla zaznamenána průměrná ztráta půdy 15 mm za rok (Rollright Trust, 2002). Hodnota R faktoru je v této lokalitě menší jak 34 MJ/ha*cm/h (Joint Research Centre).

K podobným hodnotám průměrné ztráty půdy za rok jako je tomu v případě bylanské lokality dochází závěry výzkumu Neubauera et al. (1999), který na nalezišti Glaubendorf II konstatuje průměrnou roční ztrátu půdy 33,3 mm. Výzkum Neubauera et al. (1999) dokládá také to, že

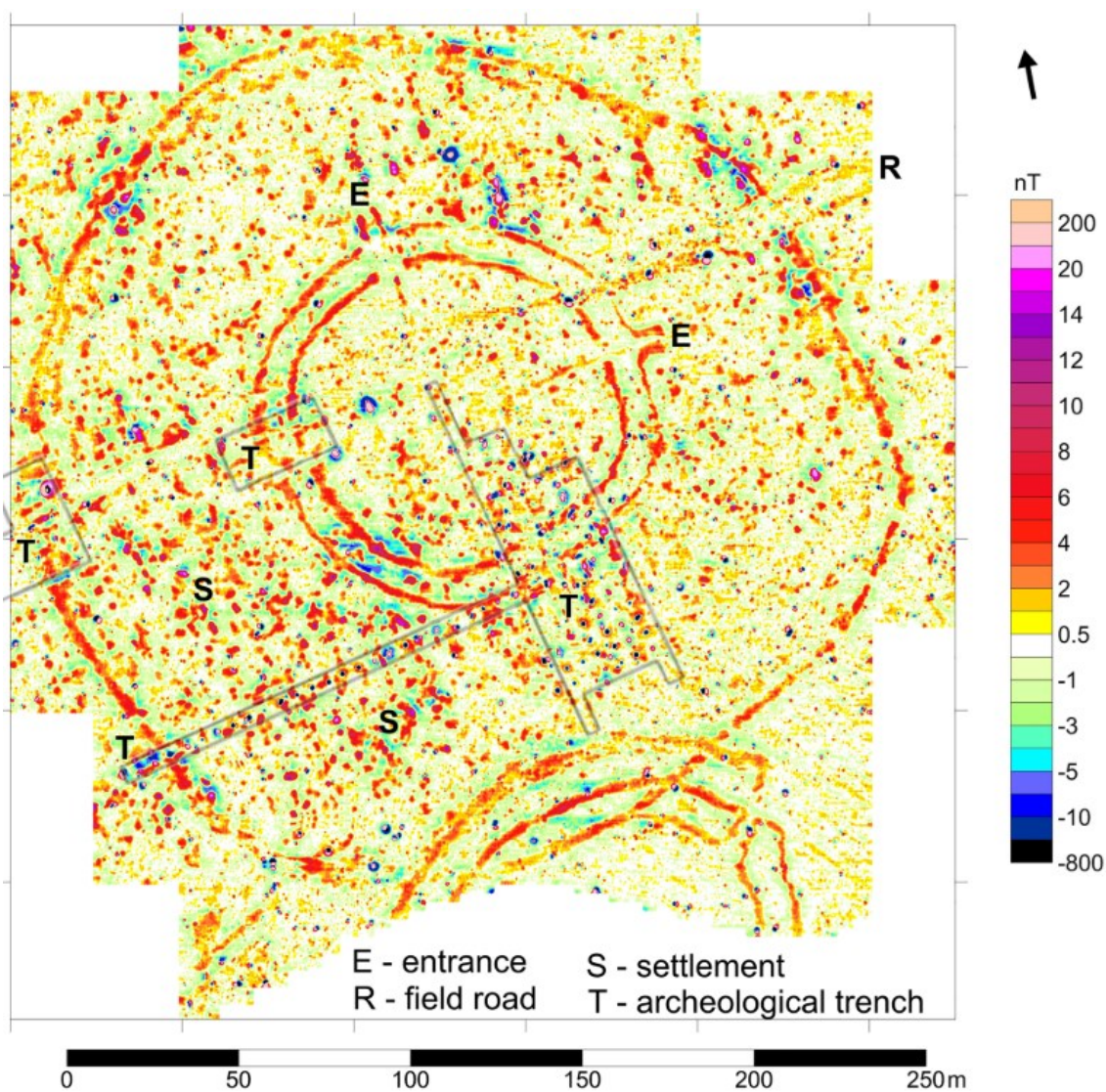
archeologické památky, které se nachází na černozemích na spraších, jsou erodovány velice rychle. Také rondely v Bylanech jsou umístěny na sprašovém základu, což by mohlo vysvětlovat vysokou míru půdní eroze. Hodnota R faktoru se v lokalitě Glaubendorf pohybuje mezi 49 a 61 MJ/ha*cm/h (Joint Research Centre), což je hodnota velice podobná té, která byla použita pro bylanskou lokalitu.

Pro srovnání výsledků jednotlivých prací jsou výsledky uvedeny jako hodnoty průměrné roční eroze na lokalitě. Tato hodnota se však mohla v rámci let vyvíjet, například díky změně krajinného pokryvu. Velikost a uspořádání pozemků má významný vliv na intenzitu eroze a jejich scelování mělo negativní dopad na výslednou ztrátu půdy. V případě bylanské lokality je vývoj krajinného pokryvu zaznamenán na samotném rondelu, kdy je na vnějším kruhu rondelu ve východní části poškozen kvůli bývalé cestě, která zde vedla v 50. letech 20. století (viz obrázek 41).



Obrázek 41: Zájmová oblast zachycena na ortofotu z 50. let a na dnešním ortofotu. Zdroj: ČÚZK

Na erozi na bylanské lokalitě ukazuje také změna v magnetometrickém záznamu, kterou dokumentuje Křivánek (2019). Důvodů pro slábnoucí odraz magnetometru může být vícero. V následujících řádcích jsou rozebrány možné příčiny, které jsou relevantní pro tuto práci. V prvním případě by slabý odraz mohla zapříčinit nedostatečná odlišnost materiálu archeologické výplně od okolního materiálu (např. půdy). V případě lokality bylanských rondelů by tato hypotéza dávala smysl pouze v případě narušení rondelů vnějším činitelem (v našem případě orbou či archeologickým terénním výzkumem), došlo by k promíchání s okolní půdou a mineralizaci a tím pádem by výplň ztratila specifické vlastnosti, které ji odlišují na magnetometrickém záznamu. Výkopové práce však neprobíhaly v celém prostoru rondelu, pouze ve vybraných částech (viz obrázek 41). V místech v severozápadním vnějším kruhu rondelu výkopové práce neprobíhaly, a tudíž slabší signál nelze vysvětlit narušením při archeologickém průzkumu.



Obrázek 42: Geofyzikální měření rondelu v roce 2013. Na mapě jsou naznačeny oblasti archeologického výzkumu, kde byl rondel narušen výkopovými pracemi. Zdroj: Křivánek, 2019

Druhým možným důvodem slabšího signálu je změna mocnosti, typu a homogenity půdního horizontu či charakteru půdních procesů v lokalitě. Změna mocnosti půdy by mohla být zapříčiněna půdní erozí. Změna homogenity půdního horizontu by opět mohla být vysvětlena hlubokou orbou v lokalitě, která narušuje půdní strukturu a homogenitu. Nepředpokládáme takový charakter přirozených půdních procesů v lokalitě, který by za pár desítek let, které dělí jednotlivé geofyzikální měření, přetvořil a výrazně změnil půdní profil, kvůli čemuž by tak byl změněn i odraz magnetometru. Procesem, který by však mohl razantně ovlivnit vývoj půdy v lokalitě je mineralizace organické hmoty, ke které může docházet uměle kvůli provzdušnění orbou a nevhodnému hospodářství v lokalitě (Pavlů, 2018). V takovém případě by mohl být signál magnetometru slabší.

Změna mocnosti půdy by vysvětlovala i situaci menšího rondelu, který se nachází na menším poli v jižní části. Zde dle erozního modelu probíhají silné erozní procesy a ztráta signálu tak může být vysvětlena nižší mocností či přímo narušením archeologického objektu z důvodu probíhající vodní eroze. Kuna et al. (2004) v tomto smyslu zmiňuje i situaci, kdy jsou černozemě nasycené vodou, což má za následek nesnadné odlišení vrstvy půdy a archeologického objektu. Vzhledem k případu bylanské lokality, kdy signál spíše mizí, než že by se ztrácel v dalších odrazech, se toto vysvětlení nezdá být relevantní. Přímé narušení archeologického objektu je další důvod možné změny síly odrazu. Pakliže by byla zmenšena celková mocnost objektu, signál magnetometru by byl zákonitě slabší. Mezi další možné příčiny změny signálu patří obsah feromagnetických minerálů, změna chemického složení, změna tvaru a rozměru krystalů a zrn a obsah organických složek v hornině či v půdě (Kuna et al., 2004).

Kuna et al. (2004) uvádí jako možnou příčinu také nevhodný tvar archeologického objektu a jeho orientaci, nevhodný reliéf a přítomnost mladších objektů ve smyslu novodobých úprav terénu. V případě Bylan tyto faktory mezi jednotlivým měřením zůstaly neměnné a nedošlo ani k novodobým úpravám terénu lokality, a tudíž tyto hypotézy nebyly dále rozváděny. Možné komplikace by mohla způsobit změna krajinného pokryvu, zvláště pokud by vegetace zabraňovala v přístupu měřicí aparatury k povrchu. Tato situace však na zájmové lokalitě nenastala, neboť se jedná o historicky využívanou ornou půdu.

7.3 Problematika určování změny výšky ornice

V průběhu práce se vyskytlo několik skutečností, které mohou mít významný vliv a zkreslovat výsledky. Samotný archeologický výzkum zasáhl a částečně narušil neolitický rondel, tudíž bylo potřeba na místech zasažených výzkumem neprovádět půdní sondy. Vyhnutí se zasaženým místům mělo zajistit přesné zaměření bodů pomocí GPS souřadnic přístrojem GPS Trimble® GeoXTTM který má přesnost

pod 1 m. Bohužel ačkoliv je přesnost < 1 m vysoká, pro účely práce bylo potřeba opravdu přesného zaměření a půdní sondou se archeologický objekt v některých případech nepodařilo objevit. Pokud byl objekt nalezen, nebylo jisté, zda se nacházíme přesně ve vytyčeném bodě, a tudíž bylo sondováno opakovaně a na základě výšek objektu v sondě bylo zjišťováno, v jaké části objektu byla sonda provedena. Tento postup je nepřesný a mohl mít vliv na výsledné hodnoty změn výšek mocnosti půdy.

Problematická je role bagru, který po ukončení výkopových a průzkumných archeologických prací vrátil skrytou půdu na své místo a tím pádem mohl mít nezanedbatelný vliv na mocnost ornice. Tento faktor je však dnes obtížně kvantifikovatelný. Snaha omezit vliv tohoto faktoru tkví především ve výběru takových míst odběru půdní sondy, která nebyla ovlivněna skrývkou a následným vrácením půdy na místo pomocí technologií. Velmi vysoký vliv na výsledky měla orba, která významně mění mikrorelief a ovlivňuje tak mocnost půdního profilu.

8 Závěr

Uplatnění celistvého pohledu, ve kterém se kombinují přístupy z přírodních a humanitních věd, na určitou problematiku přináší nové možnosti řešení a jedinečný náhled. Kombinace pedologie a archeologie nabízí širokou škálu využití, mezi nimi i stanovení intenzity půdní eroze, což je cílem této diplomové práce. Z výsledků vyplývají následující poznatky:

1. Na bylanském nalezišti probíhá velmi významná eroze půdy, namísto je zvýšená ochrana archeologické lokality

Na pěti studovaných lokalitách (lokality č. 1, 2, 12, 15 a 16) z celkového množství osmi lokalit dochází k významné erozi. U lokality č. 18 je předpokládána naprostá destrukce archeologického objektu z důvodu kombinace půdní eroze a hluboké orbou v lokalitě. Lokalita č. 10 vykazovala sporné výsledky, které jsou interpretovány v kapitole 6.2. Jistě se tak akumulace materiálu prokázala pouze na lokalitě č. 11. Průměrná roční akumulace zde činila 2,14 mm.

Nejvyšší průměrná eroze materiálu byla zaznamenána na lokalitě č. 2, kde představovala úbytek půdy v rozpětí 18,3 až 26,9 mm za rok. Mezi lety 1992 a 2021 zde ubylo mezi 53 až 78 cm půdy. Druhá nejvyšší intenzita půdní eroze probíhá na lokalitě č. 15, kde se mezi roky 1990-1991 až 2021 oderodovalo 52 cm. Průměrná roční ztráta půdy se tak v lokalitě pohybuje okolo 17,3 mm za rok. Ani na ostatních lokalitách nebyla půdní eroze zanedbatelná; na lokalitě č. 16 činila průměrná roční ztráta půdy 11,7 mm za rok, na lokalitě č. 12 ročně ubylo 3,65 mm za rok. Nejmenší eroze byla zaznamenána na lokalitě č. 1, kde činila průměrná roční ztráta půdy 0,64 mm. Vzhledem ke snížené mocnosti objektů, která byla prokázána například na lokalitách 11, 12 a 16, jsou nejspíše archeologické objekty narušeny hlubokou orbou. Narušení hlubokou orbou a tím pádem snížení celkové mocnosti objektu nemohlo být prokázáno na lokalitách, jejichž maximální hloubka byla velmi hluboká a nebylo tak možné provést půdní sondu. V případě lokality č. 18 nejspíše došlo již k úplné destrukci objektu.

Při podrobnější analýze erozních modelů se ukazuje, že výsledky modelu vodní eroze podporují závěry analýzy půdních sond v šesti z osmi případů, konkrétně na lokalitách č. 1, 2, 10, 12, 15 a 16. Na lokalitě č. 15 je však půdní eroze modelem silně podhodnocena. Na lokalitě č. 18 byla oběma modely predikována eroze, což by podpořilo hypotézu o celkovém zničení objektu hlubokou orbou. Výsledky erozního modelování a terénního šetření spolu nesouhlasí pouze v jednom případě, konkrétně v případě lokality č. 11, kde dle půdní sondy dochází k akumulaci materiálu, dle erozního modelu by zde však mělo docházet k erozi.

Míra eroze naměřená na lokalitě bylanských rondelů představuje dle porovnání se světovou literaturou významnou intenzitu eroze a může mít za následek částečnou či úplnou destrukci archeologického objektu. Za deset let zde může dojít k úbytku až 27 cm půdy. Zároveň v lokalitě působí negativní vliv hluboké orbou, která přímo narušuje objekty. Řešením by měla být zvýšená ochrana archeologického naleziště. Na místě je proto uplatnění ochranných opatření a změna využívání půdy z orné půdy například na trvalé travní porosty. Jedině tak budou archeologické objekty zachovány ke studiu dalším generacím.

2. Výsledky půdních sond podporují závěry magnetometrického měření Křivánka (2019), který tvrdí že jsou bylanské rondely narušené orbou

Severozápadní okraj vnějšího rondelu je dle půdních sond na lokalitě č. 2 silně narušen probíhající hlubokou orbou. Vzhledem k vysoké maximální hloubce archeologického objektu nemohla být zjištěna případná změna v mocnosti objektu. Narušení hlubokou orbou však bylo patrné vzhledem k promísení materiálu výplně a horizontu Ap či Bt. Po celé ploše zemědělské půdy byly při pedologickém terénním šetření nalezeny vyorané kousky lineární keramiky, což poukazuje na erozi v horní části svahu poblíž Miskovic, kde se nalézá neolitické pohřebiště (Pavlů & Rulf & Zápotocká, 1995).

3. Rondel umístěný ve svahu v jižní části zájmové lokality je významně ohrožen půdní erozí a dochází k jeho částečné destrukci

Dle modelu vodní eroze dochází k vysoké intenzitě půdní eroze ve svahu navázaném na údolí říčky Vrchlice, kde se zároveň nachází menší rondel. Tento rondel bohužel nebyl v minulosti zkoumán pomocí výkopů (neboť nebyla známa jeho existence), pouze pomocí magnetometrie, a tudíž nebyly k dispozici informace o výšce ornice v území. Výsledky magnetometrického měření však ukazují změnu signálu rondelu, což by mohlo poukazovat na narušení objektu erozí. Tento závěr byl potvrzen modelem pro vodní erozi, který v oblasti modeluje erozi o intenzitě ztráty půdy až 4 cm/rok.

4. Erozní model pro erozi orbou nemá jasně daný trend a není vhodný pro určení změny výšky ornice v terénu

Pravidelné střídání pásů eroze a akumulace půdy je možné typické pro erozi orbou, přenesení tohoto trendu do modelu je však velice obtížné a výsledný model je často nepřesný. Výsledky modelování eroze orbou jsou vhodné k aproximaci celkové ztráty půdního materiálu ze studovaného území, ke stanovení přesné bodové ztráty výšky půdy se však nehodí.

Přes komplikace při tvorbě práce, které jsou rozebrány v kapitole 7 je možné konstatovat úspěšné splnění cílů práce. Výsledky diplomové práce jsou přínosem k poznání rychlosti eroze a zároveň mohou být nápomocné při výzkumu a uchování archeologických památek. Nebyl naplněn původní záměr ověřit intenzitu půdní eroze také na archeologické lokalitě Lhota - Závist, neboť nebyl umožněn přístup k archeologické dokumentaci.

9 Literatura

V seznamu literatury byla použita citační norma ISO 690 (aktualizace 2011).

B

BALATKA B., KALVODA J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha.

BENDOVIÁ, H. (2020): Přehrada Vrchlice. Informační tabule Povodí Labe. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/obsah/prehrada-vrchlice_3608.html.

BENNET, H. H. (1955): Elements of soil conservation. New York – Toronto – London.

BENNET, H. H. (1939): Soil conservation, New York - London.

BORELLI, P., ALEWELL, C., ALVAREZ, P., ..., ZHAO, G. (2021): Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. Science of the Total Environment, 780, 146494.

BUZEK, L. (2005): Vodní eroze lesní půdy: Šance pro vodárenskou nádrž Šance. Vesmír, 84, 212-216.

BÚ ČSAV (1987): Regionálně fytogeografické členění ČSR. Mapa v měřítku 1: 600 000. Academia, Praha.

C

CULEK, M., BUČEK, A., GRULICH, V., HARTL, P., HRABICA, A., KOCIÁN, J., KYJOVSKÝ, Š., LACINA, J. (2005): Biogeografické členění České republiky, II. díl. AOPK ČR, Praha, 590 s.

CRUMMY, P., SMITH, N. A. (1977): The preservation of the Gosbecks site. Colchester, Essex, CAT Archive Report in the Colchester Museum

D

DAIM, F., NEUBAUER, W. (2005): Zeitreise Heldenberg. Geheimnisvolle Kreisgraben. Katalog zur Niederösterreichischen Landesausstellung 2005. Verlag Berger, HornWien.

DANIEL, J., FRAJER, J., KLAPKA, P. (2013): Environmentální historie České republiky. 1. vyd., Brno, Masarykova univerzita, 198 s.

DARVILL, T. C., FULTON, A. K. (1998): The Monuments At Risk Survey of England: summary report. 22 s.

DOTTERWEICH, M., SCHMITT, A., SCHMIDTCHEN, G., BORK, H. R. (2003): Quantifying historical gully erosion in northern Bavaria. Catena, 50, 135 - 150.

F

FALTYSOVÁ, K. & MAREK, F. (1983): Geofyzikální zjištění kruhových příkopů kultury s vypíchanou keramikou v Bylanech, okr. Kutná Hora. Archeologické rozhledy, 35, 486 - 495.

FLANAGAN, D. C. (2017): Erosion. In: Encyclopedie of Soil Science. Third edition. Editor: Rattan Lal. Taylor & Franci Group. 2 653 s.

H

HUISMAN, H., DE KORT, J., KETTERER, M. E., REIMANN, T., SCHOORL, J. M., VAN DER HEIDEN, M., VAN SOEST, M., VAN EGMOND, F. (2019): Erosion of archaeological sites: Quantifying the threat using optically stimulated luminescence and fallout isotopes. *Geoarchaeology*, 34, 478 - 494.

HOLÝ, M., VÁŠKA, J., VRÁNA, K. (1988): Simulační model povrchového odtoku a erozního procesu. *Vodní hospodářství, řada A*, 10, 259 – 263.

J

JANEČEK, M. et al. (2008): Základy erodologie. ČZU, Fakulta životního prostředí, Praha.

JANEČEK, M., DOSTÁL, T., DUFKOVÁ KOZLOVSKY, J., DUMBROVSKÝ, M., HŮLA, J., KADLEC, V., KONEČNÁ, J., KOVÁŘ, P., KRÁSA, J., KUBÁTOVÁ, E., KOBZOVÁ, D., KUDRNÁČOVÁ, M., NOVOTNÝ, I., PODHRÁZSKÁ, J., PRAŽAN, J., PROCHÁZKOVÁ, E., STŘEDOVÁ, H., TOMAN, F., VOPRAVIL, J., VLASÁK, J. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ČZU, Praha.

K

KAPIČKA, J., ŽÍŽALA, D. a kol. (2020): Monitoring eroze zemědělské půdy: Závěrečná zpráva za rok 2020 [online]. Praha: VÚMOP, SPÚ. 196 s. [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: http://me.vumop.cz/docs/ZZ_monitoring_2020.pdf

KLIMENT, Z., LANGHAMMER, J. (2005): Modelování erozního ohrožení ve velkých územních celcích. In: Rypl, J. (ed.): Geomorfologický sborník, 4, PF JU, České Budějovice, s. 75–81.

KOMÁREK, S. (2017): Stručné dějiny biologie. Academia, Praha, 157 s.

KONČELOVÁ, M., MIDGLEY, M. S., RULF, J., ZÁPOTOCKÁ, M., PAVLŮ, I. (2019): The Vertical Structure of Neolithic Finds in the Fills of Archaeological Features. *Interdisciplinaria Archaeologica: Natural Sciences in Archaeology*. 10, 29 - 51.

KRÁSA, J. (2004): Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS. Disertační práce. KHKI FSV ČVUT, Praha, 186 s.

KRÁSA, J., DOSTÁL, T., VAN ROMPAY, A., VÁŠKA, J., VRÁNA, K. (2005): Reservoirs siltation measurements and sediment transport assessment in the Czech Republic, the Vrchlice catchment study. *Catena*, 64, s. 348–362.

KUNA, M., BENEŠ, J., DRESLEROVÁ, D., GOJDA, M., HRUBÝ, P., KŘIVÁNEK, R., MAJER, A., PRACH, K., TOMÁŠEK, M. (2004): Nedestruktivní archeologie. Academia, Praha.

KUTÍLEK, Miroslav (2012): Půda planety Země. Nakladatelství Dokořán, Praha.

KŘIVÁNEK, R. (2019): The contribution of new geophysical measurements at the previously excavated neolithic rondel area near Bylany, central Bohemia. *Archaeological Prospection*, John Wiley & Sons, Ltd., 27, 39 - 52.

L

LAMBRICK, G. (1986): *Archaeology and nature conservation*. University Oxford, Department for External Studies.

LEOPOLD, M. (2003). Multivariate Analyse von Geoarchiven zur Rekonstruktion eisenzeitlicher Landnutzung im Umfeld der spätlatènezeitlichen Viereckschanze von Poign, Lkr. Regensburg. Dostupné na: <http://www.opus-bayern.de/uni-regensburg/volltexte/2003/233>

LEOPOLD, M. & VÖLKE, J. (2006): The Celtic rampart of the Oppidum at Manching - An Example for a multi-methodological interaction of geoscience and archaeology in Southern Germany. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 142, 135 - 148.

LEOPOLD, M. & VÖLKE, J. (2007): Quantifying Prehistoric Soil Erosion - A Review of Soil Loss Methods and Their Application to a Celtic Square Enclosure (Viereckschanze) in Southern Germany. *Geoarcheology: An International Journal*, 22, 8, 873 - 889

LOŽEK, V., NĚMEC, J., MRZENOVÁ, M., MOLÍKOVÁ, M. (1996): Okres Kutná Hora. Chráněná území ČR - Střední Čechy. Consult pro AOPK ČR, Praha, 13 s.

LOŽEK, V. (2005): Nový přístup k vývoji poledové doby ve střední Evropě II. *Živa* 4/2005, 149 - 152.

M

MIKYŠKA, R. et al. (1968): Geobotanická mapa ČSSR. 1. České země. In: *Vegetace ČSSR*, ser. A2, Academia, Praha.

MITÁŠOVÁ, H., HOFIERKA, J., ZLOCHA, M., IVERSON, L. R. (1996): Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. J. Geogr. Inf. Syst.* 10, 629–641.
<https://doi.org/10.1080/02693799608902101>.

MORGAN, R. P. C., QUINTON, J. N., SMITH, R. E., GOVERS, G., POESEN, J. W. A., CHISCI, G., TORRI, D. (1998): The EUROSEM Model. In: Boardman, J., Favis-Mortlock, D. (eds) *Modelling Soil Erosion by Water*. NATO ASI Series, vol 55. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58913-3_29

N

NEUBAUER, W., EDER-HINTERLEITNER, A., MELICHAR, P. (1999): Geomagnetic Survey of the Middle Neolithic Circular Ditch System Glaubendorf II, Lower Austria. Conference paper.

NEUHÄUSLOVÁ, Z. et al. (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Academia, Praha, 1. vyd, 342 s.

NILLER, H. P. (1998): Prähistorische Landschaften im Lössgebiet um Regensburg—Kolluvien, Auenlehme und Böden als Archive der Paläoumwelt. Regensburger Geographische Schriften 31. Regensburg: University Regensburg.

NOVOTNÝ, I., PAPAJ, V., PODHRÁZSKÁ, J., KAPIČKA, J., VOPRAVIL, J., KRISTENOVÁ, H., MISTR, M., ŽÍŽALA, D., KINCL, D., SRBEK, J., POCHOP, M., DOSTÁL, T., KRÁSA, J., KADLEC, V. (2017): Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha.

O

OXFORD ARCHAEOLOGY (2002): The Management of Archaeological Sites in Arable Landscapes BD1701. Final Project Report.

P

PAVLŮ, I. (1992): Prof. Bohumil Soudský. Archeologické rozhledy 44, 134-139.

PAVLŮ, I., RULF, J., ZÁPOTOCKÁ, M. (1995): Bylany Rondel. Model of the neolithic site. Památky archeologické – Supplementum 3, 7- 123.

PAVLŮ, I., ZÁPOTOCKÁ, M. (2007): Archeologie pravěkých Čech – Svazek 3: Neolit. Archeologický ústav AV ČR, Praha, v.v.i., 118 s.

PAVLŮ, L. (2018): Základy pedologie a ochrany půdy. ČZU, Praha.

Q

QUITT, E., GÚ ČSAV (1971): Klimatické oblasti Československa. Brno.

R

Rada Evropy (1992): Úmluva o ochraně archeologického dědictví Evropy. Valletta.

RENARD, K., FOSTER, G., WEESIES, G., PORTER, J. (1991): RUSLE Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation, 46, 1, 30 - 33. Dostupné na: <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/775.pdf>

RENARD, K., FOSTER, G., WEESIES, G., MCCOOL, D., YODER, D. (1997): Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Agric. Handbook*, 703, 65–100.

Ř

ŘÍDKÝ, J. (2008): Rondely a struktura sídelních areálů v mladoneolitickém období. *Disertační práce*. FF Univerzity Karlovy v Praze. 302 s.

S

SKLENIČKA, P. (2003): Základy krajinného plánování. 321 s.

SCHMIDT, J. (1994): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen. *Habilitationsschrift*. Freie Universität Berlin.

SOUDSKÝ, B. (1966): Bylany, osada nejstarších zemědělců z mladší doby kamenné. *Academia nakladatelství Československé akademie věd*, Praha.

Š

ŠARAPATKA, B. (2014): Pedologie a ochrana půdy. *Univerzita Palackého v Olomouci*, 1. vyd., Olomouc, 232 s.

ŠUMBEROVÁ, R., ŘÍDKÝ, J. (2008): Středoevropské rondely. *Záhada evropského pravěku*. *Vesmír* 87, 762, 2008/11.

V

VAN DER KNIJFF, J. M., JONES, R. J. A., MONTANARELLA, L. (2000): Soil Erosion Risk Assessment in Europe. *Space Application Institute, European Soil Bureau, Italy*.

VAN OOST, K., GOVERS, G., DESMET, P. J. J. (2000): Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15, č. 6, s. 579–591.

VAN OOST, K., GOVERS, G., DE ALBA, S., QUINE, T. A. (2006): Tillage erosion: A review of controlling factors and implications for soil quality. *Progress in Physical Geography* 30, 4, 443 - 466.

VAN ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., GOVERS, G., POESEN, J. (2001): Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, č. 11, s. 1221–1236.

VAN ROMPAEY, A., KRÁSA, J., DOSTÁL, T. (2007): Modelling the impact of land cover changes in the Czech Republic on sediment delivery. *Land Use Policy*, 24, s. 576–583.

VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., VAN ROMPAEY, A., POESEN, J., GOVERS, G. (2002): Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. *Soil Use and Management*, 18, s. 386–394.

VYSLOUŽILOVÁ, B. (2010): Hodnocení erozních procesů s využitím modelů WaTEM/ SEDEM a USPED. Diplomová práce. PŘF UK, Praha, 138 s.

VYSLOUŽILOVÁ, B., KLIMENT, Z. (2012): Modelování erozních a sedimentačních procesů v malém povodí. *Geografie*, 117, č. 2, s. 170 - 191.

W

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. Agr. Handbook No.537, US Department of Agriculture, Washington.

Y

YALIN, M. S. (1963): An Expression for Bed-Load Transportation. *Journal of the Hydraulic Division, Proc.of the ASCE*, 89 (HY 3), 221 - 250.

Zákony

Vyhláška č. 240/2021 Sb., o ochraně zemědělské půdy před erozí. In: *ASPI* [právní informační systém]. Praha: Wolters Kluwer ČR.

Mapové podklady a elektronické zdroje

ARCČR. Vrstva krajů databáze ArcČR 500 [online]. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: https://services1.arcgis.com/gq83QRPZyW6Vjlnn/arcgis/rest/services/ArcČR_500_Kraje/FeatureService

DIBAVOD. Digitální báze vodohospodářských dat. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., odbor ochrany vod a informatiky, odd. GIS [online]. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z <http://www.dibavod.cz>

GEOLOGICKÁ MAPA 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Česká geologická služba. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>

HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM HEIS VÚV TGM. VÚV TGM [online]. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/>

KONSOLIDOVANÁ VRSTVA EKOSYSTÉMŮ KVES. AOPK ČR. [cit. 9. 7. 2022]. Verze 2013. Dostupné z: <http://gis.nature.cz/arcgis/services>

Národní památkový ústav: Most Vojtěšského vodovodu [online]. Dostupné z: <https://www.pamatkovykatalog.cz/most-vojteskeho-vodovodu-14498999>

ORTOFOTO ČR - 2022. Prohlížeč služba WMS – Ortofoto ČR [online]. ČÚZK. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx

ORTOFOTO ČR - 50. léta. Prohlížeč služba WMS – Ortofoto ČR - 50. léta [online]. ČÚZK. [cit. 9. 7. 2022].

PŮDNÍ MAPA 1 : 50 000. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Česká geologická služba. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>

R FACTOR. Joint Research Centre. European Commission. Dostupné na: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/rainfall-erosivity-europe>

Rollright Trust: The Rollright Stones. Dostupné na: <https://www.rollrightstones.co.uk/stones>

Základní báze geografických dat ZABAGED. Prohlížeč služba WMS - ZABAGED. ČÚZK. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/arcgis/rest/services>

ZÁKLADNÍ MAPA ČR. Prohlížeč služba WMS – Základní mapa ČR 1 : 50 000 [online]. ČÚZK. [cit. 9. 7. 2022]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx

Použitý software

ESRI (2019): ArcGIS Desktop, ArcMap, verze 10.7.1.

KADLEC, J. (2007): LS-converter, verze 1.0.

MICROSOFT CORPORATION (2017): Microsoft Office 365 ProPlus, MS Excel, MS Word.

Van Oost et al. (2000); Van Rompaey et al. (2001); Verstraeten et al. (2002): WaTEM/SEDEM, verze z roku 2004.

10 Seznamy

10.1 Seznam použitých rovnic

Rovnice 1: Rovnice USLE

Rovnice 2: Rovnice výpočtu erodovatelnosti půdy K

Rovnice 3: Výpočet M (procentuální zastoupení prachu, práškového písku a jílu)

Rovnice 4: Výpočet hodnoty transportního koeficientu k_{till}

10.2 Seznam tabulek

Tabulka 1: Geomorfologické členění zájmového povodí

Tabulka 2: Klimatické oblasti studovaného povodí

Tabulka 3: Hodnoty C faktoru

Tabulka 4: Identifikátory dle krajinného pokryvu rastru Parcel map

Tabulka 5: Numerické výsledky programu WaTEM/SEDEM

Tabulka 6: Porovnání výstupů erozních modelů pro vodní erozi, erozi orbou a jejich kombinaci

Tabulka 7: Shrnutí výsledků za jednotlivé lokality

Tabulka 8: Lokalita č. 1: záznam půdní sondy

Tabulka 9: Lokalita č. 2: záznam půdních sond

Tabulka 10: Lokalita č. 10: popis půdních sond

Tabulka 11: Lokalita č. 11: popis půdních sond

Tabulka 12: Lokalita č. 12: popis půdních sond

Tabulka 13: Lokalita č. 15: popis půdních sond

Tabulka 14: Lokalita č. 16: popis půdních sond

Tabulka 15: Lokalita č. 18: popis půdních sond

Tabulka 16: Shrnutí výsledků

Tabulka 17: Barevné označení používané v archeologické praxi

Tabulka 18: Lokalita č. 3: záznam půdních sond

Tabulka 19: Lokalita č. 4: popis půdních sond

Tabulka 20: Lokalita č. 5: popis půdních sond

Tabulka 21: Lokalita č. 17: popis půdních sond

Tabulka 22: Lokalita č. 19: popis půdních sond

10.3 Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip eroze orbou

Obrázek 2: Rozložení hodnot R faktoru dle Krásky (2004)

Obrázek 3: Nomogram pro určení hodnoty K faktoru

Obrázek 4: Srovnání různých stratigrafií s obecným popisem přírodních dějů

Obrázek 5: Rozložení archeologických průzkumných vykopávek. Rondely se nachází v SZ části oblasti

Obrázek 6: Zákres prozkoumaných ploch na bylanském neolitickém rondelu

Obrázek 7: Zákres nálezů v prozkoumané ploše v centrální části hlavního rondelu

Obrázek 8: Zaměření bylanských rondelů pomocí geofyziky

Obrázek 9: Výsledky magnetometrického měření ukazují změny ve sledovaných objektech díky rozdílné intenzitě odrazu

Obrázek 10: Skupina dolmenů The Whispering Knights ve Velké Británii v kraji Oxonshire

Obrázek 11: Širší geografické umístění povodí Bylanky

Obrázek 12: Geologická mapa povodí Bylanky

Obrázek 13: Digitální model reliéfu povodí Bylanky

Obrázek 14: Sklonitost povodí Bylanky

Obrázek 15: Expozice vůči světovým stranám v povodí Bylanky

Obrázek 16: Půdní poměry povodí Bylanky

Obrázek 17: Krajinový pokryv povodí Bylanky

Obrázek 18: : Hlavní okno programu WaTEM/SEDEM

Obrázek 19: Odebrání vzorků pomocí Kopeckého válečků

Obrázek 20: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě

Obrázek 21: Výplň archeologického objektu je vizuálně patrná tmavým zbarvením

Obrázek 22: Dialogové okno Results. Program WaTEM/SEDEM

Obrázek 23: Topografický faktor LS. Výstup z programu WaTEM/SEDEM

Obrázek 24: Topografický faktor LS - detail. Výstup z programu WaTEM/SEDEM

Obrázek 25: Intenzita vodní eroze v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm

Obrázek 26: Intenzita eroze orbou v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm

Obrázek 27: Intenzita kombinované eroze v zájmové lokalitě zobrazena jako úbytek/akumulace půdy v mm

Obrázek 28: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě

Obrázek 29: Lokalita č. 1: Půdní sonda

Obrázek 30: Lokalita č. 1: archeologický nákres

Obrázek 31: Lokalita č. 2: Půdní sonda

Obrázek 32: Lokalita č. 2: archeologický nákres
Obrázek 33: Rozmístění půdních sond v zájmové lokalitě
Obrázek 34: Lokalita č. 10: archeologický nákres
Obrázek 35: Lokalita č. 11: archeologický nákres
Obrázek 36: Lokalita č. 12: archeologický nákres
Obrázek 37: Umístění lokality č. 15
Obrázek 38: Lokalita č. 15: archeologický nákres
Obrázek 39: Lokalita č. 16: archeologický nákres
Obrázek 40: Lokalita č. 18: archeologický nákres Zájmová oblast zachycena na ortofotu z 50. let
Obrázek 41: Zájmová oblast zachycena na ortofotu z 50. let
Obrázek 42: Geofyzikální měření rondelu v roce 2013
Obrázek 43: Lokalita č. 3: archeologický nákres
Obrázek 44: Lokalita č. 4: archeologický nákres
Obrázek 45: Lokalita č. 5: archeologický nákres
Obrázek 46: Lokalita č. 5: sonda 2
Obrázek 47: Lokalita č. 5: sonda 3
Obrázek 48: Lokalita č. 17: archeologický nákres
Obrázek 49: Lokalita č. 19: archeologický nákres

11 Přílohy

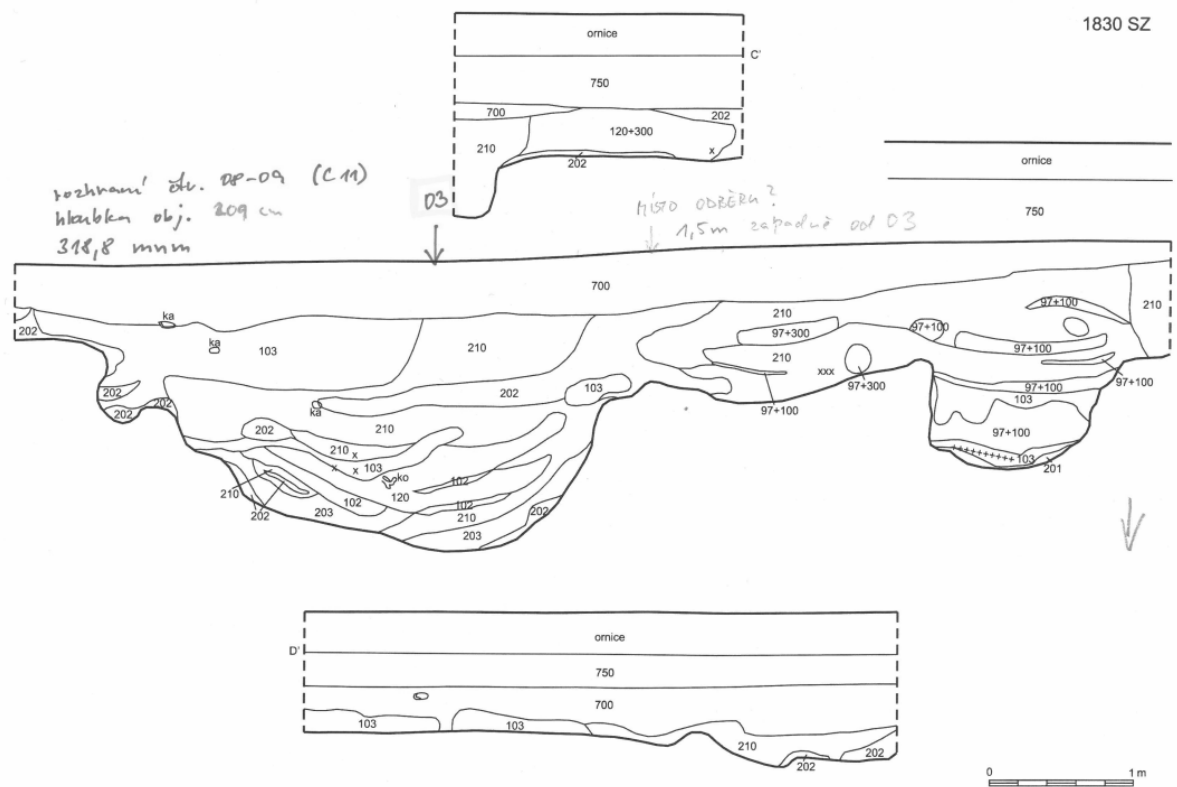
Číselné označení	Barva půdy	Číselné označení	Barva půdy
100	černá	230	hnědošedá
102	světle černá	300	šedá
103	tmavě černá	301	světle šedá
120	hnědá	310	šedočerná
200	světle hnědá	313	tmavá šedočerná
203	tmavě hnědá	97	spraš
210	hnědočerná	700	bílá

Tabulka 17: Barevné označení používané v archeologické praxi

Lokalita 3

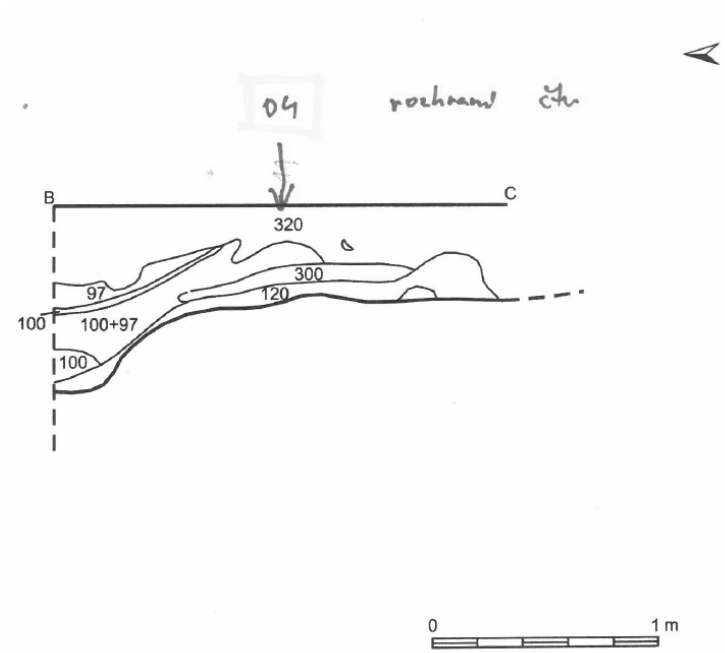
Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
1	3 m SSV od bodu 3	Ap	0	40	-	10YR 4/4	
		směs Ap a E	40	100	-	-	
2	4 m SSV od bodu 3	Ap	0	40	-	10YR 4/4	
		přechod	40	55	-	10YR 5/4	
		E	55	80	-	10YR 5/4	
		-	80	95	-	10YR 6/3	
		-	95	100	-	10YR 3/3	
3	4 m S od bodu 3	Ap	0	37	-	10YR 4/4	
		-	37	50	-	10YR 5/4	
		-	50	90	-	10YR 6/4	
		-	90	95	-	10YR 5/4	
		-	95	100	-	10YR 4/3	

Tabulka 18: Lokalita č. 3: záznam půdních sond



Obrázek 43: Lokalita č. 3: archeologický nákres

Lokalita 4

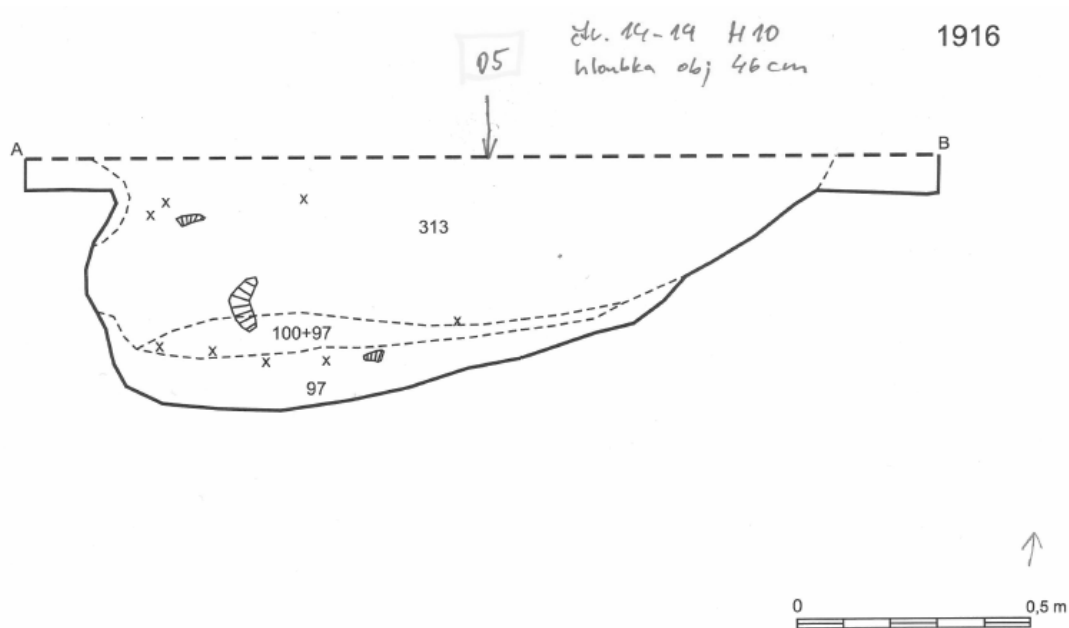


Obrázek 44: Lokalita č. 4: archeologický nákres

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
1	0,5 m V od bodu 4	Ap	0	40	h	10YR 3/6	-
		směs	40	80	h	10YR 4/6	-
		výplň	80	82	-	10YR 2/1	-
		směs	82	100	ph - h	-	-
2	0,5 m V od bodu 1	směs	0	100	-	-	-
3	v místě bodu 4	směs	0	90	-	-	-
		Bt	90	100	-	-	-
4	1 m S od bodu 4	Ap	0	40	h	10YR 3/4	-
		výplň	40	57	ph - h	10YR 3/3	-
		Bt	57	76	h	7,5YR 7/6	-
		směs	76	100	ph	7,5YR 2,5/2	-

Tabulka 19: Lokalita č. 4: popis půdních sond

Lokalita č. 5



Obrázek 45: Lokalita č. 5: archeologický nákres

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
5_1	1 m Z od bodu 5	Ap	0	30	-	-	zasažený orbou
		směs Ap a výplně	30	50	-	-	-
		výplň	50	67	-	-	-
		Bt	67	100	j	-	-
5_2	0,5 m Z od bodu 5	Ap I	0	23	-	-	-
		Ap II	23	45	-	-	-
		výplň	45	82	-	-	mazanice
		Bt	82	100	-	-	spraš obohacená o jílu
5_3	30 cm V od bodu 5	Ap I	0	28	-	-	-
		Ap II	28	42	-	-	-
		výplň	42	85	-	-	mazanice
		Bt	85	100	-	-	-

Tabulka 20: Lokalita č. 5: popis půdních sond



Obrázek 46: Lokalita č. 5: sonda 2



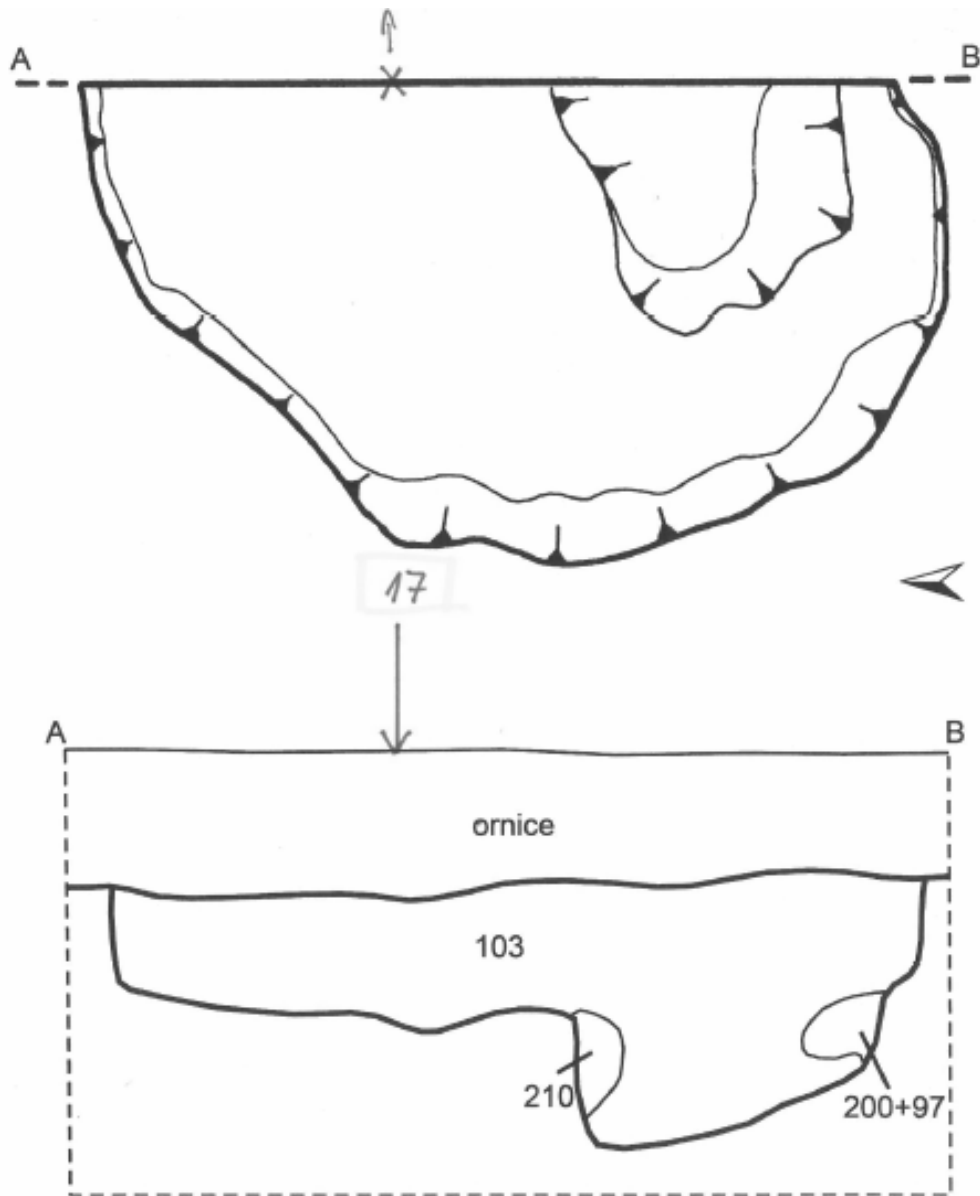
Obrázek 47: Lokalita č. 5: sonda 3

Lokalita 17

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
1	v bodě 17	Ap	0	37	-	7,5YR 2,5/3	
		výplň	37	60	-	10YR 2/2	překopáno
		směs	60	85	-	-	překopáno
		výplň	85	95	-	10YR 2/2	překopáno
		směs	95	100	-	-	překopáno
2	50 cm V od b. 17	Ap	0	30	-	7,5YR 2,5/3	
		výplň	30	66	-	10YR 2/2	souvislé
		směs výplně se světlejším materiálem	66	81	-	-	překopáno
		výplň	81	89	-	7,5YR 2,5/2	souvislé
		C	89	100	-	-	spraš

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
3	50 cm S od b. 17	Ap	0	35	jh	7,5YR 2,5/3	
		výplň	35	59	jh	10YR 2/2	
		směs I	59	71	h	-	
		směs II	71	100	ph	-	světlá půda, uhlíky
		C	100	→	-	-	spraš
4	50 cm JV od b. 17	Ap	0	30	jh	7,5YR 2,5/3	
		výplň	30	34	-	10YR 2/2	
		směs I	34	43	-	7,5YR 2,5/3	podobné Ap
		výplň	43	50	-	10YR 2/2	
		směs II	50	61	h	-	
		směs III	61	100	ph	-	

Tabulka 21: Lokalita č. 17: popis půdních sond



ornice cca 36cm
 hloubka objektu v místě body č. 17 cca 30cm } 66cm

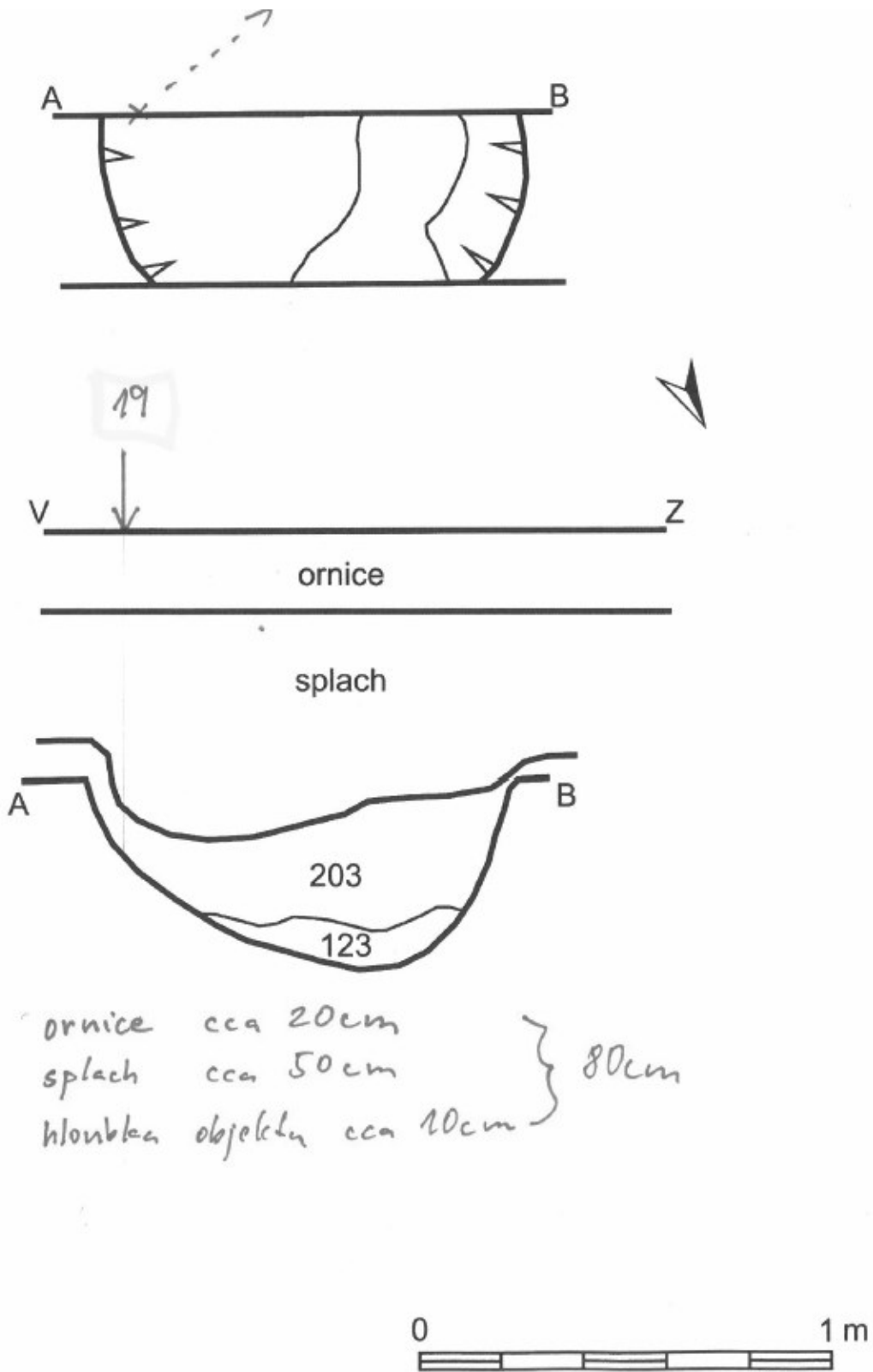


Obrázek 48: Lokalita č. 17: archeologický nákres

Lokalita 19

Sonda	Umístění	Horizonty	Od (cm)	Do (cm)	Zrnitost	Barva	Poznámky
1	v bodě 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
2	50 cm S od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
3	50 cm __ od b. 19	Ap	0	30	-	-	
		E	30	55	-	-	
		Bt	55	100	-	-	výplň nenalezena
4	50 cm JV od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
5	50 cm J od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
6	50 cm SV od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
7	1 m Z od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
8	1 m JZ od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
9	1 m JV od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena
10	1 m S od b. 19	-	-	-	-	-	pouze roztroušené uhlíky
11	1 m SZ od b. 19	-	-	-	-	-	výplň nenalezena

Tabulka 22: Lokalita č. 19: popis půdních sond



Obrázek 49: Lokalita č. 19: archeologický nákres