

**Potenciál formálních a neformálních prostorových analýz pro sledování vývoje a uspořádání středověkých vesnic | Monika Baumanová**

NEKUDA, Vladimír. (1997): Mstěnice 2 – zaniklá středověká ves u Hrotovic. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost.

NEKUDA, Vladimír. (2000): Mstěnice 3 – zaniklá středověká ves u Hrotovic. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost.

PARKER PEARSON, Michael a Colin RICHARDS (1997): Ordering the world: perceptions of architecture, space and time. In: Parker Pearson, Michael a Colin Richards, eds., Architecture and Order: Approaches to Social Space. London: Routledge. s. 1–33.

PREZIOSI, Donald. (1983): Minoan architectural design: formation and signification. New York: Mouton.

RAPOPORT, Amos. (1980): Cross-cultural aspects of environmental design. In: Altman, Irwin, Rapoport, Amos a Joachim.F.Wohlwill, eds.: Environment and culture. New York: Plenum. s. 7–46.

RICHARDSON, Amanda. (2003a.): 'Queens' Apartments in Medieval Palaces c.1160–1540: A Study in Access Analysis & Imagery. Medieval Archaeology 47: 131–165.

RICHARDSON, Amanda. (2003b.): 'Corridors of Power: A Case Study in Access Analysis from Medieval Salisbury, England'. Antiquity 77: 373–384.

SAMSON, Ross, ed. (1990): Social archaeology of houses. Edinburgh: Edinburgh University Press.

TILLEY, Christopher. (1994): A phenomenology of landscape: places, paths and monuments. Oxford: Berg.

VAŘEKA, Pavel. (2004): Archeologie středověkého domu I. Proměny vesnického obydlí v průběhu staletí 6.–15. století. Plzeň: ZČU.

**Jan John**

## ***Možnosti a limity počítačové rekonstrukce minulých cest na příkladu Čertovy louky v Krkonoších***

**Abstract:**

*The article attempts to complement the partially known system between the deserted modern period mountain cottages in Čertova louka in Krkonoše. The reconstruction was undertaken with the use of frictional surfaces of raster-oriented GIS (Idrisi 32).*

*Keywords: deserted road networks, Krkonoše, modern period, GIS, non-destructive archaeological survey*

**Na úvod**

Vedle tradičních objektů archeologického zájmu, jimiž jsou kupříkladu pohřební nebo obytné komponenty, je v poslední době stále více pozornosti věnováno i méně nápadným součástem sídelních areálů, mezi něž patří rovněž zaniklé cesty. Objevují se dokonce i hlasy volající po vytvoření samostatného oboru, který by byl zaměřen na studium minulých cest (KVĚT, Radan, 2003, s. 156). Tento článek je mírně upravenou verzí příspěvku předneseného na konferenci Počítačová podpora v archeologii 2, kterou pořádala plzeňská katedra archeologie roku 2003 v Nechtinech. Pravděpodobně se tehdy jednalo o první pokus využívající geografických informačních systémů (GIS) pro rekonstrukci cest v naší archeologii. Použitý postup se s odstupem několika let může jevit jako poměrně triviální, ale přesto si dle mého soudu zaslouží alespoň krátkou zprávu,

Jan John

ať už jako dokumentace vývoje požití GIS u nás, anebo jako zdroj inspirace pro další uvažování o této problematice.

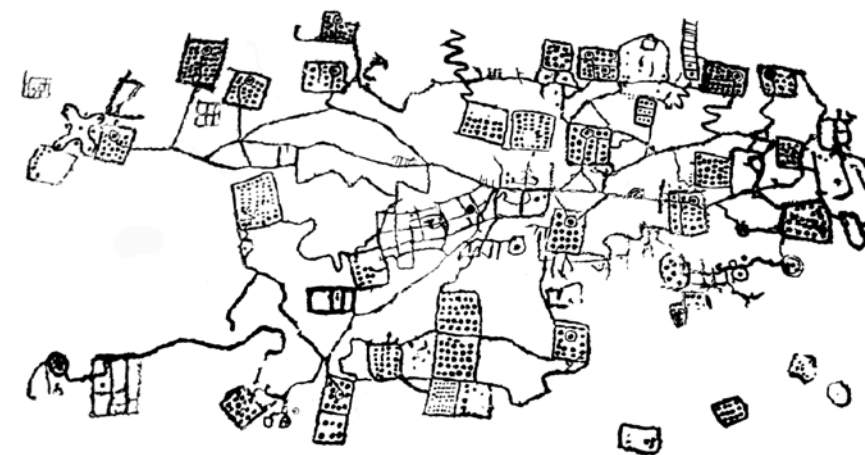
Hledání minulých cest krajinou je spojeno se značnými obtížemi, a to zejména v případě většiny pravěkých období, kdy po cestách nezůstaly prakticky žádné stopy. Zatímco např. v severní Evropě je mnohdy možno rekonstruovat průběh hlavních cest podle řetězců mohyl a megalitických památek (cf. BAKKER, Jan, 1991), v našich podmínkách hmatatelné doklady pravěkých cest téměř chybí. Přitom síť cest různé úrovně musela být neobyčejně hustá, zřejmě srovnatelná s tím, co ukazují „mapy“ zachycené na pravěkých topografických rytinách v alpské oblasti (viz obr. 1). Pro pozdější období středověku a novověku je k fenoménu cest dochováno podstatně větší množství pramenů, ať už se jedná o písemné, toponomastické a ikonografické prameny, terénní relikty v podobě úvozů, či stará mapování. Mnohé zaniklé cesty (hlavně novověké) jsou dobře viditelné na různých typech leteckých snímků.

Tradiční metodou rekonstrukce minulých cest bývá zpravidla vyhledávání spojnic mezi různými známými lokalitami. Často se jedná o místa s předpokládanou vazbou na intenzivně využívané komunikace. Pro období pravěku to mohou být výšinné lokality, různá ohrazení, depoty, nálezy importů apod. (cf. ZÁPOTOCKÝ, Milan, 2000, s. 484). Co se týče zohlednění terénu, jsou zpravidla používány mapové podklady různých měřítek nebo osobní zkušenost s krajinou. Při pokusu o rekonstrukci cest z doby římské na Slovensku byly kupříkladu využity svažitosti terénu odečítané z papírových map (JANŠÁK, Štefan 1955, s. 259–271).

V našem případě se pokusíme o něco obdobného, ovšem namísto metody spojování známých bodů „od oka“ využijeme možností geografických informačních systémů, které nám pomohou exaktněji posoudit nejvýhodnější trasy s ohledem na morfologii terénu a jeho schůdnost. Konkrétně použijeme k modelování průchodnosti terénu rastrově orientovaný program Idrisi 32, pojmenovaný podle středověkého cestovatele a kartografa Al Idrísiho (naroz. 1099 na území dnešního Maroka). Tento program disponuje celou řadou analytických funkcí, z nichž mnohé mohou být efektivně využity i v archeologii (cf. KUNA, Martin, 1997). Ke zpracování výsledných map byl použit rovněž program ArcGIS 9.

### Čertova louka

Místem konkrétní aplikace počítačové rekonstrukce cest se stala poloha zvaná Čertova louka v Krkonoších, což je svažitá oblast nad soutokem Bílého Labe a Čertovy strouhy, severovýchodně od Špindlerova mlýna (okr. Trutnov). Nejvýše položená část Čertovy louky dosahuje nadmořské výšky 1470 m n. m a výškový rozdíl této partie oproti soutoku Bílého Labe a Čertovy strouhy činí téměř 500 m. Dnes je toto území neobydlené a nachází se v 1. zóně Krkonošského národního parku. Archeoložka zmíněné instituce Olga Hartmanová-Hájková se zde v minulosti intenzivně věnovala průzkumu relikvů po tzv. budním hospodářství z 18. až 1. pol. 20. stol. (blíže HARTMANOVÁ, Olga, 2004,



Obr. 1: Bedolina (Valcamonica, Itálie) – rytina zobrazující jednotlivé usedlosti spojené hustou sítí komunikací, včetně serpentin ve svažitém terénu (pravděpodobně doba železná). Velikost rytiny je cca 420 x 230 cm (upraveno podle Anati 1994, 151).

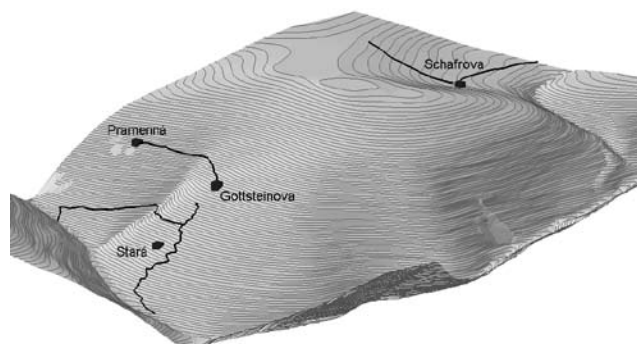
podrobně pak HARTMANOVÁ, Olga, 2005). Následující pokus o rekonstrukci systému cest mezi zaniklými boudami vychází z dat, která shromáždila a pro tento experiment ochotně poskytla.

V prostoru Čertovy louky se dnes nacházejí zbytky čtyř horských bud (Stará, Pramenná, Gottsteinova a Scharfova bouda). V rámci jejich dokumentace Olga Hartmanová s týmem spolupracovníků zaměřila pomocí přijímače GPS jak polohu jednotlivých bud, tak viditelné úseky zaniklých cest, které boudy spojovaly. V prostoru mezi Scharfovou a Gottsteinovou boudou nebylo možno v důsledku husté vegetace (kleč) cestu zachytit povrchovým průzkumem, a proto jsme přistoupili k posouzení nejvýhodnější trasy mezi těmito objekty pomocí GIS.

### Metoda

Pro co nejpřesnější predikci průběhu cest terénem bychom potřebovali znát celou řadu detailů o minulé krajině (např. polohu jednotlivých komponent sídelních areálů, vegetační poměry či symbolické aspekty jejich některých částí). Bohužel tyto parametry jsme většinou schopni rekonstruovat jen částečně, anebo vůbec, a tak hlavním vodítkem zůstává morfologie terénu. Z ní jsme vycházeli i v tomto případě.

Čertova louka se nachází v členitém terénu se značnou svažitostí (viz obr. 2), jejíž průměrná hodnota ve sledované oblasti činí 18°. Tato okolnost přináší poměrně vhodné podmínky pro rekonstrukci cest právě na základě svažitosti terénu. Naopak, pokud by se studovaná oblast nacházela v rovinatém terénu, možnosti rekonstrukce by byly značně omezené.



Obr. 2: Pohled na digitální model terénu Čertovy louky od jihozápadu s vyznačením polohy zaniklých bud a cest.

Pro rozhodování o nejuvhodnějších trasách je nutno vytvořit jednak rastrovou vrstvu obsahující informaci o poloze posuzovaných lokalit, a dále pak tzv. **frikční povrch**, který vyjadřuje míru nákladů na pohyb přes jednotlivé buňky rastru, reprezentujícího krajinu. Software umožňuje počítat tzv. frikční vzdálenosti (cost distance), což jsou vzdálenosti vyjádřené určitou mírou nákladů. Frikce si můžeme představit jako překážky, které různou měrou brání pohybu terénem. Základní hodnotou je 1, a má-li rastrová buňka např. hodnotu 10, její překonání je stejně náročné jako překonání deseti buněk s hodnotou 1. Při volbě nejuvhodnější trasy přes frikční povrch mezi dvěma body je hledána trasa s co nejnižším součtem frikci v rastrových buňkách.

Frikce se dále rozděluje na dva základní typy. Ty, u nichž nezáleží na tom, jakým směrem je překonáváme (frikce **isotropické**), a ty, u nichž na směru záleží (frikce **anisotropické**). Typickým příkladem isotropické frikce může být např. rozbahněný terén, u něhož nezáleží na tom, kterým směrem se přes něj vydáme. Jako anisotropické frikce se využívají především svahy, které kladou různý odpor v závislosti na směru překonání (na cestu do kopce zpravidla potřebujeme více energie než na cestu z kopce). Jako energeticky nejuvhodnější se uvádí chůze směrem dolů po zhruba pětistupňovém svahu, na prudších svazích pak rychle stoupá i náročnost chůze směrem dolů (viz LLOBERA, Marcos, 2000, s. 71). Pro práci s anisotropickými frikci tedy potřebujeme dvě rastrové vrstvy. Jednu vyjadřující míru frikce (např. sklon svahu ve stupních) a druhou nesoucí informace o směru nejsilnějšího působení frikce (např. orientace svahu).

Tento typ anisotropické frikce jsme použili v případě bud na Čertově louce. Jako zdroj informací o terénu posloužil digitální model, který vznikl na základě výškopisu digitální Základní mapy měřítka 1 : 10 000 (Zabaged). Z tohoto modelu terénu lze snadno získat jak hodnoty svažitosti (vyjadřující míru frikce), tak orientace svahů vůči

světovým stranám, která vypovídá o směru frikce (hodnoty je nutno otočit tak, aby každá rastrová buňka obsahovala hodnotu azimutu směrem nahoru do svahu).

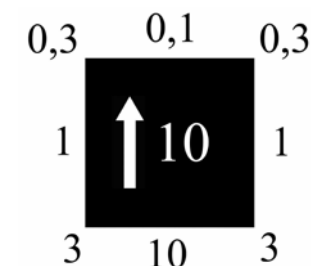
Anisotropická frikce je pak vypočtena vztahem:

Skutečná frikce = uvedená míra frikce<sup>f</sup>,

přičemž

$$f = \cos^k \alpha$$

(k = volitelný koeficient;  $\alpha$  = úhel mezi směrem pohybu a směrem frikce).



Obr. 3: Schéma zobrazující kolísání hodnot anisotropické frikce jedné rastrové buňky v závislosti na směru pohybu.

Názorně je důsledek tohoto algoritmu vidět na obr. 3. Je zde příklad rastrové buňky s hodnotou 10 (svah se sklonem 10°) a šipka vyjadřující směr maximální frikce (směr nahoru po svahu). Stoupáme-li tedy do svahu, hodnota buňky zůstává 10. Naopak směrem dolů její hodnota klesá na pouhých 0,1, při pohybu kolmo na svah (po vrstevnici) bude působit frikce o velikosti 1 a tak dále v závislosti na směru pohybu (detailněji k algoritmu EASTMAN, J. Ronald, 2001, s. 111–115). Vzniká tím paradoxní situace, kdy směr pohybu dolů z prudkých svahů je považován za velmi výhodný. Za vhodné řešení lze považovat zařazení všech svahů od určitého sklonu mezi isotropické frikce.

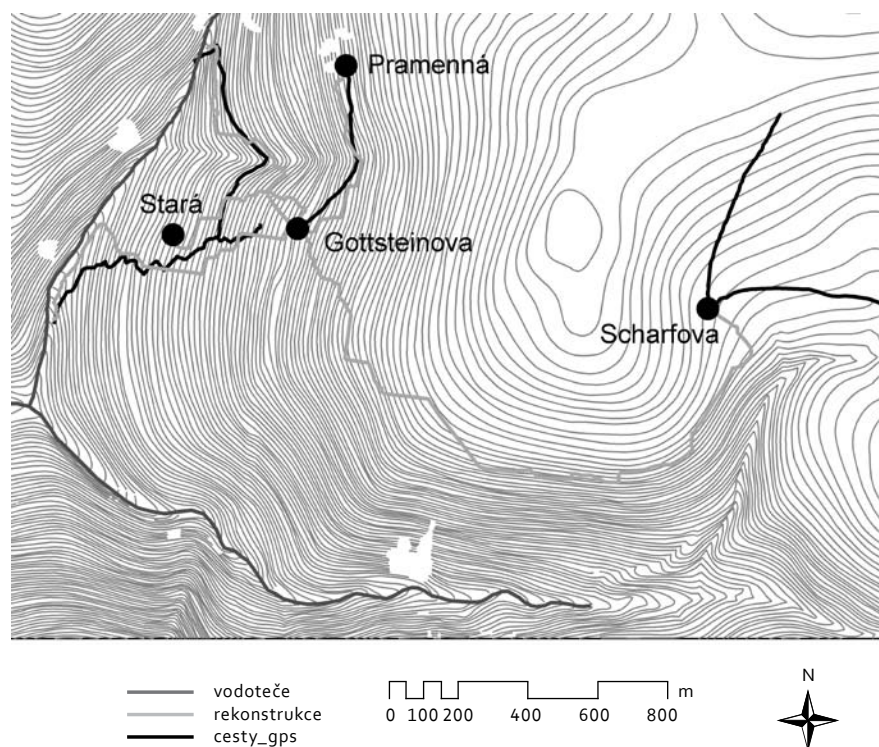
V našem případě jsme jako isotropickou frikci použili vodní toky a prudké svahy. Jako anisotropickou frikci svažitost terénu. Na závěr byly na základě kombinovaného frikčního povrchu počítány nejuvhodnější přístupy ke Gottsteinově boudě jednak z bud okolních, a dále pak ze dvou míst v údolí Čertovy strouhy, kde byly registrovány počátky skutečných cest.

Jan John

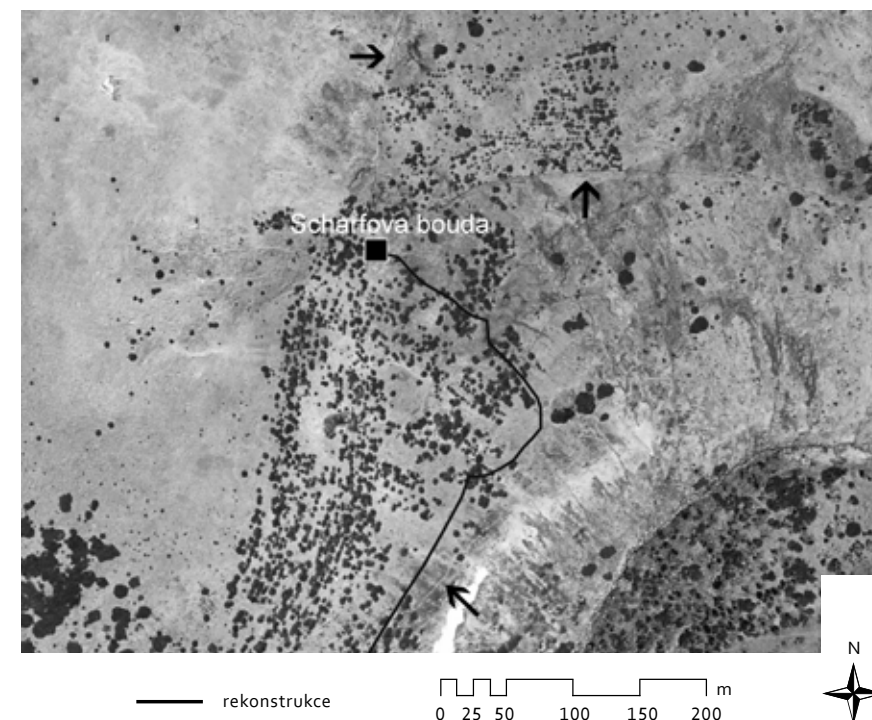
### Výsledek

Výsledek každé počítačové rekonstrukce je do značné míry závislý na vstupních parametrech zadaných uživatelem. Stejně tak průběh počítačem predikovaných cest se může dosti měnit v závislosti na nastavení velikosti frikcí. Především u isotropických frikcí je volba jejich velikosti často na úsudku toho, kdo analýzu provádí. Míru odporu různých překážek (např. vodních toků) je často obtížné nějak číselně vyjádřit a zkušenosti v této oblasti asi bude nutno získat experimentálně.

V tomto modelovém případě jsme měli tu výhodu, že u části cest na Čertově louce známe jejich průběh, a různé výsledky rekonstrukcí tak lze konfrontovat se skutečností. Na obr. 4 je vidět srovnání jednoho z výsledků počítačové rekonstrukce s těmi úseky cest, které byly registrovány v terénu. Přes některé odlišnosti počítač navrhl schéma komunikace dosti podobné skutečnému průběhu cest. Navíc je zde doplněna trasa mezi Scharfovou a Gottsteinovou boudou, která nevede nejkratším možným směrem, nýbrž kopíruje svah Čertovy louky. To samozřejmě nedokazuje existenci takového spojení, spíše se jedná o hypotézu nabízející se k testování.



Obr. 4: Situační mapka bud a cest na Čertově louce. Cesty zaměřené v terénu jsou značeny černou linií a cesty predikované pomocí GIS červenou linií. Krok vrstevnic je 5 m.



Obr. 5: Okolí Scharfovy boudy na kolmém leteckém snímku (rozlišení 0,5 m/pixel) podle <http://geoportal.cenia.cz> © CENIA (Česká informační agentura životního prostředí). Šipkami jsou označeny relikty cest, linií vypočtená trasa nejvýhodnějšího spojení s Gottsteinovou boudou.

Jak již jsem zmínil v úvodu, velmi zajímavým zdrojem informací o zaniklých cestách jsou data dálkového průzkumu Země, ať už se jedná o letecké nebo družicové snímky. Inspirativní je v tomto směru kupříkladu studie o reliktech systému zaniklých cest pro přesuny monumentálních kamenných soch na Velikonočním ostrově. Tyto cesty jsou ještě dnes velmi dobře patrné na satelitních snímcích družice QuickBird (LIPO, Carl a Terry L. HUNT, 2005). Rovněž oblast Čertovy louky lze díky vegetačním poměrům vcelku detailně studovat prostřednictvím dostupných kolmých leteckých fotografií. Tyto snímky ukazují jak zaniklé cesty známé z povrchového průzkumu, tak liniový objekt jižně od Scharfovy boudy, který by mohl odpovídat zbytku cesty, a to zhruba v prostoru navrženém počítačem (obr. 5).

Přestože se počítačové rekonstrukce tohoto typu nikdy nevyhnu určitému zjednodušení, prohlubování jejich metodiky může spolu s prací v terénu významně přispět k pochopení pohybu lidí minulou krajinou. Některé výsledky takovýchto analýz (viz např. BELL, Tyler a Gary LOCK, 2000, cf. KUNA, Martin, 1999) se zdají být velmi slibné,

Jan John

využitelnost algoritmů programu Idrisi pro podobné účely u nás v nedávné době prakticky ověřila A. Danielisová na příkladu zázemí laténského oppida Staré Hradisko (DANIELISOVÁ, Alžběta, 2008). Skutečnost, že tato metoda má racionální základy, ukazují i zkušenosti autora tohoto textu s obdobnými pokusy, kdy vypočtené nevhodnější trasy komunikací často kopírují dnešní železnice či značené turistické trasy.

### Souhrn

Poloha Čertova louka se nachází v Krkonoších nad soutokem Bílého Labe a Čertovy strouhy, severovýchodně od Špindlerova Mlýna (maximální nadmořská výška 1470 m n. m.). Díky terénní prospekci Olgy Hartmanové jsme dobře informováni o terénních reliktech tzv. budního hospodářství, které zde fungovalo od 18. do 1. pol. 20. století (HARTMANOVÁ, Olga, 2005). V prostoru Čertovy louky se dnes nacházejí zbytky čtyř horských bud (Stará, Pramenná, Gottsteinova a Scharfova bouda).

Na příkladu cest mezi zaniklými novověkými boudami na Čertově louce jsme zkoumali použitelnost geografických informačních systémů (Idrisi 32) pro rekonstrukci minulých komunikací. K samotné rekonstrukci cest byl použit digitální model terénu Čertovy louky, vytvořený z vrstevnicové mapy, a polohové informace o boudách a viditelných cestách mezi nimi, získané v terénu pomocí GPS. Hlavním cílem této simulace bylo navržení nevhodnějšího spojení mezi Scharfovou a Gottsteinovou boudou, které nebylo v terénu zachyceno.

Samotný výpočet nevhodnějších přístupů ke Gottsteinově boudě vycházel z morfologie terénu na základě tzv. frikčních povrchů a vzdáleností (friction surface and cost distance). Frikce se rozděluje na dva základní typy. Ty, u nichž nezáleží na směru pohybu (isotropické), a ty, u nichž na směru pohybu záleží (anisotropické). V tomto konkrétním případě jsme jako isotropickou frikci použili vodní toky a velmi prudké svahy. Jako anisotropickou frikci svažítost terénu.

Srovnání počítačové rekonstrukce se stavem dochovaným v terénu je zachyceno na obr. 4. Tam, kde máme možnost porovnání se skutečným stavem, došlo k přibližné shodě a mezi Scharfovou a Gottsteinovou boudou bylo navrženo spojení, které nevede nejkratším možným směrem, nýbrž kopíruje svah Čertovy louky. To samozřejmě nedokazuje existenci takového spojení, spíše se jedná o hypotézu nabízející se k testování za pomoci dalšího terénního průzkumu nebo studia leteckých snímků. Právě na podrobném kolmém leteckém snímku oblasti jižně od Scharfovy boudy je možno registrovat liniový objekt, který by mohl odpovídat zbytku nepoužívané cesty.

### Literatura

- ANATI, Emmanuel (1994): Valcamonica rock art: a new history for Europe. Studi Camuni 13. Capo di Ponte.
- BAKKER, Jan Albert (1991): Prehistoric long-distance roads in North-West Europe. In: J. Lichardus (ed.): Die Kupferzeit als historische Epoche. Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 55, Bonn.

BELL, Tyler – LOCK, Gary (2000): Topographic and cultural influences on walking the Ridgeway in later pre-historic times. In: G. Lock (ed.): Beyond the Map. IOS Press.

DANIELISOVÁ, Alžběta (2008): Praktické problémy spojené s modelováním pohybu pravěkou kulturní krajinou. In: J. Macháček (ed.): Počítačová podpora v archeologii 2. Brno–Praha–Plzeň, s. 110–119.

EASTMAN, J. Ronald (2001): Idrisi 32. Guide to GIS and Image Processing. Volume 2. Clark Labs, Clark University, Worcester.

HARTMANOVÁ, Olga (2004): Budní hospodářství na Čertově louce aneb příspěvek k poznání formy osídlení a způsobu života v Krkonoších 18.–1. poloviny 20. století. Kuděj 6/2, 17–30.

HARTMANOVÁ, Olga (2005): Budní hospodářství v Krkonoších z pohledu archeologie – Die Baudenwirtschaft im Riesengebirge aus archäologischer Sicht. Památky archeologické 96, 165–204.

JANŠÁK, Štefan (1955): Základy archeologického výskumu v teréne. Archeologický ústav SAV, Bratislava.

KUNA, Martin (1997): Geografický informační systém a výzkum pravěké sídelní struktury. In: J. Macháček (ed.): Počítačová podpora v archeologii, 173–194. Brno.

KUNA, Martin (1999): Beyond the map. Archaeology and spatial technologies. Ravello, Itálie, 1.–2. října 1999 (zpráva o konferenci). Archeologické rozhledy 51, 872–874.

KVĚT, Radan (2003): Duše krajiny. Staré stezky v proměnách věků. Praha, Academia.

LIPO, Carl P. – HUNT, Terry L. (2005): Mapping prehistoric statue roads on Easter Island. Antiquity 79, Issue 303, 158–168.

LLOBERA, Marcos (2000): Understanding movement: a pilot model towards the sociology of movement. In: G. Lock (ed.): Beyond the Map. IOS Press.

ZÁPOTOCKÝ, Milan (2000): Eneolitická výšinná sídliště a komunikace – Äneolithische Höhensiedlungen und Fernwege. Památky archeologické – Supplementum 13, 480–488.