

Analýza polohy pravěkých mohylových pohřebišť pomocí geografických informačních systémů

Martin Kuna

Abstrakt

Příspěvek se zabývá analýzou krajiny pomocí geografických informačních systémů, a to zejména analýzou reliéfu. Hledá postupy vedoucí např. k automatické identifikaci vrcholů kopců, hřbetů a terénních hran, rozlišení horních a dolních částí svahů, údolních den a náhorních plošin. Výsledky této analýzy jsou (vedle výsledků obvyklých analýz GIS, jako je např. vzdálenost od vodních toků, sklon a orientace svahu) základem k řešení otázky zasazení pravěkých mohylových pohřebišť do krajiny a jejich vztahu k pravděpodobným, v případě zkoumaného území ovšem neznámým, obytným areálům. Zkoumaným územím je oblast severně od Hluboké nad Vltavou (okr. České Budějovice) s mimořádnou koncentrací pravěkých mohylových pohřebišť (96 lokalit na ploše cca 300 km²).

The contribution describes an analysis of the landscape using geographic information systems, in particular a relief analysis. It looks for procedures leading to, for example, automatic identification of hill-tops, ranges and terrain edges, identifying the upper and lower parts of slopes, valley bottoms and plateaus. The results of the analysis (apart from the traditional results of a GIS analysis, such as the distance from water streams, slope gradient and aspect) provide a basis for resolving the problem of the location of the prehistoric tumulus cemeteries in the landscape and their relation to the probable, (in the case of the area under examination unknown), residential precincts. The examined area north of Hluboká nad Vltavou (České Budějovice district) has an unusually high concentration of prehistoric tumulus cemeteries (96 sites over an area of approx. 300 km²).

Klíčová slova

GIS, analýza reliéfu, krajina, pravěk, mohylová pohřebiště

GIS, relief analysis, landscape, prehistory, tumulus cemetery

Úvod

Hlavním cílem sledování polohy archeologických nalezišť v krajině je poznání souvislostí mezi někdejšími aktivitami člověka a jejich přírodním prostředím. Pokud se takové vazby skutečně objeví, lze je využít nejen k predikci areálů archeologického zájmu, ale i k formulaci teoretických závěrů ohledně ekonomiky někdejších společností, jejich sídelní a sociální struktury, symbolických systémů apod. (srov. Neustupný 2000).

Výzkum vztahu sídelních komponent (areálů aktivit) k přírodnímu prostředí může mít více forem. Na obecnější rovině se tímto problémem zabývala zejména německá sídelní archeologie (Jankuhn 1955, 1976, 1977), která inspirovala výzkum i v dalších zemích, např. v Polsku (Kruk 1973, 1980) nebo u nás (Rulf 1983; Smejtek 1987). Detailněji, s důrazem na otázku bezprostředního krajinného zázemí jednotlivých areálů aktivit, se těmito otázkám v 70. letech věnovala britská ekonomická škola, inspirovaná některými pracemi ekonomické geografie (Chisholm 1962 aj.). Jedním z nejvýznamnějších výsledků tohoto proudu byla formulace teorie tzv. spádových areálů (též areálů dostupnosti, odtud *site catchment analysis*: Vita-Finzi – Higgs 1970; Higgs – Vita-Finzi 1972; Higgs 1975), která studovala a interpretovala naleziště v kontextu jejich bezprostředního zázemí.

V 80. letech se evropská archeologie od podobných témat postupně odklání, ale zhruba v polovině 90. let se k nim vrací, tentokrát vybavena zcela novým metodologickým nástrojem, softwarem typu geografických informačních systémů (GIS). Tato technologie radikálně rozšířila možnosti prostorové analýzy všeho druhu. V české archeologii se nový impuls projevil např. několika studiemi, které se zabývaly polohou obytných a výrobních areálů v krajině, případně vzájemnými vztahy mezi různými komponentami sídelních areálů (Kuna – Adelsbergerová 1995; Neustupný – Venclová 1996; Kuna 1997, 1998; Neustupný 1998). Pokud byla technologie GIS použita k analýze pravěkých pohřebišť, šlo většinou o zkoumání jejich vnitřní struktury (Šmejda 2001; Šmejda – Turek 2001).

Vztah pohřebních komponent k přírodnímu prostředí byl dosud méně obvyklým tématem, a to především ze dvou důvodů. Za prvé, pohřební komponenty jsou obecně obtížněji zachytitelné archeologickým

průzkumem než komponenty obytné (s výjimkami, o kterých je řeč níže), a proto na regionální úrovni obvykle představují obecně méně reprezentativní vzorek někdejšího osídlení. Za druhé, předpokládá se, že poloha pravěkých pohřebních komponent odráží více kulturně specifických a individuálních faktorů než poloha sídlišť, u nichž se implicitně – ať už oprávněně či nikoliv – očekává větší závislost na praktických, a tudíž i lépe srozumitelných vlastnostech krajiny.

Tyto výhrady vůči souborům pohřebních komponent ovšem nemusejí platit všeobecně. Existují regiony, ve kterých jsou pohřební komponenty určitých období velmi početné a kvalitně zachovalé – zejména jde o dlouhodobě zalesněné oblasti s hojným výskytem pravěkých mohylníků. Archeologická evidence v těchto oblastech je komplementární k situaci v zemědělsky obdělávané krajině: početnost pohřebních komponent zde kontrastuje s minimem sídlišť, která jsou v lesnatém terénu nesnadno zachytitelná.

Jedním z takových regionů je okolí Hluboké nad Vltavou (**obr. 1**). Zdejší kopcovitá krajina patřila v minulosti k jihočeskému panství Schwarzenbergů; ti zde zřídili několik obor (první již v 16. století) a udrželi tak lesnatý ráz krajiny dodnes. V oborách se zachovalo unikátní množství pravěkých mohylových pohřebišť. Většina z nich byla již prokopána, a to v období od 80. let 19. století do 1. sv. války. Početné nálezy z těchto výzkumů sice prokazují stáří mohylníků od starší doby bronzové do doby halštatské (další patří také ranému středověku), ale podrobnější dokumentace výzkumů zpravidla chybí. Celá oblast ale byla v 70. a 80. letech minulého století pokryta systematickým geodetickým průzkumem, který všechna mohylová pohřebišť lokalizoval a u většiny i podrobně geodeticky zaměřil jednotlivé mohyly (Šimana 1999). Výsledky průzkumu byly později publikovány v práci, která je v českém kontextu ojedinělá, v podrobném soupise nemovitých archeologických památek daného území (Beneš – Michálek – Zavřel 1999).

Pro účel této studie¹ bylo v rámci zmíněného regionu vymezeno sledované území, a to jako obdélník 19,4 × 18,7 km, situovaný severně od Hluboké nad Vltavou. Z více než 90 % tvoří toto území kopcovitá krajina s nadmořskou výškou 350–570 m (**obr. 2**). Kolem 45 % jeho plochy je pokryto lesy, které se koncentrují v jeho středu, podél hlubokého údolí Vltavy. V této části území se zachovalo 96 pravěkých mohylových pohřebišť s celkovým počtem přes 1000 mohyl (**obr. 1A, 2**).

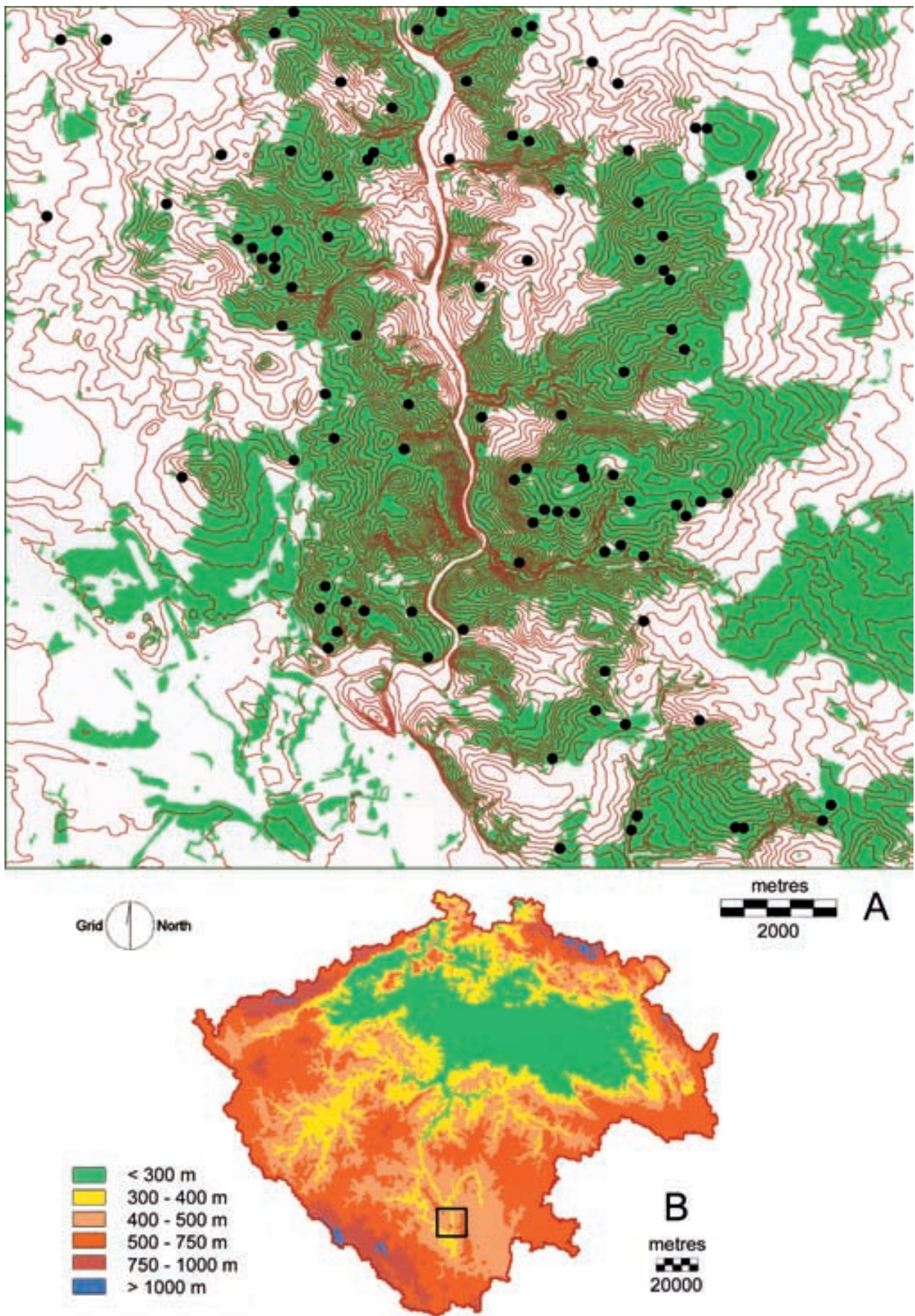
Vlastní terénní výzkum v rámci této studie nebyl rozsáhlý; zahrnoval pouze návštěvu většiny mohylníků, ohledání jejich krajinného kontextu a ověření některých lokalizací (ani to však nebylo snadné, neboť pro vstup do některých obor je zapotřebí zvláštní povolení, a přístup je možný jen během krátkého období roku). Větší část práce představovalo počítačové vyhodnocení dat publikovaných ve zmíněném soupise (Beneš – Michálek – Zavřel 1999). K hlavním cílům studie patřilo zjistit, zda (1) výskyt pravěkých mohylníků sleduje nějaká pravidla vzhledem k vlastnostem krajiny a zda (2) uspořádání mohylových pohřebišť nějak vypovídá o pravěké sídelní struktuře. Doplnujícím cílem studie bylo též (3) rozpracovat některé z postupů GIS, které v dostupných softwarových produktech nejsou poskytovány a které souvisejí především s analýzou reliéfu krajiny.

Vstupní data a analýza krajiny

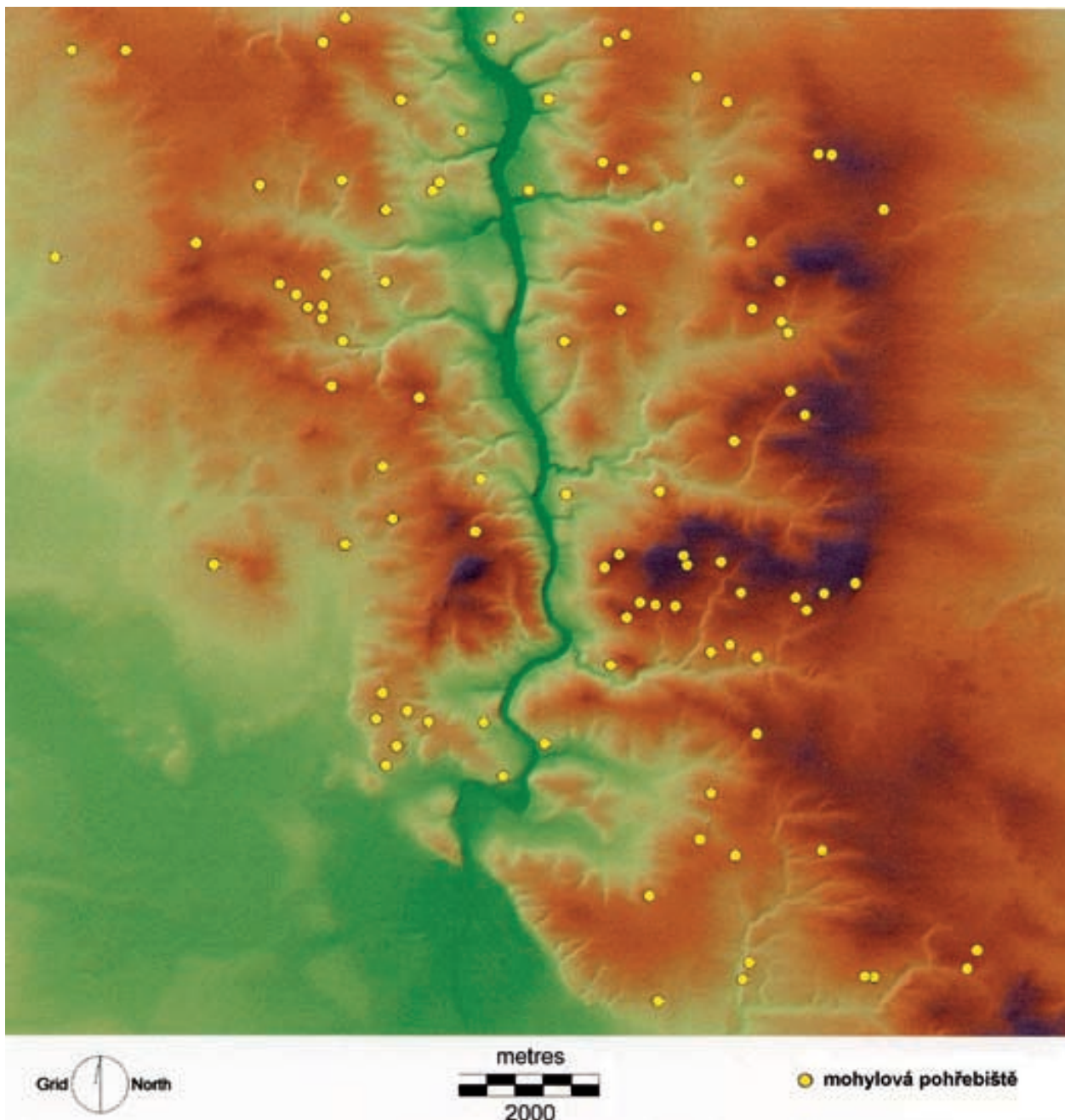
Do souboru studovaných nálezů patří především 96 mohylových pohřebišť starší doby bronzové až doby halštatské. Mohylníky byly v mapě lokalizovány jako body. K jednotlivým mohylovým pohřebišťům patří také tabulka popisných znaků, udávající celkový počet mohyl, zastoupená období apod. Tato data nebyla v této studii využita a stranou také zůstala otázka jejich vnitřní struktury, kterou by bylo možné studovat pomocí plánů pohřebišť a údajů o jednotlivých mohylách (průměr, výška, zachovalost jednotlivých mohyl; tato data byla využita jen okrajově, a to k vizualizaci některých mohylníků: **obr. 4B**, k metodě podrobněji Kuna 2006, 87; též Kuna a kol. 2004, 251). Kromě mohylových pohřebišť pracujeme i s polohou 28 sídlišť z doby bronzové až doby římské, která jsou z daného území známa. Sídelní data představují z hlediska prostorového uspořádání velmi nekvalitní soubor (starší nálezy různého charakteru), navíc převážně z jiných částí sledovaného území než pohřebišť a částečně i z jiných období; v této studii je proto používáme jen s výhradou a pro získání pouze orientačních srovnávacích údajů.

Základní informační vrstvou přírodního prostředí byl *digitální výškopisný model* (DEM) v rastru 10 × 10 m (**obr. 2**). DEM byl vytvořen z vrstevnicové mapy ZM 1:10 000 (ZABAGED, Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha), která byla upravena (doplněna) v místech chybějících vrstevnic (skály, lomy apod.). Vytvoření DEMu a jeho další analýzy probíhaly v GIS Idrisi Kilimanjaro; pro některé speciální úkoly (např. zonální operace) musel být použit ArcGIS 9, protože Idrisi tyto funkce neobsahuje. Veškeré analýzy byly prováděny

1 Původní, rozsáhlejší verze tohoto příspěvku byla publikována pod názvem Burial mounds in the landscape v: Šmejda, L. (ed.), *Archaeology of Burial Mounds*, Plzeň (KAR ZČU) 2006, 83–97.



Obr. 1. A. Mapa sledovaného území v okolí Hluboké nad Vltavou ukazující rozsah zalesnění (zelená) a polohu pravěkých mohylových pohřebišť (celkem 96). B. Výškopisný model Čech s vyznačením sledovaného území.



Obr. 2. Digitální výškopisný model (DEM) sledovaného území s polohou pravěkých mohylových pohřebišť.

s rastrovými mapami; ve vektorovém tvaru byla pouze vstupní vrstevnicová mapa a některé doplňující vrstvy sloužící ke grafické prezentaci, jako např. mapa vodní sítě použitá v ilustracích.

Z výškopisného modelu byly pomocí standardních procedur vypočteny mapy *sklonu* a *orientace svahu*; dalším krokem bylo vytvoření modelu vodní sítě. *Vodní síť* byla rekonstruována funkcí hydrologického modelování (*runoff*), přičemž za „vodní tok“ byly považovány ty buňky mapy, do kterých potenciálně stéká voda z území alespoň 0,1 km² (tj. 1000 pixelů). Takto nízká stanovená hranice vedla k vytvoření velmi husté sítě vodních toků (např. **obr: 4A**). Nízká hranice byla zdůvodněna především zjištěním v jiných regionech, kde se opakovaně pravěká sídliště vyskytují v rámci sítě modelované počítačem i podél velmi malých, dnes již neexistujících vodních toků. Je proto evidentní, že i vodní toky s malým spádovým územím v pravěku existovaly, i když je možné, že hranici by asi bylo vhodnější posunout o něco výše, např. k 0,25 nebo 0,5 km² – tuto otázku je třeba ještě testovat.

Od modelovaných vodních toků byla vypočtena mapa (horizontální) *vzdálenosti k nejbližšímu toku*, která pak byla sledována jako důležitá vlastnost zkoumaných komponent. Z mapy vodní sítě byla vytvořena i mapa

vertikální vzdálenosti od vodní sítě čili mapa *převýšení* nad vodním tokem. Ta byla vytvořena pomocí funkce *cost distance*, měřící vzdálenost od výchozího bodu v jednotkách „náročnosti“. V daném případě byla každé buňce mapy přiřazena hodnota („náročnost“) odpovídající nárůstu nadmořské výšky na její ploše (svah 5% u buňky 10 × 10 m znamená nárůst 0,5 m); vzdáleností se pak rozuměl součet hodnot buněk ve směru od vodního toku (v takto jednoduché podobě ovšem tento postup vede ke správným výsledkům jen v bezprostřední blízkosti vodních toků, pro větší vzdálenosti je nutno postupovat složitěji).

Kromě těchto relativně běžných operací, pro které většina softwarů GIS obsahuje již vestavěné funkce, jsme se pokusili o analýzu reliéfu krajiny pomocí vlastních postupů. Ty bylo nutno v GIS Idrisi „naprogramovat“, a to jako série operací prováděných v základních vrstvách a mezi vrstvami. Tato analýza sledovala identifikaci hlavních kategorií reliéfu krajiny (**obr. 3**).

První ze sledovaných kategorií reliéfu byly nejvyšší body reliéfu krajiny čili *vrcholy*. Prvním krokem v jejich identifikaci bylo vytvoření mapy, v nichž každému bodu byla přiřazena hodnota nejvyššího bodu v kruhovém okolí o určitém poloměru. Bylo uvažováno okolí o čtyřech poloměrech (100, 250, 500 a 1 000 m), a tak vznikly čtyři „mapy lokálních maxim“ (tuto operaci nelze provést v Idrisi; proto bylo nutné převést v této fázi data do ArcGIS 9, zde operaci provést a výsledek importovat zpět). Následně byly „mapy lokálních maxim“ odečteny od původního výškopisného modelu, přičemž „vrcholy“ se projevily jako body či plochy, jejichž hodnoty se po odečtení rovnaly nebo blížily nule. Takto byly vytvořeny čtyři vrstvy, a to s vrcholy v okruhu 100, 250, 500 a 1000 m: *vrcholy100*, *vrcholy250*, *vrcholy500* a *vrcholy1000*. Analogicky k „mapám lokálních maxim“ byly vytvořeny i „mapy lokálních minim“, které přiřadily každému bodu hodnotu nejnižšího místa v určitém okruhu; tyto mapy byly později použity v jiných souvislostech.

Hřbety, tj. konvexní protáhlé vyvýšeniny mimo vrcholy, zpravidla uklánějící se od vrcholu do údolí, byly identifikovány jako plochy s minimální spádovou oblastí při hydrologickém modelování (opak „vodních toků“). Pomocí sklonu svahu byly definovány plošiny (sklon 0–1°), svahy (1–10°) a *prudké svahy* (nad 10°). Plošiny a svahy byly dále rozděleny podle toho, zda leží nad linií střední hodnoty lokálních minim a lokálních maxim v okruhu 1000 m; vznikly tím kategorie *dolní plošiny*, *horní plošiny*, *dolní svahy* a *horní svahy*.

Terénní hrany byly identifikovány dvojí aplikací výpočtu sklonu svahu z DEM. Výsledná mapa pak ukazuje nikoliv gradient sklonu svahu, ale gradient gradientu čili gradient změny sklonu svahu, který vyššími hodnotami identifikuje terénní zlom, hranu. Daným postupem lze určit horní (konvexní) a dolní (konkávní) okraje svahů čili *horní hrany* a *dolní hrany*. Prostor *nad hranou* (horní) byl vymezen funkcí *disperse*, počítající vzdálenost proti směru sklonu svahu.

Jako *údolní dna (nivy)* byly definovány plochy v menší vertikální vzdálenosti od vodního než 2 m (v případě vodních toků se spádovým územím nad 50 km²), resp. 0–2 m (v případě vodních toků se spádovou oblastí 1–50 km²; kritická vertikální vzdálenost se lineárně zvětšovala podle velikosti spádového území); u vodních toků se spádovou oblastí menší než 1 km² se údolní dna (nivy) neuvažovaly.

Poslední kategorie byla označena jako *buffer25*. Tvoří ji obalové zóny v šíři 25 m kolem vrcholů kopců a hřbetů. Tuto kategorii lze tedy též chápat jako „nejvyšší partie svahů“; vytvořena byla kvůli empirickému pozorování, protože relativně velký počet mohylových pohřebišť je lokalizován poblíž vrcholu či hřbetu, ale nikoliv přímo na něm.

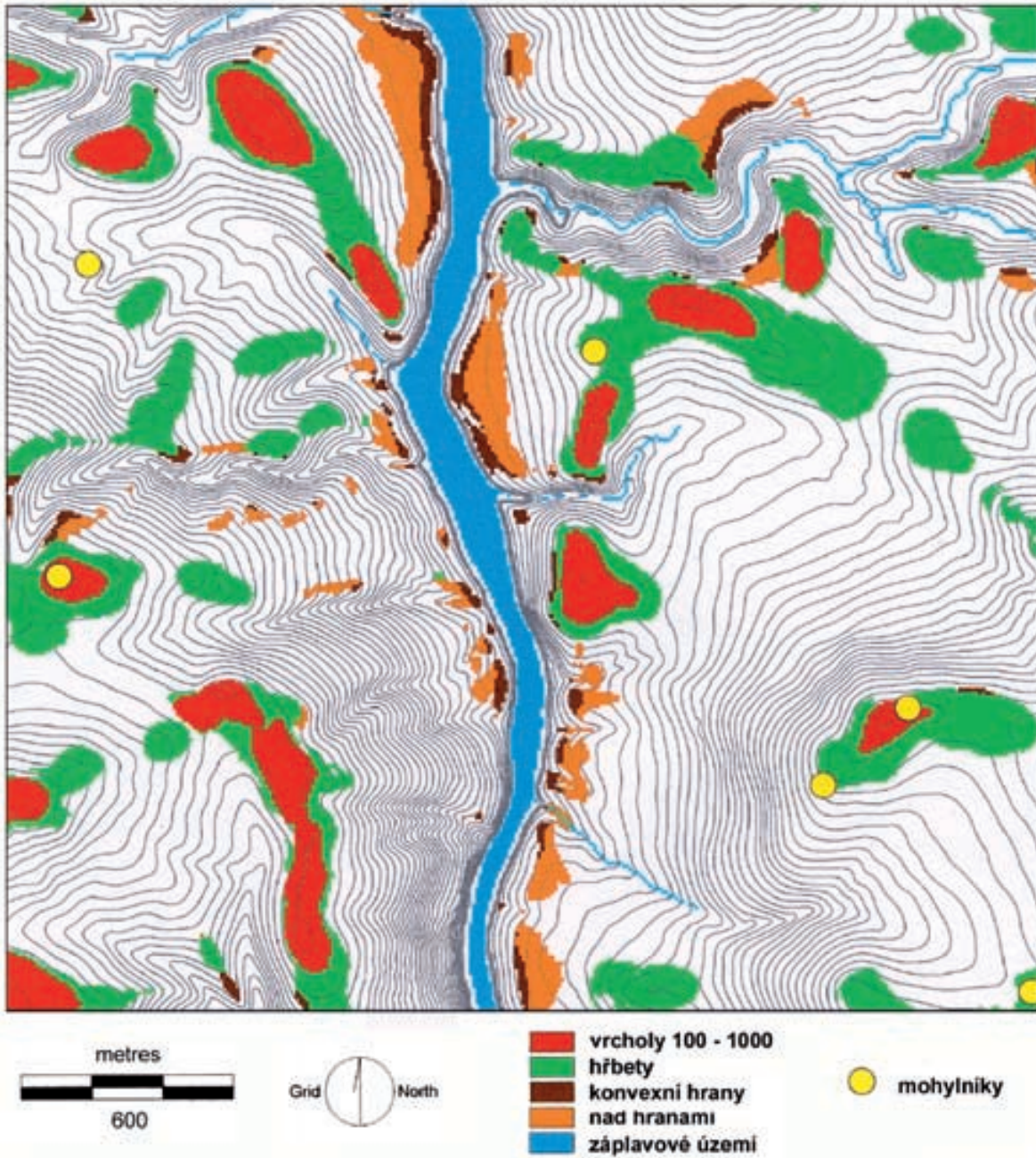
Syntéza dat

Syntéza dat zahrnovala sumarizaci výsledků a ověření, že jejich uspořádání není pouhým dílem náhody, tj. že obsahuje nějaký význam. Postup syntézy byl jednoduchý a lze jej popsat v následujících bodech:

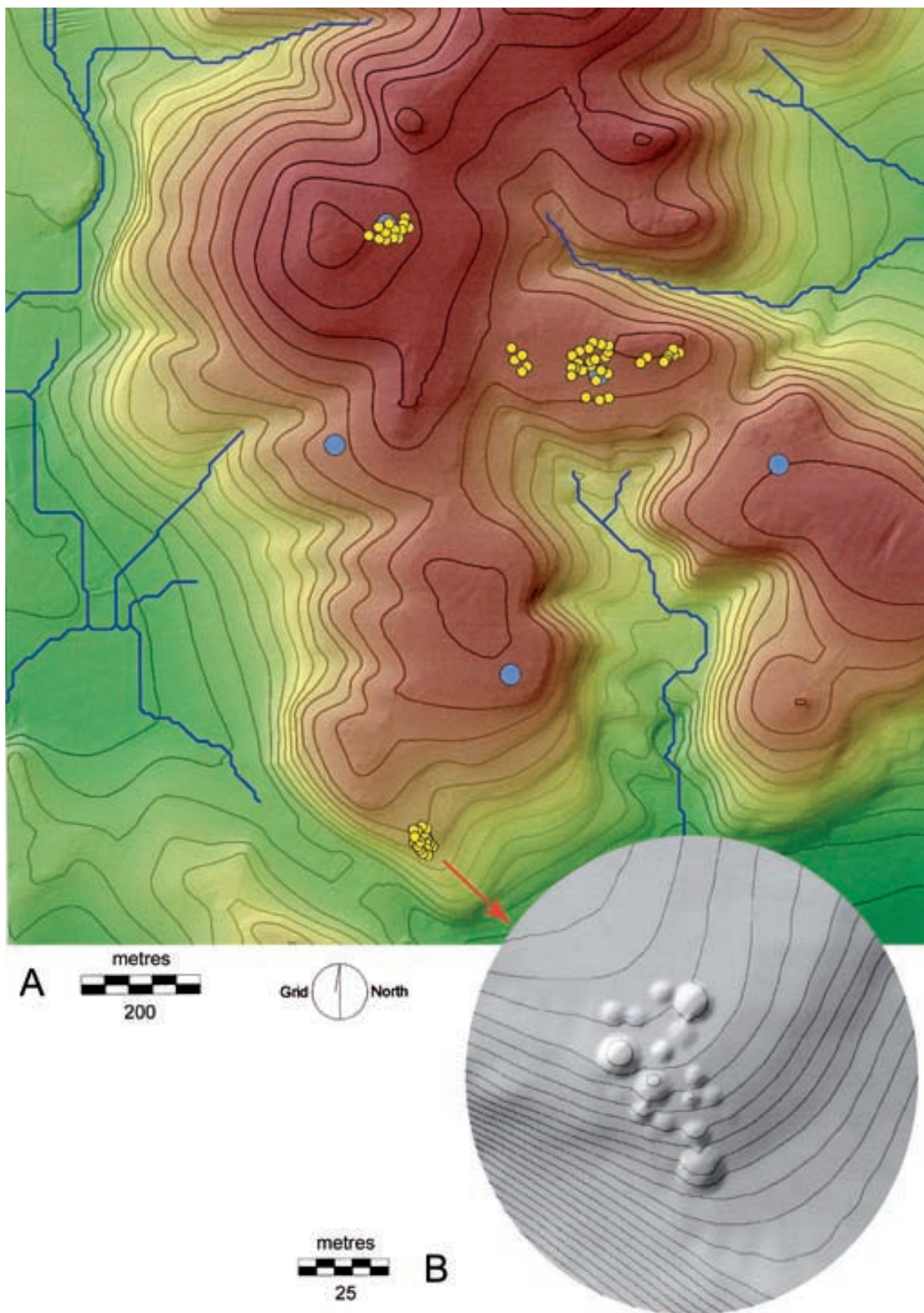
(1) Byly zvoleny čtyři informační (mapové) vrstvy: vzdálenost od vodního toku, sklon svahu, orientace svahu a geomorfologické kategorie reliéfu. V prvních třech byly hodnoty upraveny reklasifikací do nových tříd, které jsou přehlednější a lépe vyhovují další práci: mapa vzdálenosti od vodního toku byla rozdělena do tříd po 100 metrech, mapa sklonu svahu do tříd po dvou stupních a mapa orientace svahu do osmi výsečí po 45°, kde „sever“ zaujímá výseč 0–22,5° a 337,5–360°, „severovýchod“ 22,5°–67,5° atd.). Čtvrtá mapa (kategorie reliéfu) vznikla postupným spojením map jednotlivých typů reliéfu. Ve všech mapách byla následně změřena plocha jednotlivých tříd hodnot (např. celková plocha svahů se sklonem 0–2°; celková plocha „údolních den“ atd.).

(2) Pro všechny lokality (96 pohřebišť a 28 sídlišť) byly ve sledovaných informačních vrstvách odečteny hodnoty a data byla uložena do databáze. Sumarizací těchto údajů bylo vypočteno *pozorované zastoupení* (počet) mohylových pohřebišť a pravěkých sídlišť v jednotlivých třídách informačních vrstev.

(3) Bylo vypočteno „*očekávané*“ zastoupení mohylových pohřebišť a sídlišť v třídách jednotlivých vrstev. Jako „očekávaný“ počet lokalit v dané třídě byla chápána taková hodnota, která odpovídala rozloze dané třídy



Obr. 3. Výřez sledovaného území s vyznačením některých kategorií reliéfu a polohou pravěkých mohylníků.



Obr. 4. A. Výřez sledovaného území se skupinou pravěkých mohylových pohřebišt. Jednotlivé mohyly vyznačeny menšími žlutými značkami, poloha dalších mohylníků (bez zaměření jednotlivých mohyl) vyznačena většími modrými značkami. Vrstevnice v intervalu 5 m. B. Detail mohylového pohřebiště, 3-D model zhotovený v GIS Idrisi podle základních údajů o jednotlivých mohylách (poloha, průměr, výška). Vrstevnice v intervalu 1 m.

(zabírá-li třída v mapě 10% plochy, bylo očekávané zastoupení mohylových pohřebišť v dané třídě stanoveno na 9,6). Předpokládáme, že k takovému rozdělení lokalit by mělo dojít, kdyby byly lokality rozmístěny na ploše území náhodně.

(4) Pro všechny třídy každé informační vrstvy byl vypočten *index významnosti* dané třídy. Index významnosti byl určen jako poměr pozorovaného ku očekávanému počtu lokalit v dané třídě. Pokud by např. byl zjištěný počet pohřebišť ve třídě zabírající 10% plochy roven 19, byl by index významnosti dané třídy z hlediska pohřebišť roven přibližně 2 ($19 / 9,6 = 1,98$); pokud by v dané třídě bylo zjištěno pohřebišť pouze 5, rovnal by se index významnosti zhruba 0,5 ($5 / 9,6 = 0,52$). Vypočtené hodnoty obsahují tabulky (**tab. 1–5**).

(5) Zhodnocení, zda pozorované rozdělení dat je skutečně významné, bylo provedeno buď jednoduchým statistickým testem chí-kvadrát (srovnávajícím např. očekávané a pozorované rozdělení lokalit do tříd, případně pozorované rozdělení pohřebišť s pozorovaným rozdělením sídlišť), nebo externí evidencí či validací dat, a to poukazem na určitou logiku jejich uspořádání, která nemohla vzniknout náhodnými faktory [konkrétně viz níže].

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------|---------------|-----------|--|---------|
| Vzdálenost od vodního toku (m) | Rozloha dané třídy | | Počet pohřebišť | | Počet sídlišť | | Index významnosti (pozorovaný počet / očekávaný počet) | |
| | km ² | % | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný | pohřebišť | sídlišť |
| 0–100 | 114.0 | 35.6 | 12 | 34.2 | 15 | 10 | 0.4 | 1.5 |
| 100–200 | 87.7 | 27.4 | 26 | 26.3 | 10 | 7.7 | 1.0 | 1.3 |
| 200–300 | 64.5 | 20.1 | 26 | 19.3 | 2 | 5.6 | 1.3 | 0.4 |
| 300–400 | 37.2 | 11.6 | 27 | 11.2 | 1 | 3.3 | 2.4 | 0.3 |
| 400–500 | 13.3 | 4.1 | 5 | 4.0 | 0 | 1.2 | 1.3 | 0 |
| 500–600 | 2.9 | 0.9 | 0 | 0.9 | 0 | 0.3 | 0.0 | 0 |
| 600–700 | 0.5 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0.0 | 0 |
| > 700 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0 | 0.0 | 0 |
| Σ | 320.1 | 100.0 | 96 | 96.0 | 28 | 28 | 1.0 | 1.0 |

Tab. 1. Rozdělení pravěkých mohylových pohřebišť a sídlišť v třídách vzdálenosti od vodního toku. Vodní síť byla modelována v GIS, přičemž byly uvažovány i velmi malé vodní toky (spádové území nad 0,1 km²). Rozsah sledovaného území byl zmenšen o plochu rovinatého terénu v JZ části (srov. obr. 2), která se odlišuje od zbytku území (proto je celková plocha sledovaného území pouze 320,1 km²).

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|---------|
| Sklon svahu (stupně) | Rozloha dané třídy | | Počet pohřebišť | | Počet sídlišť | | Index významnosti | |
| | km ² | % | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný | pohřebišť | sídlišť |
| 0–2 | 104.9 | 32.8 | 19 | 31.5 | 12 | 9.2 | 0.6 | 1.3 |
| 2–4 | 94.7 | 29.6 | 44 | 28.4 | 10 | 8.3 | 1.5 | 1.2 |
| 4–6 | 50.3 | 15.7 | 19 | 15.1 | 4 | 4.4 | 1.3 | 0.9 |
| 6–8 | 30.0 | 9.4 | 8 | 9.0 | 2 | 2.6 | 0.9 | 0.8 |
| 8–10 | 16.3 | 5.1 | 5 | 4.9 | 0 | 1.4 | 1.0 | 0.0 |
| > 10 | 23.9 | 7.5 | 1 | 7.2 | 0 | 2.1 | 0.1 | 0.0 |
| Σ | 320.1 | 100.0 | 96 | 96.0 | 28 | 28.0 | 1.0 | 1.0 |

Tab. 2. Rozdělení pravěkých mohylových pohřebišť a sídlišť v třídách sklonu svahu.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------|--------------------|-------|-----------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|-----------|
| Orientace svahu | Rozloha dané třídy | | Počet pohřebišť | | Počet sídlišť | | Index významnosti | |
| | km ² | % | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný |
| rovný / flat | 2.6 | 0.8 | 0 | 0.8 | 4 | 0.2 | 0.0 | 17.5 |
| S (N) | 37.2 | 11.6 | 5 | 11.2 | 2 | 3.3 | 0.4 | 0.6 |
| SV (NE) | 41.7 | 13.0 | 8 | 12.5 | 1 | 3.6 | 0.6 | 0.3 |
| V (E) | 35.3 | 11.0 | 7 | 10.6 | 3 | 3.1 | 0.6 | 1.0 |
| JV (SE) | 37.6 | 11.8 | 15 | 11.3 | 6 | 3.3 | 1.3 | 1.8 |
| J (S) | 50.7 | 15.8 | 20 | 15.2 | 2 | 4.4 | 1.3 | 0.5 |
| JZ (SW) | 47.2 | 14.7 | 21 | 14.2 | 3 | 4.1 | 1.4 | 0.7 |
| Z (W) | 35.9 | 11.2 | 13 | 10.8 | 5 | 3.1 | 1.2 | 1.6 |
| SZ (NW) | 31.9 | 10.0 | 7 | 9.6 | 2 | 2.8 | 0.7 | 0.7 |
| Σ | 320.1 | 100.0 | 96 | 96.0 | 28 | 28.0 | 1.0 | 1.0 |

Tab. 3. Rozdělení pravěkých mohylových pohřebišť a sídlišť v třídách orientace svahu (blíže v textu).

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|--------------------|-------|-----------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|-----------|
| Tvary reliéfu | Rozloha dané třídy | | Počet pohřebišť | | Počet sídlišť | | Index významnosti | |
| | km ² | % | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný | pozorovaný | očekávaný |
| vrchol ₁₀₀ (hill-top ₁₀₀) | 28.3 | 8.8 | 11 | 8.5 | 3 | 2.5 | 1.3 | 1.2 |
| vrchol ₂₅₀ (hill-top ₂₅₀) | 17.8 | 5.6 | 12 | 5.3 | 1 | 1.6 | 2.2 | 0.6 |
| vrchol ₅₀₀ (hill-top ₅₀₀) | 6.6 | 2.0 | 2 | 2.0 | 2 | 0.6 | 1.0 | 3.5 |
| vrchol ₁₀₀₀ (hill-top ₁₀₀₀) | 4.0 | 1.3 | 5 | 1.2 | 0 | 0.4 | 4.1 | 0.0 |
| hřbet (ridge) | 60.4 | 18.9 | 31 | 18.1 | 1 | 5.3 | 1.7 | 0.2 |
| horní hrana (upper edge) | 1.3 | 0.4 | 0 | 0.4 | 0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| nad hranou (above edge) | 3.8 | 1.2 | 2 | 1.1 | 1 | 0.3 | 1.8 | 3.0 |
| dolní hrana (lower edge) | 2.7 | 0.8 | 0 | 0.8 | 2 | 0.2 | 0.0 | 8.6 |
| niva (floodplain) | 7.1 | 2.2 | 0 | 2.1 | 5 | 0.6 | 0.0 | 8.1 |
| dolní plošina (lower plain) | 4.8 | 1.5 | 0 | 1.4 | 0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 |
| horní plošina (upper plain) | 1.3 | 0.4 | 0 | 0.4 | 1 | 0.1 | 0.0 | 8.6 |
| dolní svah (lower slope) | 82.6 | 25.8 | 16 | 24.8 | 10 | 7.2 | 0.6 | 1.4 |
| horní svah (upper slope) | 57.1 | 17.8 | 9 | 17.1 | 1 | 5.0 | 0.5 | 0.2 |
| prudký svah (steep slope) | 23.7 | 7.4 | 1 | 7.1 | 0 | 2.1 | 0.1 | 0.0 |
| buffer25 | 18.6 | 5.8 | 7 | 5.6 | 1 | 1.6 | 1.3 | 0.6 |
| Σ | 320.1 | 100.0 | 96 | 96.0 | 28 | 28.0 | 1.0 | 1.0 |

Tab. 4. Rozdělení pravěkých mohylových pohřebišť a sídlišť v kategoriích tvarů reliéfu.

| Tvary reliéfu podle počtu pohřebišť | | | Tvary reliéfu podle indexu významnosti | | |
|--|-----------------|-------------------|---|-----------------|-------------------|
| Kategorie | Počet pohřebišť | Index významnosti | Kategorie | Počet pohřebišť | Index významnosti |
| hřbet (ridge) | 31 | 1.7 | vrchol ₁₀₀₀ (hilltop ₁₀₀₀) | 4.1 | 5 |
| dolní svah (lower slope) | 16 | 0.6 | vrchol ₂₅₀ (hilltop ₂₅₀) | 2.2 | 12 |
| vrchol ₂₅₀ (hill-top ₂₅₀) | 12 | 2.2 | nad hranou (above edge) | 1.8 | 2 |
| vrchol ₁₀₀ (hill-top ₁₀₀) | 11 | 1.3 | hřbet (ridge) | 1.7 | 31 |
| horní svah (upper slope) | 9 | 0.5 | buffer25 | 1.3 | 7 |
| buffer25 | 7 | 1.3 | vrchol ₁₀₀ (hilltop ₁₀₀) | 1.3 | 11 |
| vrchol ₁₀₀₀ (hill-top ₁₀₀₀) | 5 | 4.1 | vrchol ₅₀₀ (hilltop ₅₀₀) | 1.0 | 2 |
| nad hranou (above edge) | 2 | 1.8 | dolní svah (lower slope) | 0.6 | 16 |
| vrchol ₅₀₀ (hill-top ₅₀₀) | 2 | 1.0 | horní svah (upper slope) | 0.5 | 9 |
| prudký svah (steep slope) | 1 | 0.1 | prudký svah (steep slope) | 0.1 | 1 |
| niva (floodplain) | 0 | 0.0 | niva (floodplain) | 0.0 | 0 |
| dolní hrana (lower edge) | 0 | 0.0 | dolní hrana (lower edge) | 0.0 | 0 |
| dolní plošina (lower plain) | 0 | 0.0 | dolní plošina (lower plain) | 0.0 | 0 |
| horní hrana (upper edge) | 0 | 0.0 | horní hrana (upper edge) | 0.0 | 0 |
| horní plošina (upper plain) | 0 | 0.0 | horní plošina (upper plain) | 0.0 | 0 |

Tab. 5. Význam kategorií tvarů reliéfu pro výskyt pravěkých mohylových pohřebišť. Kategorie seřazeny podle absolutního počtu mohylových pohřebišť (vlevo) a podle tzv. indexu významnosti (viz text).

Interpretace výsledků

Výsledky syntézy dat lze dokumentovat v tabulkách 1–5. V **tab. 1** je sledován význam vzdálenosti od vodního toku: z tabulky vidíme, že index významnosti plynule roste od první třídy (0–100 m) do třídy čtvrté (300–400 m) a pak opět klesá. V případě sídlišť pak vidíme něco jiného: třída nejbližší vodnímu toku je nejvýznamnější a se vzrůstající vzdáleností index významnosti klesá. V obou případech však konstatujeme plynulé uspořádání hodnot (v prvním případě vzrůstající a opět klesající, v druhém případě plynule klesající z maxima v první třídě). Podobně logické uspořádání hodnot můžeme vidět i u sklonu svahu (**tab. 2**) a orientace svahu (**tab. 3**), v posledním případě ale jen pro pohřebišť, u sídlišť je patrná preference plochého terénu a výsledky obecně jsou zatíženy chybou v důsledku malého počtu nalezišť. S výjimkou tohoto posledního případu může sám plynulý a logický průběh hodnot indexu významnosti sloužit jako *validace* zjištěných výsledků (k pojmu Neustupný 1996), tj. jako indikace, že nejde o jevy náhodné.

Ani z věcného hlediska zjištěné hodnoty nepostrádají určitou logiku. Např. v ohledu nejbližšího vodního toku je poměrně zajímavé, že nejen výskyt sídlišť, ale i pohřebišť je k poloze vodního toku v určitém vztahu. Mohylová pohřebišť se z velké části vyskytují ve vzdálenosti do 400 m od vodního toku, v rámci tohoto prostoru ale preferují vzdálenost spíše větší než menší (tj. 200–400 m). V tomto ohledu se liší od sídlišť, které – pokud lze ovšem z malého vzorku soudit – jednoznačně preferují vzdálenost 0–200 m.

Vzhledem ke sklonu svahu je situace taková, že sídliště preferují sklon 0–4°, zatímco pohřebišť sklon 2–6°, s možným výskytem i v terénu s větším sklonem (**tab. 2**). Nejzajímavější jsou ovšem hodnoty indexu pro faktor orientace svahu (**tab. 3**), a to pro mohylová pohřebišť. Ty ukazují jednoznačné preference svahů orientovaných k jihu a západu, tj. směru k JV, J, JZ a Z (celkově jde o výseč 112,5–292,5°). Statistický význam tohoto zjištění byl potvrzen i testem chí-kvadrát.

Tab. 4–5 ukazují jednoznačně nenáhodný vztah mohylových pohřebišť ke geomorfologickým tvarům reliéfu. Patrný je zejména z **tab. 5**, v níž jsou jednotlivé třídy tvarů reliéfu seřazeny jednak podle absolutních

počtů zastoupených mohylových pohřebišť, jednak podle vypočteného indexu významnosti. Tato tabulka ukazuje, že mezi preferovanými tvary jsou všechny kategorie vrcholů kopců, hřbety a jejich bezprostřední okolí ($buffer_{25}$), jakož i místa nad terénními hranami; všechny ostatní kategorie jsou výrazně podreprezentovány (index významnosti je u nich menší než 1). Potvrzuje to známé, ale exaktně dosud málokdy podepřené pozorování, že pravěká mohylová pohřebiště se často vyskytují v dominantních místech krajiny, v místech vyvýšených, s teoreticky dobrým rozhledem. Proto je také pravěkým mohylníkům někdy připisována role orientačních bodů či viditelných symbolů identity a nároků komunity na určité území.

Zdá se však, že vysvětlit polohu pravěkých mohylníků pouze tímto způsobem nestačí. Pokud by budovatelům mohyl šlo skutečně pouze o to, aby byl pohřební areál umístěn v místech co nejvíce dominantních a viditelných, museli bychom pravděpodobně pozorovat ještě vyšší preference vyvýšených míst. Nelze totiž např. přehlédnout, že i když jsou mohylníky často situovány v horní části svahu, nad terénní hranou, na hřbetu nebo na vrcholu kopce, mohou být v jejich bezprostřední blízkosti místa s ještě větším převýšením a ještě dominantnější polohou v krajině, avšak ty často využity nebyly. S tím souvisí také skutečnost, že relativně vysoký (i když jen v absolutních číslech, nikoliv v indexu významnosti) je výskyt mohylníků i v kategorii nižších svahů – právě zde se nabízí otázka, proč se budovatelé mohyl s takovým umístěním spokojili, když každý „nižší svah“ musel po určité vzdálenosti přecházet ve „vyšší svah“, případně hřbet atd. Je tedy pravděpodobné, že jednání lidí neovlivňovala pouze snaha zaujmout co nejvyšší a nejdominantnější místo, nýbrž i nějaký další faktor.

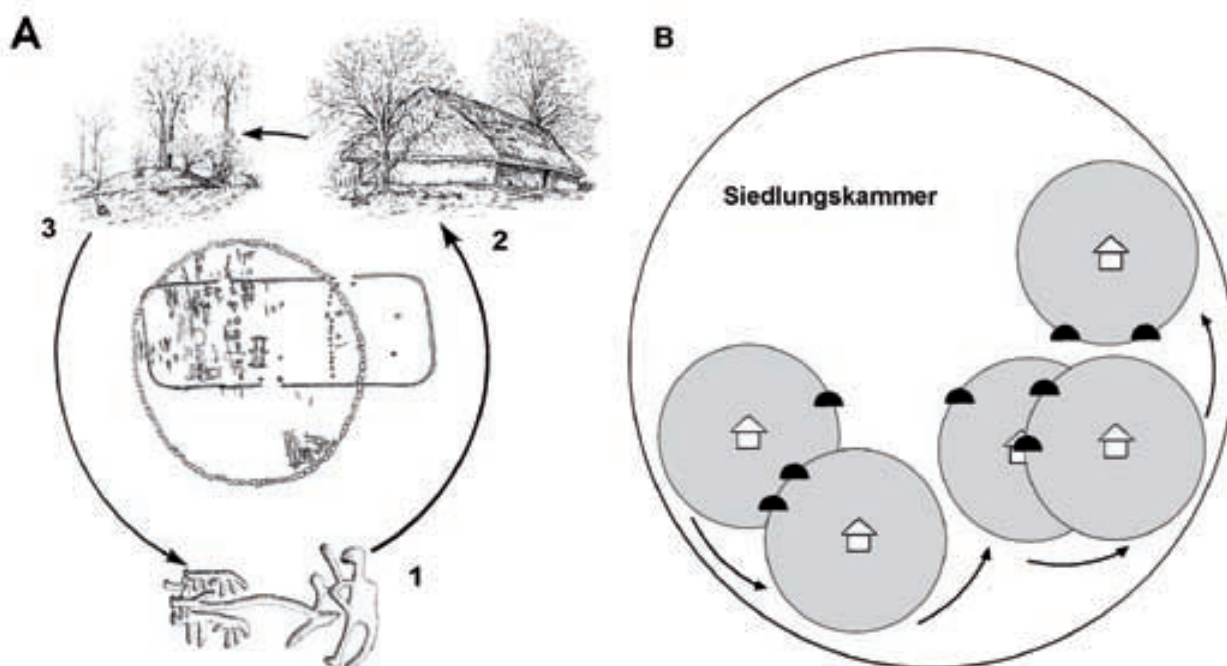
Tato pozorování mohou mít společného jmenovatele s některými pozorováními v ohledu vztahu pohřebišť k vodním tokům a orientaci svahu. I zde se setkáváme s jevy, které jsou z hlediska samotných pohřebních areálů hůře vysvětlitelné, jako je např. preference vzdálenosti 200–400 m od vodního toku či jasná preference jižních svahů. Podle mého názoru mohou být tyto jevy vysvětleny tím, že umístění pohřebního areálu sledovalo ještě nějaký další faktor, který je v našem případě skrytý, a tímto faktorem byla právě poloha sídliště. Pokud bychom předpokládali, že pohřební areály musely ležet blízko sídliště, vysvětlili bychom tím jak nevelkou vzdálenost mohylníků od vodního toku (byly umístovány nad sídliště, ale stále ještě v jejich blízkosti) a preferenci jižních svahů (kterou můžeme u sídliště očekávat také, i když v dostupných datech ji nelze doložit), tak jistou „nedůslednost“ celkově zcela zřetelného vztahu pohřebišť k vyvýšeným polohám. Jednání budovatelů mohyl by se tedy dalo popsat tak, že pohřební areál měl být situován do místa viditelného a dominantního, ale zároveň neměl být příliš daleko od areálu obytného a z obytného areálu měl být dobře dostupný.

Vztah mezi obytnými a pohřebními areály v pravěkých kulturách je obecně těžko sledovatelný, neboť zatím existuje jen málo případů dobře prozkoumaných sídelních areálů, kde by obě komponenty byly spolehlivě zastoupeny. V případě mohylových kultur je to ještě horší, neboť výskyt mohylových pohřebišť a příslušných sídliště je zpravidla vázán k jiným typům krajiny z hlediska dnešního využití, v nichž komplementární komponenty buď chybějí (mohyly v zemědělské krajině), nebo je nelze snadno doplnit průzkumem (sídliště v lese). Pro prostorovou souvislost obytných a pohřebních komponent v našem případě můžeme proto přinést jen několik nepřímých a ne vždy zcela jednoznačných argumentů.

Za prvé, zdá se, že pohřební areály byly v pravěku obecně situovány poměrně blízko od areálů obytných; známé je to např. v kultuře únětické, ale i dalších obdobích. Tomu zpravidla odpovídá i velikost pravěkých pohřebišť, která většinou vypovídá o malé komunitě obývající jeden obytný (sídelní) areál. Tento argument ale nemusí platit bez výhrad, neboť existují i pohřebiště velká (např. z období popelnicových polí), u nichž lze předpokládat sdílení pohřebního areálu více komunitami, a tudíž i větší vzdálenosti mezi oběma druhy areálů. Prostorové vztahy tohoto typu nebyly zatím u nás systematicky zkoumány.

Za druhé, doklady jisté souvislosti mezi pohřebními a obytnými areály mohylových kultur existují v podobě sídlištní keramiky a dalších nálezů sídlištního rázu nalázaných v násypch mohyl. Tyto případy shrnul např. V. Čtrnáct; sám autor je však nechápal jako doklady bezprostřední prostorové souvislosti, ale jako doklad rituálního jednání spojeného s přenášením materiálu z (nedalekých?) obytných areálů (Čtrnáct 1954, 1973; zde odkaz i na obdobné nálezy v Německu).

Za třetí, existují přímé doklady překrývání obytných a pohřebních (i dalších) komponent, i když nejsou z našeho území, ale z prostředí severské doby bronzové. Např. v Handewitt v severním Německu byla zjištěna superpozice výrobních činností (stopy orby), sídlištních aktivit (dům) a pohřebního areálu (mohyla), přičemž všechny komponenty spadaly do téhož archeologického období (starší doba bronzová; Willroth 2001; zde **obr: 5A**). Tento nález sice nedokládá skutečnou současnost pohřebního a obytného areálu (právě naopak), ale vyplývá z něj, že všechny areály mohly být situovány ve stejném typu krajiny a pravděpodobně v nevelkých vzájemných odstupech. Autor použil daný nález a situaci v jeho okolí k rekonstrukci posunů pravěkých areálů v krajině (**obr: 5B**).



Obr. 5. A. Situace archeologického výzkumu v Handewitt (Kr. Schleswig-Flensburg) zachycující superpozici pole (stopy po orbě), sídliště (půdorys domu) a pohřební mohyly (obvodový věnec). 1–3: Schéma rotace areálů. Všechny komponenty patří starší době bronzové. B. Schéma posunů obytných a pohřebních areálů na ploše sídelního areálu (*Siedlungskammer*) ve starší době bronzové. Podle: Willroth 2001.

Závěr

Předložená studie ukazuje, že mohylová pohřebiště starší doby bronzové až doby halštatské nejsou v krajině rozmístěna náhodně, nýbrž jsou v určitém vztahu k prvkům přírodního prostředí. Zatímco u některých prvků, jako je např. vzdálenost od vodního toku, orientace svahu apod., jde nejspíše o vedlejší efekt prostorové souvislosti pohřebních a obytných areálů, v případě jiných prvků, např. vztahu k vyvýšeným, dominantním místům v krajině, jde o specifický rys pohřebních areálů. I v tomto druhém případě však předpokládaná závislost polohy pohřebiště na poloze sídliště omezovala volný výběr polohy pohřebního areálu v krajině. K tomuto závěru však předložený příspěvek dochází jen na základě nepřímých dokladů; prokázat přímo dané hypotézy by bylo možné jen speciálně zaměřeným terénním výzkumem.

Důležitou součástí studie byla aplikace GIS pro počítačovou analýzu reliéfu krajiny. Při tom byly použity nejen standardní funkce GIS, přítomné v různých softwarových produktech tohoto typu, ale i vlastní postupy, spočívající v sestavení speciálních algoritmů operací s vrstvami. Tyto postupy umožnily zejména identifikaci morfologických kategorií reliéfu, jako např. vrcholů kopců, hřbetů, terénních hran apod. Použity přitom byly výhradně rastrové digitální mapy a operace rastrového typu.

Literatura

- Beneš, A. – Michálek, J. – Zavřel, P. 1999: Archeologické nemovité památky okresu České Budějovice. Díl I–II. Praha (ARÚ AVČR – OÚ České Budějovice – Muzeum Strakonice), 184–192.
- Čtrnáct, V. 1954: Mohylová chata a sídelní mohylové objekty v Plzeňsku, Památky archeologické 45, 335–355.
- Čtrnáct, V. 1973: Zásypová keramika ze středobronzových mohyl na Plzeňsku. In: Výzkumy v Čechách 1970. Praha (Archeologický ústav AV ČR), 184–211.
- Higgs, E. S. (ed.) 1975: Palaeoeconomy (being the second volume of Papers in Economic Prehistory by members and associates of the British Academy Major Research Project in the Early History of Agriculture). Cambridge (Cambridge University Press).
- Higgs, E. S. – Vita-Finzi, C. 1972: Prehistoric economies: a territorial approach. In: Higgs, E. S. (ed.), Papers in Economic Prehistory. London – New York, 27–36.
- Chisholm, M. 1962: Rural settlement and land use: an essay in location. London (Hutchinson).
- Jankuhn, H. 1955: Methoden und Probleme siedlungsarchäologischer Forschung. Archaeologia Geographica

- 4, 73–84; přetisk v: Jankuhn 1976, 145–184.
- Jankuhn, H. 1976: *Archaeologie und Geschichte. Vortraege und Aufsaeetze*, Bd. 1, Beitrage zur siedlung-sarchaeologischen Forschung. Berlin – New York (Walter de Gruyther).
- Jankuhn, H. 1977: *Einführung in die Siedlungsarchäologie*. Berlin – New York (Walter de Gruyter).
- Kruk, J. 1973: *Studia osadnicze nad neolitem wyzyn lessowych*. Wrocław – Waszawa – Kraków – Gdańsk (Ossolineum).
- Kruk, J. 1980: *Gospodarka w Polsce poludniowo-wschodniej w V–III tysiacleciu p. n. e.* Wrocław – Waszawa – Kraków – Gdańsk (Ossolineum).
- Kuna, M. 1997b: *Geografický informační systém a výzkum pravěké sídelní struktury*. In: Macháček, J. (ed.), *Počítačová podpora v archeologii*, Brno (FF MU), 173–194.
- Kuna, M. 1998a: *Keramika, povrchový sběr a kontinuita pravěké krajiny*. *Archeologické rozhledy* 50, 192–223.
- Kuna, M. 2006: *Burial mounds in the landscape*. In: Šmejda, L. (ed.), *Archaeology of Burial Mounds, Plzeň (KAR ZČU) 2006*, 83–97.
- Kuna, M. a kol. 2004: *Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle*. Praha (Academia).
- Kuna, M. – Adelsbergerová, D. 1995: *Prehistoric location preferences: an application of GIS to the Vinořský potok project, Bohemia*. In: Lock, G. – Stančíč, Z. (eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: a European perspective*, London (Taylor & Francis), 117–131.
- Neustupný, E. 1996: *Polygons in archaeology*. *Památky archeologické* 87 [2], 112–136.
- Neustupný, E. 1998: (ed.): *Space in prehistoric Bohemia*. Praha (ARÚ AVČR).
- Neustupný, E. 2000: *Predikce areálů archeologického zájmu*. In: Pavlů, I. (ed.), *In memoriam Jan Rulf. Památky archeologické – Supplementum* 13, 319–324.
- Neustupný, E. – Venclová, N. 1996: *Využití prostoru v laténu: region Loděnice*. *Archeologické rozhledy* 48, 615–642, 713–724.
- Rulf, J. 1983: *Přírodní prostředí a kultury českého neolitu a eneolitu*. *Památky archeologické* 68, 5–55.
- Smejtek, L. 1987: *Vývoj osídlení Příbramska a jeho vztah k přírodnímu prostředí. Vlastivědný sborník Podbrdská* 38–39, 313–365.
- Šimana, M. 1999: *Geodetická dokumentace mohylových pohřebišť*. In: Beneš, A. – Michálek, J. – Zavřel, P. 1999, *Archeologické nemovité památky okresu České Budějovice. Díl I–II*. Praha (ARÚ AV ČR – OÚ České Budějovice – Muzeum Strakonice), 184–192.
- Šmejda, L. 2001: *Kostel, nebo mohyla? Příspěvek ke studiu pohřebních areálů*. *Archeologické rozhledy* 53, 499–514.
- Šmejda, L. – Turek, J. (eds.) 2004: *Spatial analysis of funerary areas*. Plzeň (KAR ZČU).
- Vita-Finzi, C. – Higgs, E.S. 1970: *Prehistoric economy in the Mount Carmel area of Palestine: site catchment analysis*. *Proceedings of the Prehistoric Society* 36, 1–37.
- Willroth, K. – H. 2001: *Haus, Acker und Grabhügel. Variable Konstanten im Siedlungsgefüge der älteren nordischen Bronzezeit*. In: Mayer, M. (ed.), *„...Trans Albim Fluvium“*. *Forschungen zur vorrömischen, kaiserzeitlichen und mittelalterlichen Archäologie. Festschrift für Achim Leube*. Rahden/Westf. (Verlag Marie Leidorf GmbH), 113–124.

Summary

An analysis of prehistoric tumulus cemeteries by means of geographic information systems

The paper attempts to show that prehistoric tumulus cemeteries were not distributed randomly in the landscape but in relation to their natural environment. The area under study is situated in South Bohemia (Czech Republic), north of the regional centre České Budějovice (Fig. 1B). To a large extent it is covered by forest, which has survived here because of the conversion of large parts of the landscape into several deer parks (the first as early as in the 16th century) which still exist today. This is the reason why abundant evidence of 96 prehistoric tumulus cemeteries with over 1000 burial mounds in total (dating to the time span between the Early Bronze Age and the Hallstatt periods) has been preserved here (Figs. 1A, 2). On the other hand, due to the character of the vegetation cover, there is a lack of evidence of the contemporary settlement sites, the few known cases coming mostly from other parts of the study area than cemeteries.

The location of the tumulus cemeteries has been analysed from the point of view of the distance from the nearest water stream, slope gradient and slope aspect. GIS Idrisi Kilimanjaro and ArcGIS 9 have been

employed for the scopes of these analyses using a digital elevation model with a grid of 10 × 10 metres as the point of departure. The observable patterns in the location of prehistoric tumuli are not, regarding these variables, very different from what we know about the location of settlement sites. Hence, although any direct evidence is missing, a certain spatial relationship between the funerary and habitation areas may be assumed.

However, it is the analysis of the landscape relief that is at the centre of attention. The author has developed his own algorithms to identify landscape features such as hilltops, ridges, upper and lower parts of slopes, plains, floodplains, etc. By the application of these categories it has been found that the builders of prehistoric tumulus cemeteries clearly preferred elevated places, possibly visually dominant in the landscape (hilltops, ridges, areas above edges, etc.). It seems, however, that not even from this point of view was the location of funerary sites entirely free but limited by some other factors. In particular, we can see that only those dominant places in the landscape were used for the location of tumuli which were not too distant from places suitable for the settlement sites. Hence, the behaviour of the tumulus builders may be defined as governed by (at least) two factors: the tendency to establish the cemetery on a visible place “above” the village and the need to locate it close to the village. The assumed spatial relation between the habitation and funerary areas may be supported by other evidence, too (e.g. the occurrence of residual pottery in the bodies of the tumuli: Čtrnáct 1973; a burial mound of the Early Bronze Age in superposition above a house of the same period in Handewitt, North Germany: Willroth 2001; here Fig. 5).