

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Disertační práce

2012

Mgr. Miroslav Šíp

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra archeologie

Studijní program - Historické vědy

Studijní obor - Archeologie

Disertační práce

Predikční modelování v archeologii

Mgr. Miroslav Šíp

Školitel:

PhDr. Martin Kuna, CSc., DSc.

Plzeň 2012

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Disertační práce

PREDIKČNÍ MODELOVÁNÍ V ARCHEOLOGII

Mgr. Miroslav Šíp

Plzeň 2012

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, červen 2012

.....

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především mému školiteli PhDr. Martinu Kunovi, CSc., DSc za jeho podporu a četné rady a připomínky.

Práci věnuji své babičce Marii Uhlíkové.

Autor

	1
1 ÚVOD	6
1.1 DEFINICE POJMŮ	6
1.1.1 <i>Predikce</i>	6
1.1.2 <i>Induktivní přístup</i>	8
1.1.3 <i>Deduktivní přístup</i>	10
1.1.3.1 Teorie sídelních areálů	12
2 ARCHEOLOGICKÉ PREDIKTIVNÍ MODELOVÁNÍ	13
2.1 PREDIKČNÍ MODEL	13
2.2 TVORBA ARCHEOLOGICKÉHO PREDIKČNÍHO MODELU	15
2.2.1 <i>Archeologické proměnné a relevantní data vstupující do tvorby modelů.</i>	15
2.2.1.1 Zdroje archeologických dat	16
2.2.1.1.1 Získání nových dat	16
2.2.1.1.2 Použití již známých lokalit	18
2.2.1.2 Prostorová a funkční reprezentativnost archeologických dat	19
2.2.1.2.1 Transformace	20
2.2.2 <i>Nearcheologické proměnné vstupující do tvorby modelů.</i>	20
2.2.2.1 Environmentální proměnné (v užším slova smyslu)	21
2.2.2.2 Proměnné, které jsou ovlivňovány sociálními faktory	24
2.2.2.3 Proměnné odvozené od symbolických aspektů lidské kultury	25
2.2.2.4 Volba proměnných vstupujících do predikčního modelu	28
2.2.3 <i>Mechanismus tvorby modelu</i>	30
2.2.3.1 Kvalifikovaný odhad	30
2.2.3.2 Lineární regrese	30
2.2.3.3 Multi-criteria decision analysis	31
2.2.3.4 Booleovské operace	31
2.2.3.5 Bayesovská statistika	31
2.2.3.6 Demster -Shafer modelování	32
2.2.3.7 Generalized additive model (GAM)	32
2.2.4 <i>Testování predikčního modelu</i>	32
2.2.4.1 Data používaná k testování	33
2.2.4.2 Metody použité k testování	35
3 HISTORIE PREDIKČNÍHO MODELOVÁNÍ	37
3.1 POUŽÍVANÉ METODY PREDIKČNÍHO MODELOVÁNÍ – PŘÍKLADY VÝZNAMNÝCH PROJEKTŮ.	39

3.1.1	<i>Projekt EDE</i>	39
3.1.2	<i>Ontario Forest</i>	40
3.1.3	<i>Regionální prediktivní mapa pro území Kromme Rijn</i>	42
3.1.4	<i>Projekt „Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW)“</i>	43
3.1.5	<i>Minnesotský archeologický prediktivní model (MN/MODEL)</i>	44
3.1.6	<i>Prediktivní model výskytu římských keramických pecí v Argonském regionu</i>	45
3.1.7	<i>Aberdeen Proving Ground</i>	46
3.1.8	<i>Predikční model v údolí Labe u Drážďan</i>	47
3.1.9	<i>Oblast Pomurje</i>	48
3.1.10	<i>Výšinné lokality z doby bronzové na ostrově Brač.</i>	49
3.1.11	<i>Projekt Agro Pontio</i>	50
3.1.12	<i>Projekt Kaulonia</i>	51
3.1.13	<i>Projekt pro okres Saint John.</i>	52
3.1.14	<i>Predikce římského osídlení na ostrově Brač</i>	52
3.1.15	<i>Systém pro podporu rozhodnutí pro ministerstvo dopravy Severní Karolíny.</i>	53
3.1.16	<i>Predikční modelování pohřbených archeologických lokalit v regionu Tricastin-Valdaine</i>	54
3.1.17	<i>Projekt South Carolina</i>	55
3.1.18	<i>Santa Cruz, Arizona</i>	55
3.1.19	<i>Thébská nekropole Luxor</i>	57
3.1.20	<i>Bodemarchie in Behoud en Ontwikkeling (BBO)</i>	58
3.1.21	<i>Hospodářské zázemí raně středověkého centra na Pohansku</i>	58
4	TVORBA PREDIKTIVNÍHO MODELU NA MĚLNICKU	59
4.1	ZÁMĚR PROJEKTU	59
4.2	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	60
4.3	ARCHEOLOGICKÉ PROMĚNNÉ POUŽITÉ K TVORBĚ MODELU	61
4.3.1	<i>Negativní zjištění</i>	62
4.4	ARCHEOLOGICKÁ ANALÝZA	62
4.4.1	<i>Volba archeologických proměnných</i>	63
4.5	GEOGRAFICKÉ PROMĚNNÉ	65
4.5.1	<i>Východiska pro volbu proměnných - Teoretický model</i>	65
4.5.1.1	Praktické aspekty	65
4.5.1.2	Sociální aspekty	66
4.5.1.3	Symbolické aspekty	66
4.5.2	<i>Tvorba a vlastnosti vrstev vstupujících do výpočtů</i>	68

4.5.3	<i>Nadmořská výška</i>	69
4.5.3.1	Nadmořská výška - MCE	71
4.5.3.2	Nadmořská výška – Logit	71
4.5.3.3	Nadmořská výška – Binární vrstvy	72
4.5.4	<i>Sklon svahu</i>	72
4.5.4.1	Sklon svahu – MCE	73
4.5.4.2	Sklon svahu - Logit	73
4.5.4.3	Sklon svahu – Binární vrstvy	74
4.5.5	<i>Orientace svahu</i>	74
4.5.5.1	Orientace svahu – MCE.	78
4.5.5.2	Orientace svahu - Logit	78
4.5.5.3	Orientace svahu – Binární vrstvy	80
4.5.6	<i>Množství dopadlého slunečního světla</i>	80
4.5.6.1	Množství dopadlého slunečního světla – Binární vrstvy	83
4.5.7	<i>Vrcholky</i>	83
4.5.7.1	Vzdálenost od vrcholků – MCE	85
4.5.7.2	Vzdálenost od vrcholků – Logit	86
4.5.7.3	Vzdálenost od vrcholků – Binární vrstvy	87
4.5.8	<i>Lokální maxima.</i>	87
4.5.8.1	Vzdálenost k lokálním maximům – MCE	89
4.5.8.2	Vzdálenost k lokálním maximům – Logit	89
4.5.8.3	Vzdálenost od lokálních maxim – Binární vrstvy	90
4.5.9	<i>Vzdálenost od vodního toku</i>	91
4.5.9.1	Hydrologické modelování	92
4.5.9.2	Klasifikace vodních toků	93
4.5.9.3	Horizontální vzdálenost k vodním tokům podle řádů.	94
4.5.9.4	Horizontální vzdálenost od dalších (nikoliv nejbližších) vodních toků.	95
4.5.9.5	Vzdálenost od nejbližšího vodního toku – MCE	97
4.5.9.6	Vzdálenost od vodního toku - Logit	97
4.5.9.7	Vzdálenost od vodního toku – Binární vrstvy	98
4.5.10	<i>Energetická náročnost cesty od nejbližšího vodního toku.</i>	99
4.5.10.1	Energetická náročnost cesty od nejbližšího vodního toku - MCE	101
4.5.10.2	Energetická náročnost cesty od vodního toku - Logit	101
4.5.10.3	Energetická náročnost cesty od vodního toku – binární vrstvy	102
4.5.11	<i>Vzdálenost k hraně</i>	102
4.5.11.1	Vzdálenost k hraně - MCE	103

4.5.11.2	Vzdálenost k hraně - Logit	104
4.5.11.3	Vzdálenost k hraně – Binární vrstvy	104
4.5.12	<i>Vzdálenost k hřbetnici</i>	105
4.5.12.1	Vzdálenost k hřbetnicím - MCE	105
4.5.12.2	Vzdálenost k hřbetnicím - Logit	105
4.5.12.3	Vzdálenost k hřbetnici – Binární vrstvy	106
4.5.13	<i>Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku</i>	107
4.5.13.1	Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodních toků – MCE	107
4.5.13.2	Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodních toků – Logit	107
4.5.13.3	Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti – Binární vrstvy	108
4.5.14	<i>Vertikální vzdálenost nad vodním tokem</i>	109
4.5.14.1	Vertikální vzdálenost nad vodním tokem – MCE	109
4.5.14.2	Vertikální vzdálenost nad vodním tokem - Logit	109
4.5.14.3	Vertikální vzdálenost nad vodním tokem – Binární vrstvy	110
4.5.15	<i>Záplavová území</i>	111
4.5.15.1	Záplavová území – MCE	112
4.5.15.2	Záplavová území - Logit	113
4.5.15.3	Záplavové území – Binární vrstvy	113
4.6	STANOVENÍ VAH (WEIGHT)	113
4.6.1	<i>Stanovení vah pomocí negativních zjištění – váhový index vrstvy</i>	115
4.7	VÝPOČET PREDIKTIVNÍHO MODELU	124
4.7.1	<i>Volba metod</i>	124
4.7.2	<i>Výpočet predikčního modelu – Metoda I. - Multi-criteria evolution</i>	126
4.7.2.1	Fuzzy logic	126
4.7.2.2	Technická řešení metody Fuzzy logic	128
4.7.2.2.1	Výběr a definice funkce	128
4.7.2.2.2	Definice kontrolních bodů	130
4.7.2.3	Výpočet vah (WEIGHT)	131
4.7.2.4	Aplikace Multi-Criteria Evaluation	133
4.7.3	<i>Výpočet predikčního modelu – Metoda II - Logitový model</i>	134
4.7.3.1	Index významnosti	135
4.7.3.1.1	Modelový příklad	135
4.7.3.2	Použití indexu významnosti	136
4.7.3.3	Výpočet predikční mapy	137
4.7.4	<i>Metoda 3 sčítání vážených Booleovských vrstev</i>	138
4.7.4.1	Tvorba binárních vrstev	138

4.7.4.1.1	Modelový příklad - binární vrstvy	139
4.7.4.2	Aplikace vah – Booleovské vrstvy	141
4.7.4.3	Výpočet predikční mapy	142
4.8	FINÁLNÍ ÚPRAVA PREDIKČNÍCH MAP	142
4.9	TESTOVÁNÍ PREDIKTIVNÍHO MODELU	144
4.9.1	<i>Testovací soubor</i>	144
4.9.2	<i>Test I - Kwammeho koeficient</i>	145
4.9.3	<i>Test II Negativní zjištění – index K</i>	149
4.10	POROVNÁNÍ MODELŮ.	153
4.10.1	<i>Nepřímé porovnání</i>	153
4.10.2	<i>Přímé porovnání</i>	155
4.10.3	<i>Porovnání technické náročnosti modelů</i>	156
4.11	PROBLEMATICKÉ ASPEKTY TVORBY MODELŮ	157
4.11.1	<i>Heterogenita zájmového území</i>	157
4.11.1.1	Modelový příklad	157
4.11.2	<i>Prostorová nereprezentativnost dat</i>	160
4.11.3	<i>Znalost mechanismu tvorby modelu</i>	161
4.11.4	<i>Zlepšování modelů</i>	161
4.12	APLIKACE MODELŮ	163
5	ZÁVĚR	163
6	ABSTRACT	166
7	АННОТАЦИЯ.	168
8	SEZNAM LITERATURY	171
9	OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY	188

1 ÚVOD

Predikční modelování je v současné archeologii velmi akcentovaná oblast výzkumu. Tato skutečnost je vyvolána nejen praktickými důvody, jako je ochrana archeologického dědictví, ale i teoretickými hledisky a zkvalitněním metodologických přístupů v souvislosti s integrací výpočetní techniky (hlavně geografických informačních systémů) do archeologie. To nám umožňuje kvantitativní i kvalitativní posun v metodách hledání archeologických struktur.

Jeden z úkolů, který si tato práce klade je shrnout vývoj predikčního modelování v posledních několika letech, který byl díky neustále se zrychlujícímu rozvoji výpočetní techniky, ale i jiných relevantních oborů velmi překotný. Toto shrnutí je primárně zaměřeno na jednotlivé fáze tvorby modelů, například posouzení jednotlivých přístupů k samotné predikci (induktivní, deduktivní), sběru různých dat a jejich kvalifikaci. Účelem je shromáždit různé varianty postupů při jednotlivých fázích a poukázat na jejich výhody a nevýhody.

Hlavní úkol této práce je však tvorba vlastních predikčních modelů pro území 500 kilometrů čtverečních převážně v bývalém okrese Mělník. Tyto modely mají primárně sloužit k porovnání různých metod predikce, které bude provedeno jak porovnáním různých dimenzí jejich výkonů, tak jejich přímého srovnání. Tomuto účelu je nutné podřídit všechny ohledy tvorby modelu od výběru zájmového území, přes výběr archeologických proměnných až po výběr samotných metod tvorby predikčních modelů.

Vytvořené modely je následně nutné otestovat a porovnat jejich výkony, ale i srovnat mezi sebou, stejně jako srovnat jejich technickou náročnost.

1.1 Definice pojmů

1.1.1 Predikce

Predikce se definuje jako jednoznačná objektivní předpověď vycházející z empiricky zjištěných, eventuálně experimentálně ověřených faktů, ze

zákonitostí, hypotéz a teorií, čili z úplného, systematického vysvětlení na základě současného stavu poznání dané problematiky.

V archeologii je predikce především problémem teoretickým a metodologickým. Skutečnost, že archeolog dovede s dostatečnou přesností předpovědět polohu určitého naleziště, znamená, že správně pochopil faktory, které minulé lidi k výběru jejich areálů vedly (Neustupný, E. 2000f).

V archeologii je uchopení predikce zkomplikováno hlavně faktem, že jsou často jak metodika, tak požadované cíle naprosto jinak chápány akademickou částí archeologů a archeology památkově orientovanými (k těmto termínům viz Neustupný, E. 2000d). Akademicky orientovaná archeologie se snaží archeologické prameny zkoumat, rozpoznat jejich strukturování a zjistit události, které ty struktury vytvořily, zatímco památkově orientovaná archeologie je primárně zaměřená na ochranu archeologických památek, jejich zpřístupnění veřejnosti a neklade si další vědecké cíle (Neustupný, E. 2000b, 155). Tento rozdíl v uchopení může nabývat až určité komunikační bariéry (k diskusi v nizozemské archeologii Verhagen, P. 2007), kdy vzájemná nekompatibilita cílů a metod může vést k naprostému nepochopení. V souvislosti s touto problematikou upozorňuje Z. Stančič (2000) ve své práci také zároveň na rozdílnost chápání predikce u severoamerické archeologie a evropské, kdy ta severoamerická je podle něj zaměřena výhradně na památkovou péči (např. Whitley, T. 2004b, Dalla Bona, L. 2000); důvod vidí v jiné legislativě (viz Kapitola 4). I při pouhém zhodnocení běžně dostupné literatury týkající se predikčního modelování (viz. Kapitola 4.) je tento nepoměr velmi silně zřetelný. V souvislosti s tím je nutné zmínit skutečnost, že mnoho archeologů severoamerické proveniencie se podílí na akademicky zaměřených projektech v Evropě (např. Stančič, Z. - Kvamme, K., 1999, Arnese, A. 2007).

Rozdíl mezi památkovou a akademickou archeologií v případě predikčního modelování může nabývat i naprosto rozdílného uchopení některých jevů. Například u říčních niv, které jsou z hlediska památkově orientované archeologie prohlášeny za nezajímavé (tzn. není možné v těchto místech ohrozit kulturní dědictví z důvodu vysoké vrstvy naplavenin), z jejich

úhlu pohledu je to tak správné, ale z hlediska akademického si uvědomujeme, že absence nalezených komponent je druhotná díky erozi nebo nenalezená díky náplavám, a z hlediska studování sídelní struktury s tím musí být počítáno (Kuna, M 2004).

1.1.2 Induktivní přístup

Pokud zvolíme induktivní metodu, je nutné postupovat od jednotlivých faktů ke všeobecným pojmům, pravidlům, zákonům. Tato metoda se vyznačuje konkrétností a názorností. Ve vědecké metodologii spočívá v tom, že od jednotlivých pozorování a elementárních tvrzení přecházíme k tvrzením universálním. Například pokud pozorujeme, že největší vzdálenost neolitických komponent je 428 metrů, učiníme závěr, že za touto hranicí nebyly žádné rezidenční areály zřizovány. Osobnostmi důležitými pro vývoj metody byly v 18. století francouzští a angličtí osvícenci, zejména pak encyklopedisté, jako Voltaire, Rousseau, Diderot, Montesquieu, d'Alembert, Condillac a další. V průběhu času byla tato metoda čím dále více diskutována nebo dokonce popírána (například Popper, K. 1997), přesto dosáhl tento přístup v archeologii značných úspěchů (např. Rulf, J. 1983). V současné době se o jeho oprávněnosti vede diskuse, v níž někteří zdůrazňují přednosti přístupu opačného, totiž deduktivního (např. Kamermans, P. 2000). Hlavním důvodem kritiky je fakt, že pokud je preferována indukce a vychází se z pramenů, dojde zpravidla k přehlédnutí mnoha archeologických pozorování, protože nejsou očekávána.

Je nutné si však uvědomit přednosti induktivního přístupu, neboť může odhalit specifické aspekty pravěké kultury, které bychom z obecných zákonitostí a současných zkušeností s užíváním krajiny člověkem nemohli generovat (Kuna, M. 2000).

Prediktivní modely tvořené pomocí induktivního přístupu v současné archeologii naprosto převládají. V predikčním modelování má tento přístup většinou tu podobu, že se zjistí korelace mezi dosud známými archeologickými metodami a vlastnostmi současného prostředí. Pomocí různých statistických metod se odhalí vztah (existuje – li) mezi těmito skupinami proměnných.

Zjištěné vztahy se pak zpětně použijí na území, pro které predikční model vytváříme. Výhodou uvedených postupů je značná rychlost a jednoduchost.

Nevýhodou takových modelů je skutečnost, že i přes to, že jsou schopny do jisté míry odhalit vztahy, které jsou mezi komponentami a jejich prostředím, často jsou schopny jen velmi obtížně tyto vztahy interpretovat v termínech živé kultury (k tomuto termínu viz. Neustupný, E. 1991). Jde tedy o naprosto mechanické hledání opakujících se podmínek, které se vyskytují na již známých místech, bez vnitřního porozumění a pochopení příčin a důvodů těchto mechanismů (Kamermans, H. 2000). I když jsou v mnoha případech tyto metody velmi úspěšné, nedokážou se často vypořádat s některými problémy, které predikční modelování často přináší. K těmto problémům může například patřit odlišný druh krajiny v rámci zájmového území, kde ať už z důvodu archeologické nepřístupnosti, či prosté „neviditelnosti“ komponent nemáme žádná vstupní data. Typickým příkladem jsou opět říční nivy, kde jsou komponenty oderodované, nebo překryté náplavami.

Pokud tedy zjištěné vztahy mezi známými archeologickými a nearcheologickými proměnnými mechanicky přeneseme na takové místo, bude vyhodnoceno pro umístění areálu aktivity jako nevhodné. Vážným problémem mohou být i místa, která i přes skutečnost, že na nich velmi silně negativně korelují proměnné, mohla být k umístění nějakého areálu aktivity minulými lidmi vhodná po adaptaci (myšlena adaptace prostředí lidmi – ne naopak srov. Neustupný, E. 2010).

Další nevýhodou predikčních modelů vzniklých induktivní metodou je jejich geografická omezenost. Nelze je přenést ani do drobně topograficky odlišného regionu.

Predikční modely vzniklé pomocí induktivní metody jsou navíc z hlediska mechanismu vzniku schopny odhalit pouze archeologické jevy, které jsou velmi časté. Pro velmi řídké jevy tato metoda selhává (Neustupný, E. 2000f) a tyto obtížně odhalitelné jevy mohou nabývat například podoby nadkomunitních areálů (k termínu Neustupný, E. 2007). Šance na objevení tohoto typu areálu je běžnou induktivní metodou velmi nízká, neboť lokalizace takového areálu je

nezávislá na běžně sledovaných environmentálních proměnných a navíc je takový areál zastoupen v rámci regionů pouze ve velmi malých hustotách, což zamezuje regulárnímu statistickému zhodnocení jeho korelace k nearcheologickým proměnným. Problém souvisí také s další stránkou predikčních modelů vzniklých induktivní metodou, a to s tou, že skutečně efektivně mohou pracovat pouze s proměnnými postihujícími přírodní prostředí, která se většinou odvozují od biologických potřeb minulých lidí. U sociálních a symbolických aspektů chování minulých lidí je schopnost identifikace velmi omezená proto, že k poznání takového chování nelze přistoupit bez fungujícího předběžného teoretického modelu. (k této problematice Kuna, M. 2000).

1.1.3 Deduktivní přístup

Obecně se deduktivní přístup definuje jako odvození tvrzení (důsledku) z jednoho nebo několika jiných tvrzení (premis) pomocí odvozovacích pravidel. Toto odvození je u dedukce jisté, nikoli jen pravděpodobné; důsledek je implicitně obsažen v premisách, explicitně se získá aplikací metod logické analýzy. Dedukce je tedy zpravidla přechodem od obecného ke zvláštnímu, důsledek však může být stejně obecný jako výchozí tvrzení.

Deduktivní přístup k predikčnímu modelování se v současné archeologii vyskytuje velmi zřídka. Obecně je tento přístup do predikčního modelování integrován tak, že se nejprve vytvoří předběžný teoretický model (k termínu Neustupný, E. 1967d). Zdroj těchto modelů může být různý. Může se jednat o model vybudovaný na základě pozorování současné živé kultury, v níž žije tvůrce modelu, mohou to být modely odvozené na základě písemných pramenů z minulosti nebo prameny vygenerované z pozorování etnografů, etnoarcheologů nebo jiných specialistů. Dále se může jednat o vědy, které mají za úkol studovat současnou společnost, jako je ekonomie, sociologie, estetika, demografie (Neustupný, E. 2007, 181).

Samotná tvorba modelu probíhá pomocí logické metody a postupuje se od abstraktního ke konkrétnímu. Příkladem takového abstraktního tvrzení v souvislosti s lidským strukturováním prostoru je, že naprostá většina lidských

populací je exogamní a příliš se brání uzavírání a izolaci menších lidských skupin a nutí je uzavírat vnější sňatky, které znamenají také spojenectví a vzájemnou podporu (např Lévi-Strauss, C. 2000). Z tohoto faktu a z toho, že pravěké komunity byly relativně malé, (Neustupný, E. 1986b) se logicky vyvozuje, že je velmi pravděpodobné, že muselo k výměně budoucích partnerů docházet. Z toho vyplývá i vzdálenost jednotlivých komunit; musí být taková, aby umožňovala kontakty v reálném čase atd.

Dalším krokem je deskripce, tedy výběr strukturujících entit a kvalit (Neustupný, E. 2007, 103). Takto strukturovaný deskriptivní systém posléze vstoupí do syntézy struktur, kdy jsou rozpoznány pravidelnosti, které tato data obsahují, a ty jsou následně interpretovány v intencích předběžného teoretického modelu.

Například H. Kamermans (2000, 142) definuje základní předpoklady pro deduktivní přístup jako soubor určitých předpokladů, které považuje zároveň, v některých případech, za problematicky dodržitelné: „Využívání prostředí lidmi v minulosti probíhalo co nejekonomičtěji“. Tato podmínka je do jisté míry sporná, protože lidé se ani v otázkách týkajících se ekonomických aktivit často nerozhodují racionálně (viz Koukolík, F. – Drtilová J. 2002) „Přírodní prostředí a lidské chování specifickým způsobem strukturuje prostor v jednotlivých typech areálů. Existuje vtaž mezi využíváním krajiny a hustotou artefaktů či archeologických lokalit“. Což je jistě pravda, ale tyto jevy nejsou v nějakém jednoduchém matematickém vztahu díky transformacím (viz Neustupný, E. 1986a). „A ekonomické systémy v průběhu různých archeologických období jsou konstantní“, Kamermans, H. 2000, 143) Dodržení této podmínky je těžko splnitelné, protože k takové změně může dojít třeba na základě technologií. Jako příklad je možné uvést zavedení oradla a s tím spojené jak ekonomické, tak společenské změny v tehdejší společnosti na přelomu středoevropského neolitu a eneolitu.

Velmi slibnou možností je kombinace obou přístupů, induktivního a deduktivního. Význam nastíněného induktivního přístupu spočívá zejména v tom, že může odhalit specifické aspekty pravěké kultury, které bychom z obecných zákonitostí a současných zkušeností s užíváním krajiny člověkem

nemohli generovat (Kuna 2000). A s pomocí deduktivního přístupu je možné predikovat i jevy, které jsou málo časté.

1.1.3.1 Teorie sídelních areálů

Tato teorie byla formulována Evženem Neustupným (1986a; 1991; 1994a; 1998, 2001a) v 80. letech dvacátého století. Jde o obecnou teorii postihující fakt, že prostor aktivit minulých lidí byl v minulosti strukturován a tyto struktury jsou dodnes v transformované podobě obsaženy v archeologických pramenech. Hlavními termíny teorie jsou sídelní areál a areál komunit. Komunitní areál je prostor, který sloužil jedné komunitě, a sídelní areál je jeho transformovaný ekvivalent v mrtvé kultuře. Jednotlivé komunitní areály se dělí na areály aktivit, kde každý sloužil nějaké konkrétní aktivitě. Transformovaným ekvivalentem areálů aktivit pro mrtvou kulturu jsou komponenty (viz tab 1).

Živá kultura	Mrtvá kultura (archeologické prameny)
Teorie komunitních areálů Komunitní areál, Různé aktivity se odehrávaly v různých areálech aktivit:	Teorie sídelních areálů Sídelní areál, Po areálech aktivit zůstaly jednotlivé komponenty:
Areál obytný (rezidenční) Areál pohřební Areály výrobní Atd.	Obytná komponenta Pohřební komponenta Výrobní komponenta Atd.
Teorie jinosti	Teorie krajiny
Nadkomunitní areál	Mimosídelní areál
„Opevněné“ areály Kultovní areály Areály těžby surovin	„Hradiště“ „Rondely“ Doly, lomy apod.

Tab. 1: Základní pojmy teorie sídelních areálů (podle Neustupný, E. 2001a)

Uvedená teorie je odvozena z teoretického modelu pravěké společnosti a je navržena pro zemědělský pravěk. Díky ní můžeme v rámci těchto areálů předpokládat zřídka archeologicky identifikovatelné areály polí, pastvin atd. (Neustupný, E. 2001a).

Podobným způsobem byla tato teorie rozšířena na vyšší úroveň, než jsou komunitní areály, a to na sféru jinosti. Jedná se o prostor, který patří

komunitám příbuzným komunitě vlastní. Zatímco v rámci vlastní komunity se jedná většinou o vztahy asistence, mezi sousedními komunitami byly vztahy reciproční. Šlo hlavně o směnu výrobků a surovin, uzavírání manželství a rituální válečnictví (Neústupný, E. 2001a k termínu Neústupný, E. 1996d) Do této sféry jinosti patří areály zvané nadkomunitní areály (Neústupný, E. 2007). K takovým areálům patřily například areály těžby surovin, některé opevněné areály a specializované výroby.

Za světem jinosti leží sféra cizosti, tedy prostor komunit, se kterými žádné pravidelné kontakty vlastní komunita nemá (Neústupný, E. 2001a).

2 ARCHEOLOGICKÉ PREDIKTIVNÍ MODELOVÁNÍ

2.1 *Predikční model*

Predikční model může být definován jako zjednodušený soubor testovatelných hypotéz odvozený buď z předpokladů založených na chování minulých lidí nebo z dosud známých dat získaných empirickým pozorováním, což ústí v schopnost předvídat prostorové rozmístění aktivit minulých lidí v podobě distribuce artefaktů nebo změn krajiny (Kohler, T. 1988, 33).

Z definice vyplývá, že jde o silné zjednodušení reálné skutečnosti. Jedná se o selektivní abstrakce, jež úmyslně redukuje složitost reálného světa do několika málo hledisek. Tato hlediska, která byla vybrána pro tvorbu jednotlivých modelů, nejsou volena pouze s ohledem na budoucí určení modelu, ale do jisté míry se v nich odráží i osobní preference tvůrce modelu (Sebastian, W. – Judge, L. 1988, 1). Autor modelu ho tedy do jisté míry ovlivňuje tím, že do výběru proměnných vstupujících do tvorby modelu projektuje své osobní preference.

Finální podobou takového predikčního modelu je různými způsoby vizualizovaný odhad pravděpodobnosti výskytu nějakého jevu, při čemž se očekává, že ony odhady budou alespoň přibližně odpovídat reálnému světu.

Existují i další druhy definic predikčního modelu, jsou však svým dosahem a zaměřením mnohem užší. Mezi ně patří hlavně definice T.

Podobnikara (2001, 536), který definuje predikční model jako: „*Vysvětlení pravidel* (v originále použito slovo „rules“, podle převažující terminologie v české archeologii bychom asi použili slovo struktury – viz Neustupný, E. 2007) *ve formě, která nám umožňuje mapovat lokality, jež odpovídají podmínkám, které jsou predikovány modelem pro lokality. Z toho důvodu se analyzují vztahy mezi environmentem a lokalitami*“. S touto definicí je možné souhlasit jenom z části. Není pochyb o tom, že predikci je možná provádět až po skutečném pochopení mechanismů, jakými minulí lidé strukturovali prostor kolem sebe (k tomuto tématu viz kapitola 2.1). Tento prvek je klíčový v úspěšné realizaci predikčního modelu. Mnoho archeologů si pod tímto titulem zužuje tuto množinu prvků na pouhé environmentální faktory, což je nepřijatelné. Studium environmentálních faktorů je v současnosti rozšířené proto, že jsou snadno uchopitelné a také z důvodu určité prioritizace těchto faktorů v předposledním archeologickém paradigmatu (viz Neustupný, E. 1976). Vysvětlení těchto mechanismů však nelze spatřovat pouze v úzké množině proměnných, ale je nutné akceptovat současné teoretické modely a snažit se zahrnovat do našich úvah nejen další proměnné, které odpovídají sociálním interakcím mezi členy jednotlivých komunit, ale i vztahy jednotlivých komunit mezi sebou.(viz kapitola 3.2.2 a kapitola 2.3.1) nebo určité symbolické aspekty chování minulých lidí.

Další definice, navržená Ch. Kincaidem (1988, 550), zní: „*Modely indikují potenciální vztahy mezi přírodním či sociálním prostředím* (v originále „social environment“) *a lokalitami* (v termínech teorie sídlištních areálů bychom řekli asi areály – srov. Kapitola 2.3.1 nebo Neustupný, E. 1994) *aktivit minulých lidí, kteří byli tímto prostředím ovlivněni*“. Tato definice opět navozuje zdání naprosté závislosti minulých lidí na přírodním prostředí (k tomuto nebo Neustupný, E. 2010).

Z uvedených faktů vyplývá, že je asi nejvhodnější predikční model definovat jako nástroj, který na základě našeho rozsahu pochopení strukturování prostoru minulými lidmi je schopen s určitou mírou pravděpodobnosti předvídat toto strukturování.

Philip Verhagen (2009, 98) definoval několik vlastností, které by měl dobrý model mít:

„Dobrý model by měl vysvětlovat struktury, které byly pozorovány v rozložení lokalit v rámci zájmového území. Nestačí pouze vědět, že tam byla predikce pro konkrétní místo učiněna, ale je třeba i vysvětlit, proč byla takto vytvořena. To je zásadní věc v případě čistě indukčních modelů, kde se jejich výsledky často nedají tímto způsobem vysvětlit.

Dobrý model musí být transparentní. Jednotlivé kroky jeho tvorby musí být přesně specifikované a výsledky plně reprodukovatelné.

Dobrý model poskytuje tu nejlepší možnou kvalitu predikce pro konkrétní vstupní data. Musí být tedy maximálně optimalizován.

Dobrý model dobře funguje i v budoucnosti. Zajištění toho lze dosáhnout nezávislým testováním jako neoddělitelnou součástí posuzování kvality modelu.

U dobrého modelu je specifikována nejistota predikce. Je to nutné při určování rizika, přítomného při rozdělování území na místa s vysokou, střední a nízkou pravděpodobností nálezů předmětů archeologického zájmu.“

2.2 Tvorba archeologického predikčního modelu

2.2.1 Archeologické proměnné a relevantní data vstupující do tvorby modelů.

Archeologické proměnné vstupující do celého procesu by mohly být rozděleny na proměnné použité při samotné tvorbě modelu a data, která budou použita na testování kvality modelu. Získávání a práce s daty, která budou použita k testování, jsou diskutovány na jiném místě této práce (viz kapitola 3.3.1).

Další data, která nevstupují přímo do tvorby predikčního modelu, ale jsou relevantní vůči celé metodologii, jsou ta, která byla použita k tvorbě předběžného teoretického modelu. Tato data mohou nabývat různých podob,

může se jednat o data historická, etnografická, sociologická (ke zdrojům a tvorbě modelů viz Neustupný, E. 2007, 76).

2.2.1.1 Prostorové a funkční vymezení dat vstupujících do tvorby predikčních modelů.

Základní jednotkou archeologických dat, je komponenta (k tomuto termínu viz kapitola Neustupný, E. 1994a) která v naprosté většině vstupuje do tvorby archeologických predikčních modelů. Tyto komponenty jsou ve většině případů v zájmu zjednodušení redukovány na polygony (k použití v archeologii viz. Neustupný, E. 1996a) s jednodušším tvarem nebo body. V některých případech se jako základní jednotka použije arbitrárně zvolený polygon. Tento postup se volí nejčastěji, pokud se jako vstupní data používají data z analytických sběrů.

Získání samotných archeologických dat k predikčním modelům je možné ovlivnit dvěma způsoby: Jednotlivé základní jednotky by měly být co nejpřesněji určeny jak časově tak funkčně. Případné špatné zařazení v jednom z těchto hledisek vnáší do budoucího modelu chyby.

2.2.1.2 Zdroje archeologických dat

2.2.1.2.1 Získání nových dat

První možností je provedení samostatných výzkumů odkryvem. Tento způsob je velmi náročný na čas a investované prostředky a může probíhat formou klasických destruktivních výzkumů. Tato metoda není příliš preferovaná, protože je časově nejnáročnější a pokrytí území je při ní nejmenší. Z toho důvodu se nikdy nepoužívá izolovaně a ve většině případů se doplňuje jinými formami sběru dat (např. průzkum Argonského lesa, kapitola 4.1.6, Verhagen, P. - Gazebeek, M. 2007 34), má však několik nezanedbatelných výhod. Klasický výzkum odkryvem nám na rozdíl od jiných metod sběru dat umožní ve většině případů přesně identifikovat druh komponenty vyskytující se ve zkoumaném místě. Toto hledisko je velmi důležité z důvodu, že pro různé areály aktivit (k tomuto termínu viz kapitola 2,3,1, Neustupný, E. 1994a) byly preferovány různé okolní podmínky.

Identifikování druhu komponenty je tedy v tvorbě kvalitních predikčních modelů klíčové. Další výhodou je, že klasický výzkum při podmínce, že je prozkoumáno dostatečně velké území, dovoluje stanovit mnohem přesněji rozsah takové komponenty. Poslední předností je, že klasický terénní výzkum nám většinou s mnohem větší pravděpodobností a přesností umožní datovat nalezenou komponentu.

Nejčastější způsob, jak si opatřit nová archeologická data, je forma povrchového sběru. Tato metoda je relativně rychlá a mnohem méně nákladná, ale nese s sebou několik omezení, která je nutno brát v úvahu. Povrchový sběr se používá k základnímu vymezení archeologických komponent, ale i k jejich podrobnějšímu popisu a poznání (Kuna, M. 2004, 305). I přesto je nutné brát výpověď povrchových sběrů v chronologickém, prostorovém a kvantitativním ohledu s určitou rezervou a získaná data musí být kriticky hodnocena. Důvodem k obezřetnosti jsou především transformační procesy, kterými movité předměty prošly, než se ocitly ve vrstvě ornice a na jejím povrchu (Kuna, M. 2004, 305). Velký potenciál povrchových sběrů jako metody k získání vstupních dat pro predikční modelování však spočívá v možnosti hodnocení jejich kvantitativního hlediska. V případě, že jsou data získána metodou analytického povrchového sběru (k tomuto termínu Kuna, M. 2004), máme k dispozici georeferencované polygony s dopředu definovanou velikostí spolu s množstvím fragmentů keramiky v nich obsažených. Toto množství fragmentů lze poté v budoucích analýzách použít jako běžnou proměnnou. Filosofie tohoto přístupu tedy rezignuje na použití komponenty jako základní jednotky, ale nahrazuje ji arbitrárně zvoleným polygonem s definovanými souřadnicemi a hustotou fragmentů. V takovém případě je tedy možné rezignovat na samotnou identifikaci rozsahu komponenty a dále s daty pracovat v této podobě, takto se použily například při predikčním modelu pro dálniční síť v Jižní Karolíně (viz kapitola 4.1.17, Whitley, T 2004). Při použití povrchových sběrů je však nutné mít na paměti mechanismy, které ovlivňují pohyb artefaktů po povrchu a tím do jisté míry ovlivňují lokalizaci komponent (Kuna, M. 2004, 337)

Poslední z metod, které se používají pro získání archeologických dat do predikčních modelů, je metoda archeologické mikrosondáže, ale používá se velmi zřídka (viz kapitola 4.1. 13, Madry, S. et al. 2001). Samotné mikrosondáže jsou jen málo destruktivní formou archeologického výzkumu. (Kuna a kol. 2004, 353-362). Způsob integrace těchto dat je opět dvojí. Pomocí sondáže lze identifikovat jednotlivé komponenty, nebo je možné, pokud sondáž probíhá v pravidelné síti, opět uchopit vstupní data jako arbitrárně zvolené polygony odpovídající zvolené síti pro vzorkování.

2.2.1.2.2 *Použití již známých lokalit*

Tato metoda je časově méně náročná než získávání nových dat. Problémem je, že známá data jsou různé kvality. S tím, jak se v průběhu času vyvíjí metodologie archeologie, mění se i standardy a přístup k archeologickým výzkumům. Celou záležitost navíc komplikuje i různý přístup jednotlivých archeologů, kteří výzkumy prováděli. Z těchto důvodů jsou u starších dat někdy nedostatečně datované nebo funkčně identifikované komponenty. Dalším problémem, zvláště u starších výzkumů, daným nedostatečným rozvojem tehdejší techniky je jejich často nedostatečná nebo úplně chybějící prostorová lokalizace.

Zdroje těchto dat mohou být dvojí. Prvním je rešerše literatury, relativně obtížný a pracný způsob sběru existujících dat. Nese s sebou potenciální problémy hlavně proto, že pokud na tomto základě budujeme deskriptivní systém (k tomuto termínu viz Neustupný, E. 2007, 103), nejsme při různých zdrojích dat z literatury často schopni zjistit všechny zvolené deskriptory u všech objektů. Tedy ne všechny záznamy obsahují všechny potřebné deskriptory.

Druhou metodou je použití již existujících databází. Ty mohou být jak regionální, tak státní. V České republice lze jako příklad regionální databáze uvést Databázi nalezišť okresu Chrudim (Neustupný, E. 1996b). Z celostátních je možno uvést Archeologickou databázi Čech vytvářenou Archeologickým ústavem Akademie věd České republiky v Praze (Křivánková, D. – Kuna, M 2004), která pokrývá pouze území Čech. Druhou je Státní archeologický

seznam České republiky, který je vytvářen ve spolupráci Ministerstva kultury České republiky a Národního památkového ústavu. Tento seznam pokrývá celé území státu (Bečvář, L. et al. 2003). Takové databáze jsou však k dispozici pouze v malém počtu států, například Holandský ARCHIS (viz. Kuna, M. 2004).

2.2.1.3 Prostorová a funkční reprezentativnost archeologických dat

Velmi častým problémem nejen při predikčním modelování je prostorová a funkční nerepresentativnost získaných dat. V případě dat získaných pomocí rešerší ze starších výzkumů jde hlavně o to, že byla sbírána za jiným účelem relevantním k předmětu studia vytěžované literatury a z toho důvodu jsou data určitým způsobem prostorově strukturována. Například staré výzkumy se hlavně koncentrují do intavilánů a na jejich okraje. Tam se skoro nikdy neprovádějí povrchové sběry, takže jejich prostory se vzájemně vylučují. Podobný problém vzniká při přebírání dat z jiných databází, kde velká většina dat je získaná ze záchranných výzkumů vynucených moderní stavební aktivitou a z toho důvodu jsou do prostorové struktury dat vloženy jiné, z hlediska předmětu studia rušivé struktury. Tyto jsou utvořeny odrazem aktivit současných lidí, a nikoli aktivit minulých lidí, jež studujeme. Takové „falešné“ struktury by mohly, hlavně při malém množství vstupních dat, celý výsledek predikčního modelu ovlivnit. Slovo „falešné“ zde není tak úplně přesné, protože se pořád jedná o struktury vzniklé aktivitou minulých lidí, tedy o předmět archeologického studia, ale vzhledem k predikčnímu modelování jiných, starších druhů aktivit působí rušivě. Dále se může jednat o struktury zanesené do souboru transformacemi (k termínu Neustupný, E. 2007), nebo archeologickým výzkumem. Pokud by nastala nutnost vypořádat se s podobným způsobem ovlivněnými daty, je možné použít takzvaný subsampling (Banning, E. 2002, 117) čili „podvzorkování“, kdy dojde na základě statistikou odůvodněných hledisek k výběru jen některých lokalit z celkového počtu a odstraní se zejména prostorová nevyváženost. Druhou možností je vážená analýza (Orton, C. 2000), do níž jsou zahrnuta všechna data, ale na základě předem zvoleného klíče se jim přidělí míra významnosti v rámci souboru a s nimi je pak dále počítáno.

Funkční reprezentativnost znamená, že některé druhy komponent jsou pro archeology méně či více viditelné než jiné. Tento problém však není pro metodiku predikčního modelování závažný, pokud je tato „neviditelnost“ zachována rovnoměrně po celém zájmovém území. Je-li ovšem omezena pouze na některé oblasti, mohla by způsobit prostorovou nereprezentativnost dat a s ní související problémy (viz. výše).

Pokud jsou k predikčnímu modelování použita data získaná z výzkumu za tímto účelem a je zvolena vhodná metoda, lze tento problém nereprezentativnosti do značné míry eliminovat.

2.2.1.3.1 Transformace

Nejdůležitějším faktem při práci s takto získanými archeologickými daty je to, že se jedná o transformovanou minulou skutečnost (k termínu archeologických transformací Neustupný, E. 2007). Jsou-li data získána klasickým destruktivním výzkumem a jako základní jednotka se bere komponenta, ovlivňuje tento fakt výsledky budoucího predikčního modelu jen málo. Skutečné problémy mohou nastat, berou-li se jako zdroj dat povrchové sběry a základní jednotkou vstupující do metody je nějaký arbitrárně zvolený polygon, pro který je směrodatné množství artefaktů sesbíraných v jeho obvodě. Zde je nutné kriticky zvažovat možnost působení prostorových transformací, konkrétně postdepoziční procesy (k mechanismům těchto procesů Kuna, M. 2004). Dále je nutno zohlednit kvantitativní transformace a kriticky přistoupit například k již zmíněné hustotě faktů na takto vytýčených polygonech. Není třeba možné mechanicky srovnávat množství artefaktů podléhajících redukci například s fakty s absolutní četností (k termínům Neustupný, E. 2007, 61)

2.2.2 Nearcheologické proměnné vstupující do tvorby modelů.

Archeologická komponenta je složený artefakt (k tomuto termínu viz Neustupný, E. 2007, 31), který má určité formální a prostorové vlastnosti. Proměnné vstupující do tvorby predikčních modelů lze tedy definovat jako formální vlastnosti komponent (k tomuto termínu viz. Neustupný, E. 1994a).

Z definice těchto proměnných je zřejmé, že formálních vlastností artefaktů je nekonečné množství. I k archeologické komponentě bychom mohli najít nekonečné množství vlastností. První fází predikčního modelování, stejně jako každé další analytické části metody, (k metodologii Neustupný, E. 2007, 103) je identifikovat klíčové formální vlastnosti relevantní pro předmět našeho studia a vytvořit deskriptivní systém. Předmětem predikčního modelování je prostorová strukturace právě těch komponent v rámci zájmového území. Smyslem analýzy je zde tedy identifikovat vlastnosti, které strukturaci ovlivňují.

U zdrojů dat, ze kterých se tyto proměnné odvozují, je při tvorbě modelu bezpodmínečně nutné, aby byly dostupné kompletně pro celé zájmové území. Jejich podoba může být různá. Mohou to být papírové mapy, které byly digitalizovány, hotové digitální mapové produkty, letecké, či družicové snímky.

2.2.2.1 Environmentální proměnné (v užším slova smyslu)

Proměnné postihující vlastnosti přírodního prostředí, někdy nazývané environmentální, jsou nejčastěji používané proměnné při tvorbě predikčních modelů (viz kapitola 4.1). I přes skutečnost, že je tato množina pouze jedním z možných východisek vstupujících do celkového obrazu strukturování prostoru minulými lidmi, je v uplynulých letech drtivá většina modelů postavena na použití proměnných z této skupiny, což má dva důvody. První důvod je, že tyto proměnné jsou nejsnáze dostupné. S rozvojem geografických informačních systémů není problém většinu proměnných získat, odvodit nebo spočítat z jiných dostupných dat. Např. proměnné typu nadmořská výška a sklon svahu je možno velmi snadno odvodit z digitálního modelu terénu.

Druhým důvodem, jejich častého použití, je vliv předposledního paradigmatu a jeho chápání lidské kultury jako adaptace na přírodní prostředí. (k tématu Neustupný, E. 1976). Za hlavní strukturující prvky lidského osídlení byly pokládány přírodní vlivy, proto byly logicky zohledňovány v predikčních modelech.

Mezi environmentální proměnné patří ty, které nějakým způsobem ovlivňovaly ekonomické a biologické potřeby minulých lidí. Do tohoto okruhu

se hlavně v případě zemědělských komunit zahrnuje z topografických proměnných nadmořská výška, sklon a orientace svahu s předpokládanou preferencí rovného nebo jižního svahu atd.

Další ze skupiny proměnných, ovlivňujících tyto ekonomické a biologické potřeby minulých lidí, jsou hydrologické poměry krajiny. Dostatek vydatných vodních toků se považuje za limitující faktor každého stálého osídlení. Do hydrologických proměnných lze započítat nejčastěji používanou vzdálenost od vodního toku, a to jak horizontální tak vertikální, nebo časovou náročnost chůze od takového toku. Vodní toky mohou být rozděleny do jednotlivých řádů, podle průtoku nebo pouze na majoritní a minoritní vodní toky atd. Analogicky lze sledovat stejná hlediska pro jiné vodní zdroje, jako jsou jezera, prameny, rezervoáry, které mohou být dále rozděleny na vysychající, nevysychající nebo sezónní atd. Do této skupiny proměnných lze zařadit výšku hladiny spodní vody (např. sledovaná při projektu IKAW – viz kapitola 4.1.4, Deeben, J. et al, 1997) nebo rozsah pravidelných záplav.

Další skupinou, patřící do této množiny, jsou geologické a pedologické poměry zájmového území. Z pedologických faktorů je často sledován druh půdy, textura, půdní vlhkost, matečný substrát, obsah humusu nebo dalších složek, bonita, obsah minerálů atd. Do geologických je možno započítat ty, které ovlivňují kvalitu půdy, druh podloží, výchozy nějakého materiálu, ať už jde o specifické druhy kamenné suroviny nebo hrnčířskou hlínu.

Velmi zřídka (např. Hudak, J. et. al. 2011, Arnese, A. 2007, kapitola 4.1.5) dochází ke sledování klimatických podmínek, jako je délka vegetačního období, množství srážek, tloušťka a délka výdrže sněhové pokrývky. Použití těchto faktorů je do jisté míry limitováno faktem, že v dlouhých archeologických obdobích se klima výrazně mění. Problém lze eliminovat pomocí rekonstrukcí klimatu pro jednotlivé sledované období, ale tato data jsou velmi drahá a náročná na získávání. Z projektů, v nichž bylo k tomuto kroku přistoupeno, lze jmenovat Minessotský archeologický predikční model (Mn/Model – viz kapitola 4.1.5, Hudak, J. et. al. 2011), kde byly do predikčního modelu zahrnuty nejen průměrné srážky a teploty rekonstruované pro každé jednotlivé sledované období, ale také byly rozděleny na zimní a letní.

Velkou skupinou environmentálních proměnných je skupina popisující vegetační pokryv. Vegetace ovlivňovala strukturování prostoru minulými lidmi v mnoha ohledech jako zdroj potravin. Neboť i v případě zemědělských populací mohla být výživa doplňována okolními divoce rostoucími plodinami. Vegetace se uplatňovala jako surovina na výrobu artefaktů, dále jako zdroj paliva, důležitý byl její druh a kvalita pro hospodářská zvířata.

E. Neustupný (1986b) přišel s myšlenkou důležitosti bioindikátorů pro samotný výběr míst pro osídlení. Teorie je taková, že minulé komunity vybíraly lokalitu pro sídelní areál (k tomuto tématu viz kapitola 2.3.1, Neustupný, E. 1986b) podle určité specifické rostliny, u které měly empiricky zjištěné, že se vyskytuje v oblastech s optimálním stavem klimatických, pedologických a dalších podmínek. Mechanismus přenosu těchto znalostí mohl být například formou folklóru. Může se tedy jednat o faktor, který je výslednicí obrovského množství vstupních hledisek, o nichž minulí lidé sami nemuseli mít vůbec žádné povědomí. Tento faktor by do určité míry bylo možné sledovat na mapách vegetačního pokryvu.

Z uvedené množiny do predikčních modelů často vstupují proměnné jako vegetační společenstva, variabilita rostlinných druhů, vegetační index, atd. U těchto proměnných lze opět sledovat přítomnost samotných komponent nebo jejich nejbližší vzdálenost k nějakému vegetačnímu typu, například k nejbližšímu vzrostlému lesu atd.

Práce s těmito proměnnými je však zkomplikována skutečností, že běžně dostupné mapy vegetačního pokryvu zaznamenávají stav vegetace v současné době. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám v dlouhých archeologických obdobích nemusí tedy místní současná vegetace odpovídat stavu ve sledované době. Uvedený problém je možné řešit za použití rekonstrukčních map vegetace pro každé jednotlivé sledované období, ale tyto mapy jsou pro mnohá území nedostupné, jejich příprava je velmi náročná a pro některá území s nevhodnými podmínkami, jedná se hlavně o ta území, kde jsou špatné půdní podmínky pro uchování pylů, dokonce nemožná. Tato metoda je však krajně problematická. Z projektů uvedeného směru lze zmínit projekt Agro pontio, při kterém byla na základě palynologických výzkumů ve

studovaném území rekonstruována vegetace období neolitu (viz kapitola 4.1.11, Kamermans, H. 2000, 139)

Dalším příkladem je Minnesotský prediktivní model, v němž bylo tímto způsobem sledováno přes 40 čistě environmentálních proměnných (viz kapitola 4.1.5, Hudak, J. et. al. 2011).

2.2.2.2 Proměnné, které jsou ovlivňovány sociálními faktory

Do množiny sociálních faktorů lze zahrnout všechny proměnné, na jejichž základě lze postihnout sociální aspekty lidského chování (srov. Neustupný, E. 1995a). Z aspektů, které ovlivňují strukturování prostoru minulými lidmi, je možno uvést například kontakty s jinými komunitami. Ty mohou nabývat různých podob a může se jednat například o komunikaci, obchod, výměny budoucích partnerů, rituální válečnictví (k tomuto termínu Neustupný, E. 1996d). Z možných sledovaných proměnných se tedy jedná například o studium průměrné vzdálenosti mezi komponentami jednotlivých druhů na sledovaném území ve sledovaném období, vzdáleností k nejbližší známé obytné komponentě ze sledovaného období, viditelnosti mezi lokalitami. Jednou z možných sledovaných proměnných je také vzdálenost k nejbližšímu nadkomunitnímu areálu (k tomuto termínu viz Neustupný, E. 1994a k možnostem identifikace viz kapitola 5.5.6). Za takový areál může být považována třeba ohrazená výšinná lokalita pro pravěké obytné komponenty nebo kostel a hradisko pro raně středověké obytné komponenty, možná nejbližší město pro vrcholně středověké a novověké obytné komponenty. Pro pozdější období také se může jednat o vzdálenosti k nejbližším komunikacím. Těmi mohou být silnice, řeky vyšších řádů, mořské pobřeží. Určení různých druhů komunikace mezi komunitami nebo nadkomunitními areály nemusí být dosaženo pouze pozitivním archeologickým zjištěním, ale může být modelováno na základě geografických informačních systémů. Pro zjišťování například nejsnazšího průchodu krajinou existují nástroje, které navrhnou nejprostupnější cestu mezi definovanými místy (například John, J. ústní referát na studentské konferenci v Ratajích nad Sázavou).

Pro dohlednost mezi jednotlivými místy existují v geografických systémech specifické nástroje nazývané analýza areálů dohledu. Bylo zjištěno, že mnoho pravěkých areálů je často umístováno s ohledem nejen na rozhled do krajiny (nebo opačně řečeno: na jejich vizuální dominanci při pohledu z okolí), ale i vzájemnou viditelnost či skrytost (Wheatley, D. 1995b). Další hlediska můžeme do těchto analýz vnést, když při jejich aplikaci zohledníme například vegetační pokryv.

Pokud máme nadefinované tyto objekty zájmu se sociálním významem, je možné při jejich zpracování do metodiky opět použít horizontální i časovou vzdálenost k nejbližšímu objektu, dohled od těchto míst nebo na tato místa z různých částí krajiny.

Těchto proměnných bylo za celou historii tvorby predikčních modelů v archeologii (srov. kapitola 4.1) použito jen velmi omezené množství. Důvodem byla jejich nesnadná uchopitelnost a nutnost existence rozvinutých teoretických archeologických modelů a teorie obecně, které by si vynutily studium těchto hledisek a zároveň byly jeho základem. Stav malého zájmu o tyto fenomény paradoxně přetrvával i přes to, že důležitost komunikace mezi jednotlivými minulými komunitami si archeologové uvědomili brzy po druhé světové válce a to s příchodem studií sídelní struktury a systémů: objevily se už v padesátých letech v pracích G. Willeyho (1953). Zájem o toto studium se zvětšil s vývojem „nové“ procesuální archeologie. Bohužel, se veškeré aktivity zájmu tohoto směru bezvýhradně zaměřily jen na jednu subkategorii z celého spektra komunikace, a to ekonomickou stránku jak vzájemných vztahů mezi komunitami, tak vztahů mezi komunitami a hierarchicky vyššími jednotkami, jako byla v tehdejší terminologii „centra“. Částečně to také bylo proto, že jiné než ekonomické snahy jsou mnohem nesnadněji uchopitelné.

2.2.2.3 Proměnné odvozené od symbolických aspektů lidské kultury

Tato skupina proměnných může do jisté míry korelovat se skupinou proměnných postihujících sociální faktory (viz kapitola 3.2.2.2.). Podle E. Neústupného nabývá artefakt symbolického smyslu ve chvíli, kdy začne představovat něco jiného, než skutečně je (Neustupný, E. 1995a). Uvedená

skupina proměnných se velmi špatně uchopuje běžnými metodami. K odhalení samotných proměnných, ale i struktur obsažených v těchto proměnných absolutně není možné dospět pomocí induktivního postupu (k induktivnímu postupu viz kapitola 2.2, k diskusi Kamermans, H. 2000). I tehdy, když empirickým studiem dojde k objevení takových komponent, není možné je posléze bez předběžného modelu správně interpretovat. Tento fakt lze nejlépe dokumentovat na příkladu votivních depotů, kdy se dlouho vedla diskuse, zda se nejedná o sklady například bronzové suroviny. Jediná možnost, jak uchopit tuto problematiku, je pomocí deduktivní metody, kdy naše poznání vychází z testování předběžného modelu (k metodologii viz Neustupný, E. 2007, 76). Typickým příkladem symbolického uchopení prostoru minulými lidmi je potenciální existence takzvaných pseudoartefaktů (Neustupný, E. 2010). Jedná se o přírodní útvary, kterým byl minulými lidmi přisouzen nějaký specifický symbolický smysl, a byly považovány minulými lidmi za výtvořiny nadpřirozených bytostí.

Do této sféry patří i jeden specifický druh komunikace a tou je komunikace s nadpřirozenými bytostmi, která do jisté míry mohla probíhat ve specifických, pro tento účel určených komponentách. Za příklad takové komunikace lze opět pokládat třeba deponování votivních darů, které se právě nacházejí ve specifických, z nějakého důvodu odlišných místech v krajině.

Identifikace takových komponent je velmi obtížná. Už samotná definice „specifická a odlišná místa v krajině“ je velmi vágní a značně subjektivní pojem. Celkové uchopení těchto jevů znesnadňuje také fakt, že archeologie pořád nemá plně vyvinutou teorii vztahující se k těmto fenoménům. Intenzivní studium těchto symbolických aspektů prostoru začalo totiž značně pozdě: plně se jim začala věnovat archeologie až s příchodem postprocesuálního paradigmatu (k tématu viz Neustupný, E. 1976, Kuna, M. 2004, 480). I přes to, že si archeologové od počátku uvědomovali, že některé artefakty neměly pouze praktickou funkci, ale i sociální význam a symbolický smysl, začaly být tyto dimenze účelu akceptovány až během sedmdesátých a osmdesátých let dvacátého století. Bez ohledu na to, že se 20 let může jevit jako doba dostatečně dlouhá pro pokusy, jak definovat jevy a integrovat je jako

proměnné do tvorby prediktivních modelů, je v archeologii zatím velmi malé množství příkladů studia těchto jevů.

Jednou z možností, jakým způsobem tyto aspekty lidské činnosti uchopit, je studium geomorfologie terénu. (Tato proměnná patří při užší definici také mezi environmentální proměnné – její důvod zařazení sem viz níže). S pomocí studia geomorfologie terénu lze odhalit některé aspekty pravěké krajiny, kterým mohli minulí lidé při strukturování prostoru kolem sebe věnovat zvláštní pozornost. Často se jedná o vrcholy dominantních kopců v krajině, nebo naopak úpatí těchto kopců. Dále to mohou být nějaká zvláštní tvarovaná místa v terénu, která ani nemusí být nutně dominantní v rámci větších geografických celků. Dalším z těchto fenoménů může být také takzvaná terénní hrana, kterou do archeologie zavedl M. Kuna (Kuna, M. - Adelsbergerová, D. 1995). Bohužel geomorfologie jako vědní disciplína nemá dosud ještě dostatečně vyvinuté nástroje, aby byla schopná tyto charakteristiky sledovat. Existují určité automatické nástroje, které přibližně mohou rozdělit terén na geomorfologické celky, ale přesto vyžaduje procedura zásah odborníka, který identifikuje správně jednotlivé celky a jejich hranice (Jedlička, K 2010). Z hlediska archeologie je tedy použití této metody problematické. Někdy je možné použití různých programů, jež jsou schopné některé geomorfologické typy identifikovat, jako například LandSerf (Kuna, M. 2009). Ovšem, škála těchto identifikovaných typů je velmi omezená (v případě LandSerfu se jedná pouze o 6 typů terénu.). Další možností je použití několika nástrojů běžných v geografických informačních systémech. M. Kuna (2008) byl tímto způsobem schopen identifikovat údolní nivy, vrcholky, hřbety, terénní hrany (srov. kapitola 5.5).

Podobné geomorfologické typy lze také identifikovat pomocí takzvané „kvality výhledu“. Tento termín vnesl do archeologie Kenneth Kvamme (1988a), který ji definoval jako úhel, pod nímž je z daného místa viditelný níže položený terén. To znamená, že čím větší úhel bylo z daného místa možné obhlédnout, tím o „kvalitnější“ polohu se jedná. Autor usoudil, že důležitost tohoto hlediska spočívá v jeho obranné funkci, což je jistě možné předpokládat například u středověkých hradů (i když existují názory, že i zde byla vizuální

dominance důležitou částí rozhodnutí pro lokalizaci). Ale mnohem zásadnější přínos této veličiny je možno pozorovat například při studiu pohřebních nebo nadkomunitních areálů, kde se předpokládá do jisté míry potřebnost přímého vizuálního kontaktu okolních komunit z nějakého symbolického důvodu, například příslušnosti k většímu geografickému celku, jako je sféra jinosti v případě nadkomunitních areálů. Což mimo jiné lze předpokládat u již výše zmíněného středověkého hradu. Kvalita výhledu může dále sloužit jako deklarace vlastnictví místa komunitou v případě pohřebního areálu.

Další z proměnných uvedených například v práci Z. Stančiče a K. Kvamme (1999, 234) je takzvaný RIM index neboli index hran. Tato metoda měří objem prostoru v hypotetickém válci sestrojeném nad povrchem daného místa. Čím je hodnota menší, tím je reliéf konkávnější a naopak, čím větší, tím je povrch konvexnější. Autoři se tímto způsobem snaží dokázat, že konvexní místa jsou dobře chráněná proti povětrnostním vlivům, a proto se hodí pro obytné areály. A naopak konkávní tvary fungují díky strmým stranám jako dobré útočiště. Opět autoři sami s pozoruhodnou úspěšností aplikovali tyto principy na vyvýšené bronzové lokality na ostrově Brač (viz kapitola 4.1.10).

Určitý symbolický smysl lze přisuzovat dalším specifickým místům v prostoru, může se jednat o soutoky větších řek nebo prameny či jeskyně.

2.2.2.4 Volba proměnných vstupujících do predikčního modelu

Volba jednotlivých proměnných vstupujících do tvorby predikčního modelu musí být uvážlivá. Neměly by být automaticky zařazeny všechny proměnné, co jsou k studovanému území dostupné, ale každá by měla být odůvodněna dopředu připraveným předběžným teoretickým modelem (k tomuto tématu Neustupný, E. 2007, 76). Ten by měl být připraven vzhledem k druhu komponent, které se snažíme predikovat. Lokace rozdílných druhů lidských komponent vyžadovaly odlišné druhy prostředí. Je logické, že například pro těžební areál (k rozdílu termínu komponenta a areál viz. kapitola 2.3.1, Neustupný, E. 1994a) byly nutné naprosto jiné podmínky než pro areál obytný. Dalším hlediskem přípravy takového předběžného teoretického modelu musí být zohlednění časového období, pro které je model vytvářen.

Vzhledem k mechanismům a podnětům, ale i rozdílným technologiím adaptace přírody je místo založení areálů aktivit (k tomuto termínu viz kapitola 2.3.1, Neustupný, E. 1994a) do určité míry odlišné mezi jednotlivými obdobími.

V případě induktivního postupu je tento výběr do jisté míry závislý na kvalifikovaném odhadu zodpovědného archeologa a jeho znalosti problematiky konkrétního sledovaného archeologického fenoménu. V případě deduktivního postupu jsou proměnné vybírány s ohledem na předběžný teoretický model, který je opět výsledkem kombinace dosud známých fakt o studovaném fenoménu, a relevantních dat, které mohou pocházet z ostatních oborů lidské činnosti nebo i životní zkušenosti zodpovědného archeologa (k tématu tvorbě modelů viz. Neustupný, E. 1967d).

K zúžení množství proměnných lze aplikovat určité statistické metody. Nejčastěji jsou k tomu používány t-testy a χ^2 – test. S jejichž pomocí je možné stanovit významnost rozdílu mezi hodnotami nearcheologických proměnných na místech s předměty archeologického zájmu a místy, kde nic nalezeno nebylo. Tyto metody se v archeologické metodologii objevily již v roce 1976 v pracích I. Hoddera, a C. Ortona, (1976).

Další z aspektu, které je nutné vzít v úvahu, je, že se přírodní podmínky v průběhu času mění (ke změnám způsobených člověkem, hlavně v případě změn vodních toků, a metodě, jak tento problém vyřešit viz kapitola 5.5.8.1). Z těchto proměnných se jedná hlavně o klima (viz kapitola 4.1.5, srov. Hudak, J. et. al. 2011) nebo o vegetační pokryv (viz Kapitola 4.1.11, Kamermans, H. 2000, 139).

Také je nutné mít na zřeteli samotné množství vstupujících proměnných. Některé projekty zvolily strategii jejich velkého množství. Například projekt Minnesotský predikční model (Mn/Model – viz kapitola 4.1.5, Hudak, J. et. al. 2011) používal pro výpočet až 40 hlavně environmentálních proměnných. O efektivitě takto velkého počtu proměnných vstupujících do modelů se vedou diskuse. Někteří autoři (např. Dalla Bona, L. 2000, 75) zastávají názor, že hlavních faktorů, podle nichž minulí lidé strukturovali své okolí, je jen malé

množství a tomu by mělo odpovídat i množství proměnných vstupujících do tvorby modelu.

2.2.3 Mechanismus tvorby modelu

Možností a statistických metod použitelných pro samotnou tvorbu modelů je prakticky nekonečné množství, protože mezi sebou lze různé metody kombinovat, či drobně upravovat vstupní premisy i samotné postupy výpočtů. Úkolem této kapitoly je vyjmenovat alespoň základní přístupy a filosofie takové tvorbě.

2.2.3.1 Kvalifikovaný odhad

Jedná se o technicky nejméně náročnou metodu, při níž kvalifikovaný odborník na základě svých znalostí konkrétní problematiky odhadne pravděpodobnost výskytu předmětů archeologického zájmu na konkrétním území. I když tato metoda se může zdát nepokročilá, ve skutečnosti s ní lze v případě geograficky drobných celků dosáhnout velmi dobrých výsledků. Jako příklad lze uvést to, že zkušený odborník je v terénu schopen velmi snadno, někdy pouze vyčtením z mapy, identifikovat některé geomorfologické fenomény, které jsou pomocí komplikovaných metod velmi těžko identifikovatelné. Empirické znalosti problematiky tedy takové predikce v zásadě umožňují. Problém této metody je ovšem geografická omezenost takové metody, nízká efektivita v případě velkých území a nereprodukovatelnost výsledků.

2.2.3.2 Lineární regrese

Lineární regresní modely jsou v archeologii považovány za nejčastěji používané. Jedná se o několik statistických metod, které se používají k rozpoznání vztahu mezi archeologickými komponentami a environmentálními proměnnými (Kvamme, K. 1988). Tento vztah se posléze generalizuje na celé zájmové území. Podle Kennetha Kvamma (1988) se jedná o metodu, která dosahuje nejlepších výkonů v regionálních studiích na rozlohou menších zájmových územích.

2.2.3.3 Multi-criteria decision analysis

Jedná se o celou skupinu metod, jejichž smyslem je zkombinovat velké množství kritérií do jednoho výsledného řešení. Základním předpokladem je, že každá z kombinovaných proměnných má nějaký vliv na to, jakým způsobem minulí lidé strukturovali své osídlení. Rozsah takového vlivu jde ještě navíc moderovat pomocí vah.

2.2.3.4 Booleovské operace

Tato metoda spočívá v tom, že pro každou environmentální proměnnou jsou vytvořeny specifické binární vrstvy, které nabývají hodnot 0 a 1, tedy potenciální přítomnost či nepřítomnost jevu. Tyto vrstvy jsou následně zkombinovány. Metod zkombinování je velké množství. Může se jednat o klasické logické operátory, jako je například konjunkce, kdy výsledkem je pouze průnik oblastí na všech vrstvách označených jako „vhodné“. Výsledek pak vychází opět ve formátu další binární vrstvy. Další možnost je, že jsou vstupní binární vrstvy sčítány a výsledná vrstva může být ve formátu škály hodnot. Celou metodu je možné rozšířit o přidání vah, které vyjadřují, jak velký vliv je možné konkrétní vrstvě přisoudit.

2.2.3.5 Bayesovská statistika

Bayesovská statistická technika se používá k vypočítání pravděpodobnosti pro místa archeologického zájmu a k vyčíslení její spolehlivosti pro kombinaci kvalifikovaného odhadu a dat. Umožňuje tedy zkombinovat určitý subjektivní názor archeologa a klasickou statistiku (Verhagen, P. et al. 2010 435). Nejjednodušší aplikaci takové statistiky může nabývat například, pokud použijeme poměr pozorovaných komponent a očekávaných komponent vzhledem k velikosti plochy nějakého vybraného území a výsledek násobíme číslem ze škály 1 –100, které odhadne archeolog na základě svých vědomostí o důležitosti studované proměnné (Verhagen, P. 2006, 79). V archeologii jsou zatím známé pouze dvě aplikace této metody.

2.2.3.6 Demster -Shafer modelování

Demster-Shaferovo modelování užívá nestandardní přístup k statistice. Využívá koncept „předpokladu“, který je něco jiného, než pravděpodobnost. Předpoklad tedy je, že nic, včetně našich dat a předpokladů, není jisté a my můžeme pouze vyčíslit stupeň nejistoty. (Senz, K. – Ferson, s. 2002) Důvody, proč pochybovat o kvalitě dat, mohou být různé a mohou nabývat například falešných struktur či prostorové nereprezentativnosti dat. Existující data jsou tedy použita na vypočtení „konfirmačních vah“ pomocí statistických metod, které jsou následně použity na vyčíslení stupně nejistoty v modelech (Verhagen, P et al. 2011, 574). Jako příklad lze uvést situaci, kdy na základě statistických testů spočteme jaký je stupeň jistoty, že se např. na vrstvě „sklon svahu“ vyskytne lokalita či „non-site“ (Záměrně necháno bez překladu, protože non-site či off-site v anglofonní literatuře je jiný termín, než v této práci prezentované negativní zjištění. Funkčně i typologicky se jedná o naprosto rozdílné věci).

2.2.3.7 Generalized additive model (GAM)

Tato metoda sestává z kombinace generalizovaných lineárních modelů a aditivních modelů. Jediné známé použití této metody je projekt Univerzity of Colorado pro místní vojenský újezd zabývající se ochranou sídelních komponent a skalních maleb původních obyvatel amerického kontinentu. Autoři komentují, že tato metoda je obzvláště vhodná pro použití „biofyzikálních proměnných“ (Zeidler, J. 2012), v tomto případě se jedná o spektrum klasických environmentálních proměnných.

2.2.4 Testování predikčního modelu

Další etapou predikčního modelování je samotné testování přesnosti predikčního modelu. Tato nutnost ještě nevešla do obecného povědomí a u mnoha vznikajících modelů k uvedené fázi práce nedochází (srov. kapitola 4.1) Kromě toho tato důležitá fáze dosud v archeologii nebyla nijak formalizována a prakticky u každého nového predikčního modelu došlo k testování jinými metodami a na základě jiných vstupních parametrů (viz

kapitola 4.1). Variace používaných metod a dat jsou zapříčiněny například různými okolnostmi vzniku predikčního modelu, různou dostupností kontrolních vzorců dat a také různým účelem vznikajících predikčních modelů.

Samo testování modelů je esenciální pro zjištění jejich přesnosti a výpovědní hodnoty a je nutné pro budoucí iterativní systematické zdokonalování těchto modelů.

2.2.4.1 Data používaná k testování

Jako nejefektivnější způsob testování se jeví použití nezávislého souboru dat. Jedná se tedy o soubor, který v žádné fázi nevstoupil do tvorby modelu. Mnoho současných i minulých predikčních modelů však bylo z důvodu absence takového souboru testováno pouze pomocí dat, která byla použita přímo k tvorbě modelu a jejich testovací schopnost nezávislého ověření funkčnosti modelu je tedy omezená, nebo dokonce nulová. Pomocí takto získaného souboru je možné pouze určit, zda metody použité k samotnému vyhodnocení důležitosti jednotlivých vstupních nezávislých proměnných, tedy environmentálních a dalších nearcheologických proměnných, a jejich následný způsob zkombinování do výsledného modelu odpovídá a reprezentativně zastupuje vstupní data. Ovšem skutečnost, zda byly tyto nearcheologické proměnné vhodně zvoleny a jsou relevantní ke studovaným archeologickým jevům testování za pomoci těchto dat, nijak neověří. Takže metodu lze tedy použít jen jako potvrzení funkčnosti metodiky, ale není možno ji akceptovat jako testování funkčnosti samotného predikčního modelu.

Samotný sběr a podoba dat určených k testování byly Philipem Verhagenem (2009) definovány následovně: množství dat musí být kvantitativně reprezentativní vzorek archeologických jevů, které se snažíme předvídat. Tedy se musíme ujistit, že soubor dat je dostatečně veliký a data jsou získána pomocí zásad pravděpodobnosti a vzorkování. P. Verhagen (2009) tedy postuloval, že vzorek musí být dost velký, aby se dosáhlo požadovaných výsledků s požadovanou přesností. Vzorek musí být dostatečně reprezentativní v rámci studovaného regionu. Metoda sběru musí

být navržena tak, aby se nepřekrývaly konkrétní místo získání dat k tvorbě modelu a data užitá k testování.

Problematika velikosti a reprezentativnosti vzorku je velmi široká. Nesmíme opomíjet ani skutečnost, že tato reprezentativnost nesmí být pouze kvantitativní, ale i kvalitativní a prostorová. Nestačí tedy mít pouze reprezentativní množství dat, ale v rámci vzorku musí být v dostatečném množství zastoupeny i predikované jevy.

Získání dostatečného množství dat a to jak pro samotné predikční modelování, tak pro jeho následné otestování bývá v archeologii často problém. Nejjednodušší formou získání testovacích dat je vydělení specifické sady z již existujících a známých dat. Bohužel tato metoda testování pak někdy znamená zmenšení již tak malého množství dat určeného pro samotnou tvorbu predikčního modelu. Zajímavou výjimkou je predikční model vytvořený pro Aberdeen Proving Ground (viz kapitola 4.17, Kuiper, J. - Wescott, K.1999), který vznikl na základě jiného geograficky podobného území a jako testovací soubor byly použity známé lokality z tohoto území.

Z toho důvodu, pokud to okolnosti, tedy hlavně finanční a časové dovolily, bylo přistoupeno u mnoha projektů k získání vlastní sady dat. Způsob získávání těchto dat mohl nabývat podoby povrchových sběrů (viz kapitola 4.1.19., Podobnikar, T et. al. 2001, 543), drobných sond (viz kapitola 4.1.13, (Madry, S. et al. 2001)), ale i regulérních výzkumů (viz kapitola 4.1.6, Verhagen, P. - Gazenbeek, M. 2007 35). S postupem, při němž jsou kontrolní data získávána zpětně po vytvoření modelu, souvisejí některé problémy, jichž je nutné se vyvarovat. Za prvé je nutné celé území pokrýt rovnoměrně. Fakt, že už je predikční mapa hotová, by mohl svádět k tomu, že při sběru testovacího souboru budou opomíjena místa, která predikční model označil jako místa s nízkou pravděpodobností výskytu archeologického jevu (Verhagenem, P. 2009, 66). Vzhledem k prostorové reprezentativnosti získaných dat by měl být sběr dat pro tento soubor rozložen rovnoměrně po celém území, nezávisle na výsledcích samotného prediktivního modelu.

Množství jednotlivých záznamů pro takový soubor dat či stanovení velikosti území určeného pro získání testovacího reprezentativního vzorku se týká problematiky vzorkování, která je v rámci archeologické metodologie značně rozvinuta, a už od 60. let dvacátého století je jí věnována značná pozornost. (viz. např. Binford, L. 1964, Mueller, J. 1975, Hole, B. 1980, Nance, J. 1983, Shennan, S. 1997, Orton, C. 2000 v České republice například Beneš, J. - Hrubý, P. - Kuna, M. 2004)

2.2.4.2 Metody použité k testování

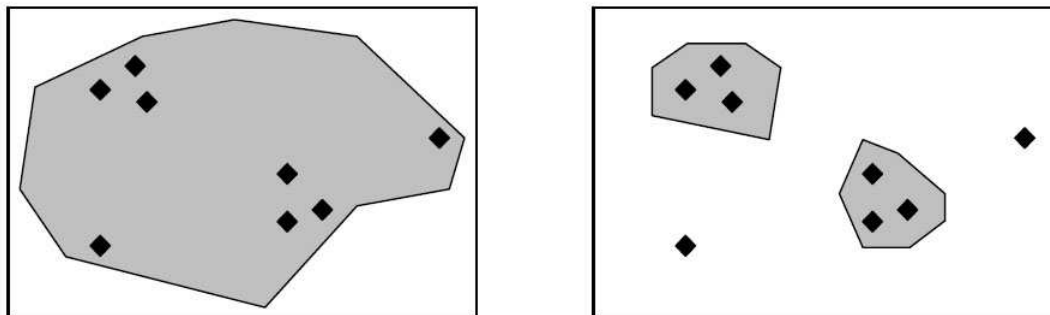
Samotná metoda testování predikčních modelů sestává z posouzení jeho úspěšnosti v porovnání s externím testovacím souborem. V rámci těchto procedur P. Verhagen 2009 zavádí trojici termínů. První z nich je výkon prediktivního modelu. Jedná se o hledisko, které hodnotí, do jaké míry je predikční model úspěšný v predikci prezenze anebo absence archeologických nálezů. To nemusí nutně znamenat výskyt nových, nezávisle sebraných dat. Ve většině případů se výkon měří naopak na datech, která byla použita při tvorbě samotného modelu.

Další z P. Verhagenem (2009) zaváděných termínů je validace (jedná se o jiný proces, než pro jaký používá termín validace Neustupný, E. 2007, 161). Validace je proces, při kterém se porovnáním s testovacím souborem dat, opět se nemusí jednat o data nová, externí, zjišťuje výkon modelu.

Třetím z těchto termínů je testování, kde se jedná o proces porovnání modelu a testovacích dat za účelem přijetí nebo odmítnutí modelu. Tento úkon může být proveden pouze za použití externích dat, tedy těch, která nebyla zúčastněna při tvorbě modelu.

Výkon modelu je definován pomocí dvou hledisek: přesnost a spolehlivost modelu (Verhagen, P. 2009). Spolehlivost (v originále „accuracy“) vypovídá o tom, jak poloha bodů testovacího souboru odpovídá vytvořenému predikčnímu modelu. Tedy jak velké procento bodů souboru zaujímá místa v predikční mapě identifikovaná jako místa s vysokou pravděpodobností. Přesnost (v originále „precision“) modelu je relativní ukazatel a vypovídá o

tom, jak je samotná plocha této kategorie velická vzhledem k celému zájmovému území (viz Obr. 1). Při překladu byly úmyslně posunuty významy termínů z toho důvodu, aby více odpovídaly jejich smyslu v českém jazyce. Byl tedy použit spíše adekvátní překlad než doslovný.



Obr. 1: Rozdíl mezi přesností a spolehlivostí: model nalevo je stoprocentně spolehlivý, kategorie s vysokou předpokládanou pravděpodobností, vyznačená šedě, obsahuje tedy všechny lokality z testovaného souboru označené jako černé tečky.

Další z možností ohodnocení kvality modelu uvedl do archeologie J. Altshul (1988) zavedením termínu hrubá chyba. O hrubou chybu se jedná, pokud existující lokalita leží mimo kategorii označenou na predikčním modelu jako místo s vysokou pravděpodobností. Při naprosto striktní aplikaci modelu při památkové péči tedy tato hrubá chyba může vést k zničení lokality, protože při plánování pomocí, touto chybou zatížené mapy, ztrácejí tato místa status památkově chráněného místa. Druhý termín, který J. Althul (1988) navrhuje, je „plýtvací“ (waste) chyba a jedná se o jev, kdy jsou negativní zjištění uvnitř kategorie označená jako místo s největší pravděpodobností. Tento problém není při památkové péči tak závažný, ale může přinést určité mrhání prostředky na ochranu lokalit bez archeologických nálezů.

Odlíšné metody predikčního modelování ovšem přinášejí jiné výstupní formy modelů, takže funkční část modelů je rozdílná při použití různých metod.

Z toho důvodu je také nutné jinak vzniklé modely testovat různým způsobem. U modelů vzniklých pomocí metod MCE (Dalla Bona 1994) – (multicriteria evaluation) má výstup formu skóre. To lze rozdělit na různé kategorie, hlavně v podobě nízká, střední a vysoká pravděpodobnost výskytu archeologických nálezů. Tento model je možné testovat tím, že se prostě porovná zastoupení dat z testovacího souboru v jednotlivých kategoriích.

Spolehlivost (viz výše, Verhagen 2009) lze ještě otestovat změřením plochy jednotlivých kategorií a následným porovnáním procentuálního zastoupení těchto kategorií vůči celkové ploše studovaného území a procentuální zastoupení záznamů testovaného souboru na těchto kategoriích vzhledem k celkovému množství lokalit v testovaném souboru.

Další z možných metod je použití Booleovy logiky. Výstup z takového modelu je ve formě dvou relativních kategorií označujících potenciální hustotu archeologických nálezů (Verhagen, P. 2009, 107). Tento model je možné ověřit pomocí nezávislého souboru dat, čímž se zjistí, zda model správně předpovídá množství bodů z testovacího souboru v jedné kategorii v porovnání s kategorií druhou. Jinou alternativou je porovnání rozdílu modelů od souboru testovacích dat (Verhagen, P. 2009, 107).

Další možnou metodou je také logistická regrese, kde je výstup v podobě vztahu závislé a nezávislé proměnné, které se pak často rozdělují do dvou tříd, jež vyjadřují afilaci místa k prezenci nebo k absenci archeologických nálezů. Tento model je možné otestovat kalkulací celkového množství lokalit testovaného souboru spadajícího do jedné ze dvou tříd a jejich porovnáním.

Používanou metodou je také Bayesiánský model (Verhagen, P. 2006), kdy výsledek je ve formě odhadu hustoty lokalit v kategorii. Tento model je možné testovat pomocí integrace nových dat do modelu nebo srovnáním podoby modelu s testovaným souborem (Verhagen, P. 2009).

3 HISTORIE PREDIKČNÍHO MODELOVÁNÍ

Počátky prediktivního modelování lze nalézt v 50. a 60. letech, v příchodu takzvané „nové procesuální archeologie“. První úvahy na toto téma se začaly objevovat spolu s rozvojem studia struktury osídlení (Willey, G. R., 1953). Trendy v té době směřovaly k uchopení struktury osídlení minulých lidí jako k výslednici environmentálních faktorů. Dalším velkým impulsem bylo přijetí regionální geografie W. Isarda (1956). Tento geografický přístup vrcholil příchodem „site catchment theory“ (Higgs and Vita-Finzi, 1972), který definoval strukturu lidského chování z pohledu ekonomického chování populací. Pozdní

60. léta 20. století byla ve znamení šířících se kvantitativních metod aplikovaných na studium sídelní struktury. Tento trend vrcholí v takzvané prostorové archeologii, reprezentované například D. Clarkem.

Samotný termín prediktivní modelování se začíná vyskytovat až v osmdesátých letech dvacátého století, do té doby se podobná studia byla nazývána lokační analýzou.

Změna legislativy v USA, která způsobila, že se archeologické výzkumy směřjí provádět pouze na státní či na federální půdě, a z toho odvozená potřeba federálních agentur po identifikaci předmětů archeologického zájmu na jejich území přinesla další vlnu zájmu o fenomén tehdy nazývaný „predikční průzkum“ (Verhagen, P. 2007). Jednou z technik, vyvinutou „Jihozápadní archeologickou výzkumnou skupinou (SARG) používanou i nyní, je například porovnání pozorovaného a očekávaného množství lokalit. V této době se také poprvé objevuje termín predikční model (Kohler, T. A. 1988).

Další vývoj byl zaznamenán hlavně ve Spojených státech amerických a Kanadě, v souvislosti s rozvojem počítačové technologie a v jejím rámci hlavně geografických informačních systémů. Geografické informační systémy už od té doby hrály hlavní roli při predikčním modelování hlavně z důvodů jejich schopnosti manipulovat s velkým množstvím geografických dat.

Na začátku 80. let dvacátého století je už aplikace Geografických informačních systémů plně vyvinutá a objevují se predikční modely vzniklé za použití různých statistických a prostorově analytických nástrojů (např. Kvamme, K. 1988).

Na evropském území se zájem o prediktivní modelování objevuje až později, a to na konci 80. let dvacátého století. Důvodem amerického přístupu by mohl být již zmíněný „Akt národní ochrany historického dědictví“, kdy velmi omezené možnosti archeologů při sběru empirických dat vedly k nutnosti vývoje metod, které by umožnily tyto nedostatečné soubory zobecnit. Naproti tomu v Evropě necítili archeologové tlak daný omezenou nálezovou základnou

a nebyla tedy potřeba nové metody vyvíjet (Stančič, Z. - Veljanovski, T. 2000, 147).

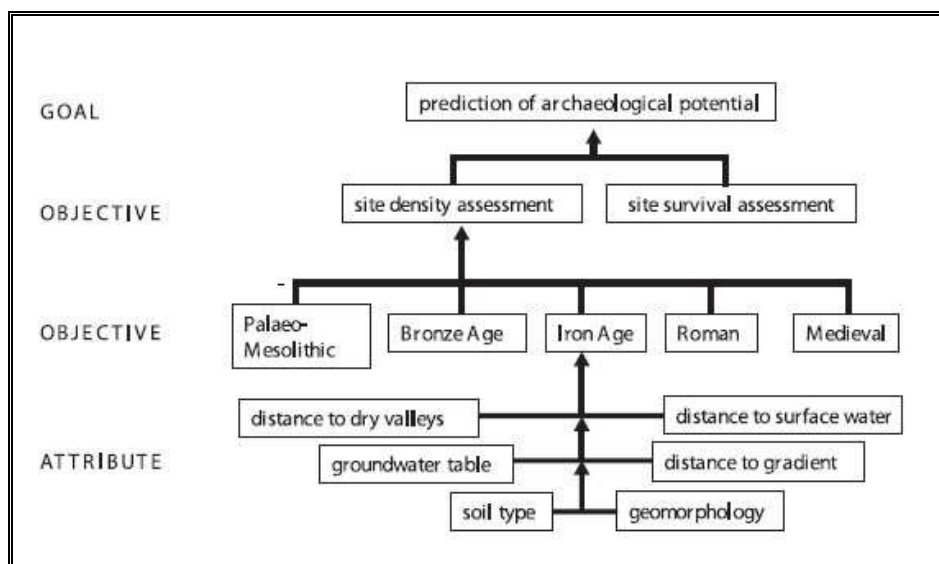
V České republice se první skutečné predikční modelování objevuje až s rozšířením geografických informačních systémů většinou severoamerické provenience.

3.1 Používané metody predikčního modelování – příklady významných projektů.

Předkládané projekty jsou vybrány podle skutečnosti; proběhly nebo byly finálně vyhodnoceny v posledních patnácti letech, řazeny jsou chronologicky.

3.1.1 Projekt EDE

Tento predikční model vznikl pro příměstské oblasti nizozemského města Ede. Původně byl realizován institucí RAAP (Archeologisch Adviesbureau – archeologické poradenství).



Obr. 2: Algoritmus vývoje původního predikčního modelu EDE (podle Soonius -Ankum, 1990)

Do prvotního predikčního modelu vstupovaly environmentální proměnné jako výška hladiny spodní vody, druh půd, vzdálenost k nejbližšímu toku atd.

Výsledný predikční model vznikl tak, že byl dělen počet lokalit na té které specifické kategorii plochou dané kategorie. Tyto hodnoty byly na výsledné predikční mapě zprůměrovány. Závěrečné hodnoty byly rozděleny podle velikosti do tří kategorií a reprezentovaly vysokou, střední a nízkou pravděpodobnost výskytu komponent jednotlivých sledovaných kultur (Soonius, C. M. - Ankum, L. A. 1990).

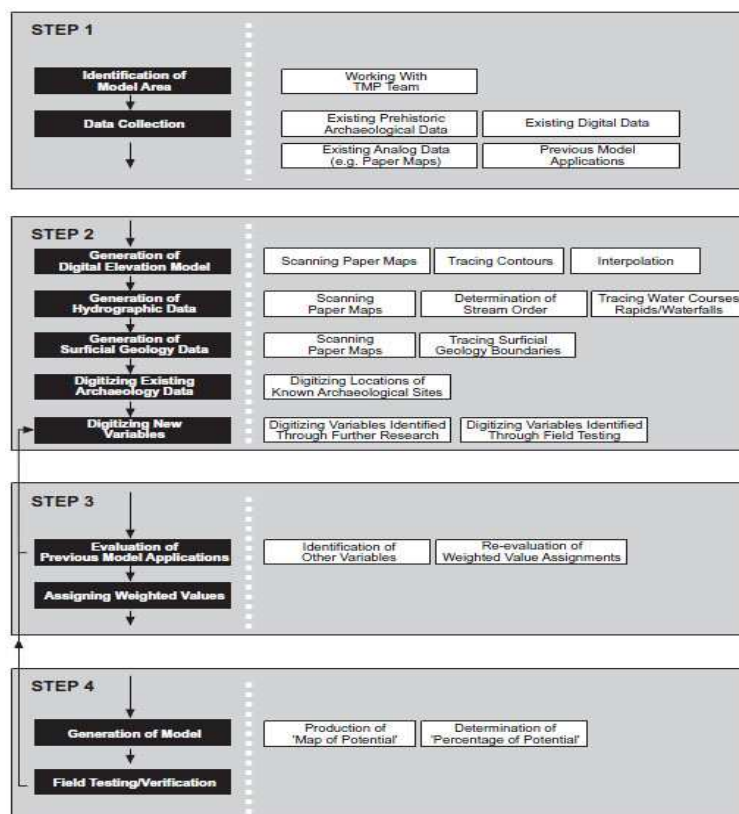
Později byla získaná data použita k testování dalších predikčních metod (Verhagen 2007 71 – 88) První z metod byla Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), druhá byla provedena pomocí Bayesánské statistiky.

3.1.2 Ontario Forest

Zadavatelem výzkumného projektu „Forest management planning“ Ontario bylo kanadské ministerstvo přírodních zdrojů a jeho zpracovatelem bylo Centrum pro archeologickou predikci Lakehead univerzity. Jednalo se o celou řadu různých modelů aplikovaných na různě velká území v rámci lesních oblastí kanadské provincie Ontario. První z těchto provincií byla oblast Geraldton v okolí jezera Burrows. Sledované území zabíralo okolo 142 kilometrů čtverečních. Na celém území bylo známo 37 archeologických lokalit, které vstoupily do výpočtů jako závislé proměnné. Dále byla do výpočtů zahrnuta množina nezávislých proměnných, skládající se z množiny osmi proměnných. Zvažovány byly nadmořská výška, sklon svahu, vzdálenost k tokům různých řádů, orientace svahů, geomorfologie krajiny a kvalita půdy. Na základě statistických testů byla potvrzena signifikace jednotlivých environmentálních proměnných a na jejím základě byly jednotlivým kategoriím přiřazeny indexy a váhy. Ty byly mezi sebou vynásobeny a výsledné hodnoty byly rozděleny do tří kategorií podle pravděpodobnosti výskytu na nejvyšší, střední a nízké. Výsledky byly porovnány s původním souborem lokalit. Kategorie ohodnocená jako nejvyšší obsahovala 12 procent území 89 procent lokalit, kategorie se střední šancí výskytu zabírala 61 procent území a obsahovala 10 procent lokalit a kategorie nejnižší pravděpodobností tvořila 23 procent území a nepatřila do ní žádná lokalita. (Dalla Bona, L. 2000, 141)

Druhé zájmové území bylo Caribou ve stejné oblasti a mělo rozlohu 8000 kilometrů čtverečních. Na celém území bylo známo 23 archeologických lokalit, které do modelu vstoupily jako závislé proměnné. Jako nezávislé proměnné bylo vybráno sedm environmentálních proměnných. Byly to: vzdálenost od vodního toku různých řádů, geomorfologie terénu, kvalita půd a blízkost peřejí a vodopádů. K výpočtu predikčního modelu byla použita stejná metoda. Při validaci modelu bylo zjištěno, že na kategorii vysokého potenciálu, který obsahoval 14% plochy zájmového území, se vyskytlo 95 procent lokalit. (Dalla Bona, L. 2000, 141)

Posledním ze zájmových území bylo okolí jezera Temagami s rozlohou kolem 12 tisíc kilometrů čtverečních. V něm bylo známo 222 archeologických lokalit. Byly použity stejné environmentální proměnné jako u projektu výše. Při testování modelu bylo jisté, že kategorie identifikovaná jako s vysokým potenciálem, jejíž rozloha byla 18,2 % celkové rozlohy území, obsahovala 83 procent lokalit. Kategorie identifikovaná jako území se středním potenciálem obsahovala 73 procent zájmové oblasti a leželo na ní 16 procent lokalit a kategorie s nejnižší šancí výskytu s 8 procenty plochy území neobsahovala žádnou lokalitu. (Dalla Bona, L. 2000, 141)



Obr. 3: Algoritmus zachycující vývoj predikčního modelu (podle Della Bona, L. 1994.7)

3.1.3 Regionální prediktivní mapa pro území Kromme Rijn

Tento projekt proběhl v Nizozemí v letech 1993 – 1995. Zadavatelem bylo ministerstvo zemědělství a na vývoji se podílely organizace ROP. Záměrem projektu bylo vytvořit prediktivní model pro střední část Nizozemí, speciálně pro oblast Kromme Rijn, konkrétně pro malý mikroregion Groenraven. Tento region měl rozlohu 36,7 kilometrů čtverečních. Zaměřen byl na predikci komponent z období laténu a doby římské. (Deeben, J. – Hallewas, D., - Kolen, J. Wiemer, R. 2000 94)

Jako faktory ovlivňující strukturu osídlení do predikčního modelu vstupovaly nadmořská výška, tvar reliéfu, obsah organické hmoty v půdě, obsah jílu, medián velikostí granúl písečné frakce, výška hladiny spodní vody a úroveň pleistocénních písků. Jako archeologické proměnné vstupovalo do modelu 120 lokalit, z toho bylo 26 sídlišť. Kolem těchto lokalit byl vytvořen 400 metrový buffer. Posléze se zjišťovalo, které proměnné s tímto buffrem korelují. Na zjištěné hodnoty byla použita diskriminační analýza. Výstupem projektu

byla mapa pravděpodobnosti výskytu laténských a římských sídlišť. Tato byla následně rozdělena do tří kategorií: malá pravděpodobnost výskytu, střední pravděpodobnost výskytu a velká pravděpodobnost výskytu. Uvedený predikční model byl posléze testován prostým porovnáním množství existujících lokalit spadajících do jednotlivých kategorií. V modelu aplikovaném na celou oblast Kromme Rijn spadalo 59% do nejvyšší předpovědní kategorie z 69 známých lokalit. Model zúžený pouze na oblast Groenraven měl stejnou úspěšnost. Pokud byla porovnávána úspěšnost jenom u lokalit, které byly jednoznačně identifikovány jako obytné komponenty, obsahovala kategorie s nejvyšší pravděpodobností pro celou oblast Kromme Rijn 77% z 20 lokalit a pokud bylo území zúženo jen na mikroregion Groenraven, byla úspěšnost 81% z 21 lokalit. (Deeben, J. – Hallewas, D., - Kolen, J. Wiemer, R. 2000 94).

3.1.4 Projekt „Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW)“

Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW „Indikační mapa archeologických hodnot“) vznikla v roce 1997 v Nizozemí a jedná se o predikční mapu v národním měřítku (Deeben, J. et al, 1997), na území o velikosti 36045 kilometrů čtverečních. Metodologie použitá při tvorbě tohoto modelu byla velmi prostá. Šlo o vytvoření jednoduché mapy na základě velmi omezeného množství archeologických dat a malého množství environmentálních proměnných. Do výpočtu vstupovalo asi 1881 archeologických lokalit a dvě environmentální proměnné – typ půdy a výška hladiny podzemních vod. Později byla ještě doplněna o informace z geologických map. Samotná predikce proběhla výpočtem, kdy byly spočteny hustoty archeologických lokalit na jednotlivých kategoriích typů půdy a výšky spodních vod. Následně byly na základě plochy zjištěny očekávané počty lokalit pro jednotlivé kategorie. Posléze byl sledován poměr mezi očekávaným a skutečným počtem lokalit. Poté bylo území na základě tohoto poměru rozděleno na tři kategorie označující různou pravděpodobnost výskytu archeologických nálezů.

Pro velké části Nizozemí byla její předpovědní hodnota velmi nízká, což bylo způsobeno malým množstvím vstupních dat. Tento problém byl později řešen pomocí konzultací s odborníky v konkrétních regionech a pro konkrétní

archeologická období, což vedlo k několika úpravám původní mapy (Deeben, J. et al., 1997).

V roce 2002 byla vydána druhá verze. I když byla tato mapa primárně vytvořena za účelem ochrany kulturního dědictví, doporučuje se ji používat při vývoji plánů na regionální nebo vnitrostátní úrovni pouze jako vodítko v počátečních fázích (Verhagen, J. 2007, 19)

3.1.5 Minnesotský archeologický prediktivní model (MN/MODEL)

Tento projekt byl zadán minnesotským ministerstvem dopravy a byl financován z prostředků Federálního dálničního úřadu. Uskutečněn byl archeologickou sekcí tohoto ministerstva. Jedná se o projekt obrovského rozsahu, jehož začátek se datuje už do roku 1966. Jeho cílem bylo vytvořit archeologickou predikční mapu pro celé území státu Minnesota a jeho primárním účelem bylo plánování rozvoje silniční sítě. (Hudak, J. et. al. 2011)

Celé území státu bylo rozděleno do 24 regionů a pro každý byl vytvořen samostatný predikční model, ty pak byly skombinovány. Archeologická data byla opatřena pomocí povrchových sběrů provedených v rámci tohoto projektu dříve. Jako nezávislé proměnné vstoupilo do modelu obrovské množství environmentálních faktorů, které lze rozdělit do několika kategorií. Byly to kategorie odvozené z digitálního modelu terénu, a to nadmořská výška, převýšení nad okolím, převažující orientace svahu, relativní výška, sklon svahu, množství slunečního světla, plochost/zakřivenost terénu. Dále to byly proměnné vztahující se k vodním zdrojům: vzdálenost od vodního toku, velikost nejbližšího vodního rezervoáru, směr k nejbližší vodě, směr k nejbližší nevysychající vodě. Byly zařazeny pedologické informace a to druh půd a vzdálenost k nejbližším organickým půdám, informace o vegetaci, kde byly sledovány nejen druhy vegetace v místě, ale i vzdálenosti k nejbližším různým vegetačním pokryvům. Byly zahrnuty i vzdálenosti ke zdrojům, riziko eroze v místě a další informace z kvartérní geologie. Jednalo se o skoro 40 jednotlivých vrstev obsahujících environmentální faktory. Samotný model byl vytvořen pomocí logistické regresní analýzy. Výsledné mapy byly rozděleny

podle pravděpodobnosti výskytu archeologických lokalit na vysokou, střední a nízkou pravděpodobnost. (Hudak, J. et. al. 2011)

Celý model již prošel třemi fázemi, při kterých se neustále zvyšuje přesnost. Fáze I z roku 1996 měla o 22% - 54% lepší úspěšnost při testování než starší predikční metody, založené na empirii, a tato přesnost neustále stoupala až na 44% až 90% lepší úspěšnost při fázi III. Projekt stále probíhá.

3.1.6 Prediktivní model výskytu římských keramických pecí v Argonském regionu

Cílem tohoto projektu, který probíhal v letech 1996 – 1998, bylo vytvořit přehled metod průzkumu vhodných pro tento konkrétní region, protože padesát procent regionu je pokryto lesy a bylo nutno stanovit lokality vhodné pro archeologickou rezervaci. Objektem predikce byly římské keramické pece. Byly vytvořeny celkem tři modely. První vznikl ještě před začátkem samotných terénních průzkumů a měl fungovat jako orientační. Pracoval se vztahem pecí ke zdrojům surovin, konkrétně blízkosti hrncířské hlíny a vodního zdroje, Dále bylo empiricky zjištěno, že se keramické pece často vyskytují na dnech údolí. Jako vstupní proměnné byly tedy vybrány sklon a orientace svahu a geologické podloží. Data pak byla podrobena testu Chi-kvadrát (Test dobré shody) a byly vybrány signifikantní proměnné. Následně byly vrstvy reklasifikovány podle hustoty nálezů a byl mezi nimi vypočten průměr. Úspěšnost tohoto predikčního modelu byla nízká. (Verhagen, P. - Gazenbeek, M. 2007 34).

Druhý predikční model byl vytvořen až po celé sérii povrchových průzkumů regionu, během nichž se velmi zvýšil počet známých sledovaných lokalit. Z nových dat byl patrný vztah těchto lokalit k geologické formaci, známé jako „sables verts“. Mezi těmito formacemi a lokalitami byly spočítány vzdálenosti. Dále byly také zahrnuty vzdálenosti k vodnímu toku, sklon svahu a vzdálenost k další geologické formaci, známé jako Gaize. Posléze byla data podrobena testu Chi-kvadrát. A do modelu byly zahrnuty ty proměnné, které byly statisticky významné. Opět byly vrstvy reklasifikovány podle hustoty nálezů a byl mezi nimi vypočten průměr. Tento model je velmi úspěšný pro

některé části regionu, pro další už tak úspěšný není (Verhagen, P. - Gazenbeek, M. 2007 35)

Třetí model byl uskutečněn za účelem optimální spolehlivosti ze statistického hlediska a měl otestovat kvalitu geologických map a zpřesnit předpovědi i pro ostatní regiony oblasti. (Verhagen, P. - Gazenbeek, M. 2007 37)

3.1.7 Aberdeen Proving Ground

Tento model byl vytvořen v americkém státě Maryland v severní části zálivu Chesapeake. Studované území mělo rozlohu přes 157 kilometrů čtverečních a bylo dosud velmi málo archeologicky prozkoumané, bylo z něj známo pouze 46 archeologických komponent. Z důvodu tohoto nízkého počtu nebyla data vůbec použita pro tvorbu modelu, ale byla ponechána na později k otestování vzniklých modelů. Jako závislé proměnné bylo do výpočtu modelu zahrnuto 500 lokalit, které se nacházely v okolních oblastech a měly podobné vlastnosti jako sledované území. Archeologické lokality byly rozděleny na dvě kategorie, a to Shell midden, což je komponenta vzniklá při lidské aktivitě spojené s využíváním měkkýšů jako zdroje potravy, a non shell (Kuiper, J. - Wescott, K.1999).

Jako environmentální proměnné byly do modelu zahrnuty vzdálenosti k nejbližšímu vodnímu toku, druhy půd, topografie, sklon terénu, nadmořská výška, orientace svahů a geomorfologie. Poté bylo náhodně vybráno v oblasti 500 lokalit, u kterých se nepředpokládala možnost nějakého archeologického nálezů, a byly pro ně odečteny také tyto environmentální hodnoty. Dále byly mezi sebou tyto množiny vrstev porovnány a zjišťovalo se, jaké jsou nejvíce rozdílné. Tímto způsobem byly vybrány čtyři vrstvy. V jejich rámci byly ještě hodnoty rozděleny na dvě kategorie podle vhodnosti. Vybrané vrstvy byly: vzdálenost k vodnímu toku, kde linie mezi kategoriemi probíhala v 500 metrech. Nadmořská výška byla rozdělena na menší než 6 metrů a větší než šest metrů. Dále se jednalo o typ vody, kde byly kategorie sladká a brakická, tedy s částečnou koncentrací soli. Geomorfologická vrstva byla rozdělena na terasy, útesy a záplavové pláně. Samotný model byl vypočítán tak, že byly

spočteny procentuální podíly známých lokalit na všech kombinacích těchto kategorií. (Kuiper, J. - Wescott, K.1999)

Výsledné kombinace byly rozděleny do třech kategorií, kdy do 6,25 procenta se jednalo o malou pravděpodobnost, mezi 6,25 a 20 procenty o střední pravděpodobnost a větší než 20% o vysokou pravděpodobnost. Přesnost byla testována pomocí 46 archeologických lokalit známých přímo na zájmovém území a 42 z nich ležely v kategorii s vysokou pravděpodobností a zaujímaly 29 procent území. Kategorie se střední pravděpodobností zabírala 29 procent území a vyskytly se na ní pouze 4 lokality a kategorie s nejnižší pravděpodobností neobsahovala žádnou lokalitu a zabírala 51,8 procent území. (Kuiper, J. - Wescott, K.1999).

3.1.8 Predikční model v údolí Labe u Drážďan

Tento predikční model vznikl u příležitosti stavby dálnice mezi Drážďanami a Prahou. První model byl vytvořen již v roce 1996 a pokrýval obdélník 25krát 20 kilometrů. Data, která vstupovala do modelování, byla: geomorfologie terénu, druh a kvalita půd a blízkost známých lokalit. Problémem bylo, že díky technice zpracování vrstev v geografických systémech byl velmi posílen faktor geomorfologie terénu. Komplikace spočívaly i v tom, že skoro všechny lokality, které sloužily k výrobě vrstvy indikující blízkost dalších lokalit, byly středověké vesnice, u nichž se ukázalo, že nemají naprosto žádnou relevanci k pravěkému osídlení.

Do tvorby druhého predikčního modelu byly zahrnuty proměnné: geomorfologický typ, nadmořská výška, sklon svahu, typ půd a blízkost nejbližšího vodního toku. Jako závislé proměnné vstupovaly do výpočtu komponenty pro jednotlivá období, rozdělené podle toho, zda se jednalo o pohřební nebo obytnou komponentu. K rozpoznání odchylky od normálního rozdělení lokalit v rámci území byl použit statistický test Chi–kvadrát. K vytvoření samotné predikční mapy byla použita metoda "Weights of Evidence Method", která je vhodná pro kombinování důkazů na podporu hypotézy. Tato metoda byla původně vyvinuta pro aplikace v lékařské diagnostice. Sami

autoři konstatovali, že podobné metody se hodí jen pro velmi dobře archeologicky prozkoumané regiony. (Vries De, P. 2007)

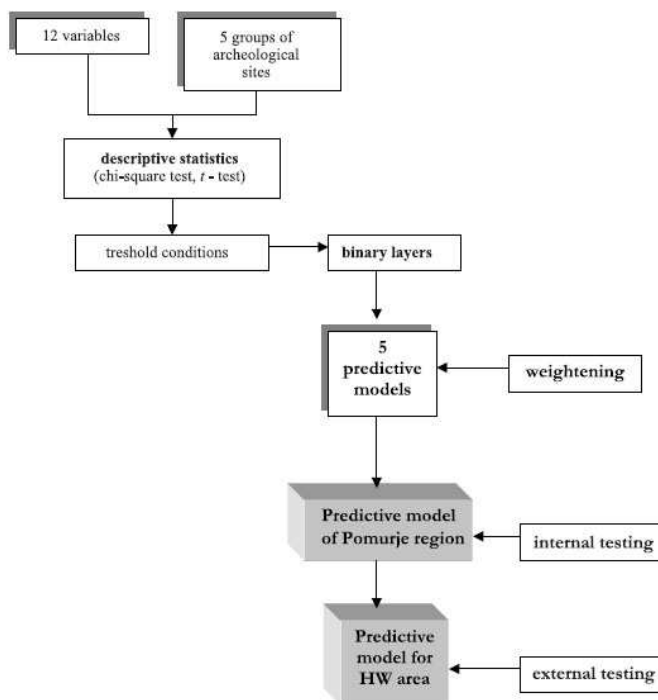
3.1.9 Oblast Pomurje

Oblast Pomurje se nalézá v severovýchodním Slovinsku. Tento projekt byl vyvolán stavbou dálnice napříč celou zemí. Koridor sledoval přibližně tok řeky Mura a byl dlouhý 11,2 kilometru a jeho plocha byla 384 kilometrů čtverečních. Jako archeologických proměnných bylo použito celkem 90 archeologických lokalit rozdělených do pěti skupin: obecně pravěká sídliště, kterých bylo 9., římská a raně středověká sídliště, kterých bylo 11, mohyly, kterých bylo 28, nedatované mohyly, kterých bylo 18 a izolované nálezy, kde šlo hlavně o sekyry, kterých bylo 15. Dále do modelu vstupovalo 12 environmentálních proměnných získaných z map a snímků Landsat. Tyto proměnné byly: nadmořská výška, sklon terénu, orientace svahu, geologické podloží, kvalita půdy, vzdálenost k nejbližšímu vodnímu toku, vzdálenost k hlavnímu vodnímu toku, land use (druh využití krajiny), vegetační index a tři půdní indexy, které byly Clay minerals, Ferrous mineral a Ferric mineral. (Podobnikar, T. et al. 2001, 541).

Posléze byly pomocí různých statistických testů jako Chí-kvadrát a Studentův t-test vyhodnocovány korelace mezi jednotlivými archeologickými proměnnými, zmíněnými environmentálními faktory. Poté bylo vytvořeno 12 binárních vrstev, kde hodnoty jedna představovaly silnou korelaci archeologických lokalit s tímto jevem a hodnoty nula naopak nízkou korelaci. Těchto 12 binárních vrstev bylo podobným způsobem připraveno pro všech šest archeologických proměnných. Pak byly skupiny vrstev pro jednotlivé archeologické jevy sečteny a výsledkem bylo šest predikčních map, jedna pro každé období, kde škála 0–12 značila vhodnost toho kterého území pro jednotlivé druhy archeologických lokalit. Následně byla tato škála rozdělena na tři kategorie, a to vysokou, střední a nízkou. (Podobnikar, T. et al. 2001, 542)

Nakonec byl model testován na dvou různých vzorcích. První vzorek byl ten, ze kterého byl vypočten samotný predikční model. Zde se zjistilo, že v kategorii „vysoká pravděpodobnost“ se vyskytuje 81% lokalit. Zbýlých 19%

spadalo do kategorie střední pravděpodobnost. Žádná lokalita nenáležela ke kategorii nízká pravděpodobnost. Druhý testovací vzorek pocházel z povrchových sběrů provedených v průběhu samotného projektu a i u těchto dat se přesnost modelu ukázala jako dostačující. (Podobnikar, T. et al. 2001, 543)



Obr. 4: Schéma vývoje predikčního modelu pro region Pomurje. (podle Podobnikar, T, et al., 542)

3.1.10 Výšinné lokality z doby bronzové na ostrově Brač.

Na ostrově Brač v Jaderském moři proběhlo hned několik projektů, zabývajících se predikčními modely pro různá období a druhy komponent.

Prvním byl projekt, který se zabýval vyvýšenými lokalitami z doby bronzové. Cílem tohoto projektu bylo vyzkoušet, jak efektivně lze prediktivní modelování použít na malém počtu lokalit. Sledované území bylo veliké 120 kilometrů čtverečních a zaujímalo asi čtvrtinu celého ostrova. Zároveň pokrývalo jeden ze tří biotypů vyskytujících se na ostrově. Další hledisko bylo, že se na tomto území vyskytovala skoro polovina všech mohyl a vyvýšených lokalit z doby bronzové na celém ostrově. I přes tuto skutečnost byla množina

závislých proměnných velmi nízká, jednalo se pouze o osm vyvýšených lokalit (Stančíč, Z. - Kvamme, K., 1999).

Při projektu byly navrženy nezávislé proměnné, které měly podle autorů vystihovat přírodní a sociální prostředí těchto lokalit. Byly to proměnné postihující reliéf, konkrétně nadmořská výška, sklon svahu a indexy sledující různé zakřivení terénu, konkrétně ridge/drainage index, RIM index a relief below index (viz kapitola 3.2.2.2). Dále byly zahrnuty proměnné, které měly vyjadřovat sociální význam vyvýšených lokalit, tedy dohlednost, vzdálenost od pobřeží, vzdálenost nejbližší známé lokality stejného typu a vzdálenosti od nejbližšího mohylníku. Tyto vrstvy byly rozděleny na dvě kategorie s hodnotami jedna a nula na základě empirických dat. Například byla spočítána průměrná vzdálenost mezi vyvýšenými lokalitami a okolo známých lokalit byl vyroben buffer. Všechno vně bufferu bylo klasifikováno jako hodnota jedna. Předpoklad byl takový, že vyvýšené lokality dodržují od sebe nějakou standardní vzdálenost a uvnitř této vzdálenosti by se žádná lokalita neměla vyskytnout. Analogicky k tomuto postupu byly klasifikovány i další vrstvy.

Následně byly tyto vrstvy skombinovány pomocí Booleovy logiky a výsledkem byl predikční model. (Stančíč, Z. - Kvamme, K., 1999).

3.1.11 Projekt Agro Pontio

Agro Pontio je přímořská planina vzdálená 80 kilometrů jihovýchodně od Říma na pobřeží Tyrhenského moře. Sledované území bylo veliké přibližně 750 kilometrů čtverečních. Na celé ploše zájmového území bylo známo 360 archeologických lokalit, z čehož bylo 289 multikulturních. Všechny tyto lokality byly použity k výpočtu nezávisle na tom, z jakého byly období nebo o jaké se jednalo komponenty. (Kamermans, H. 2000, 124).

K tvorbě predikčního modelu byly použity dvě metody, a to induktivní a deduktivní. Induktivní metodou byla celá oblast rozdělena na kategorie pomocí geologických map. Tyto kategorie byly například holocenní duny, pleistocenní vulkanické vrstvy, horní pleistocenní travertinové uložení atd. Jednalo se o 11 geologických typů. Posléze byly stanoveny podíly plochy těchto kategorií na ploše kompletního území. Poté byly spočítány podíly množství lokalit

ležících na těchto kategoriích vůči celkovému množství (viz kapitola 5.7.1). Na zjištění statistické významnosti byl použit Attwel-Fletcher test. Následně byly mapy jednotlivých kategorií reklasifikovány podle výsledných podílů. Druhou množinou dat byla geomorfologie terénu, která obsahovala celkem 7 geomorfologických typů. Opět byl sledován poměr očekávaných a existujících lokalit a hodnoty byly přiřazeny jednotlivým kategoriím. Poslední množina dat byla mapa kvality půd, se kterou bylo naloženo stejně. Nakonec byly jednotlivé predikční mapy kombinovány. (Kamermans, H. 2000, 128).

Druhá použitá metoda na tomto území byla pokusem o deduktivní model, který byl vytvořen pouze pro období neolitu tak, že na základě geologických informací palynologických výzkumů byla ve studovaném území rekonstruována vegetace období neolitu. A byla rozčleněna na jednotlivé biotopy. Na základě historických a etnografických výzkumů byla poté stanovena zemědělská příhodnost jednotlivých území a rozdělena na kategorie vhodné, středně vhodné a nevhodné. Tento model byl poté otestován tím, že se zjišťovalo, jak dalece zjištěné lokality korelují s jednotlivými kategoriemi (Kamermans, H. 2000, 139).

3.1.12 Projekt Kaulonia

Mezi lety 2001 a 2006 probíhal projekt prováděný Laboratorio di Storia Archeologia e Topografia del Mondo Antico. Jednalo se o území okolo 58 kilometrů čtverečních mezi řekami Assi a Stilaro. Jako vstupní data sloužily výsledky z povrchových sběrů, kterými bylo pokryto 35% území. Následný predikční model se soustředil na nalezení území shodného s „ekologickou nikou“ člověka jako biologického druhu. Do výpočtu byly zahrnuty čtyři environmentální proměnné: nadmořská výška, sklon svahu, orientace svahu a vzdálenost od vodního toku. Tyto proměnné byly zaneseny do výpočtu zvaného ENFA (Ecological-Niche Factor Analysis – Analýza faktorů ekologických nik), jehož výsledkem jsou takzvané mapy vhodnosti obývání. Následné testování bylo provedeno přímo v terénu pomocí povrchových sběrů. Na náhodně vybraných místech z těch, které byly označeny vysokým indexem vhodnosti k obývání, byly nalezeny mírně zvýšené koncentrace prehistorických keramických úlomků.

3.1.13 Projekt pro okres Saint John.

Tento predikční model byl vyvinut na objednávku Plánovací divize oddělení řízení služeb okresu St. John. Projekt probíhal v letech 2000–2001, financován byl grantem ochrany památek státu Florida. Cílem bylo vyvinout archeologický prediktivní model použitelný k ochraně kulturního dědictví vzhledem k rostoucí populaci a stavební aktivitě (Madry, S. et al. 2001).

K tvorbě modelu bylo použito 274 lokalit, sestávajících se jak z pravěkých komponent, tak pozdější koloniální architektury. Do modelu také vstupovalo pět environmentálních proměnných. Byly to: geologické podloží, kvalita půd, vytýčení záplavových oblastí, vzdálenost k nejbližšímu toku nižšího řádu a vzdálenost k nejbližšímu hlavnímu toku .

Významnost jednotlivých lokalit byla zjištěna metodou vážené lineární kombinace. Výsledkem byly čtyři predikční mapy, které vypočítávaly pravděpodobnost pro historické pravěké komponenty. Například „Shell-midden“, což je komponenta lovu a zpracování mořských živočichů. Poslední mapa vypočítávala pravděpodobnost pro všechna sledovaná pravěká období dohromady (Madry, S. et al. 2001).

Celý predikční model byl testován přímo pomocí drobné sondáže. Celkem 122 drobných sond bylo otevřeno na osmi různých místech, klasifikovaných různými pravděpodobnostmi. Všech osm testů, které se ukázaly jako pozitivní, patřilo do oblasti na predikční mapě vyznačené jako nejvyšší místo s největší pravděpodobností.

3.1.14 Predikce římského osídlení na ostrově Brač

Druhá studie provedená na ostrově Brač měla za úkol prozkoumat potenciál vícerozměrných statistických metod při vývoji prediktivních modelů. Model se týkal celého ostrova a zvláštní důraz byl kladen na lokační analýzy římského osídlení lokality, pocházejícího z 2. století př. n.l. do 2. století našeho letopočtu. Celkem 29 přibližně z 90 dosud známých lokalit s římskými nálezy bylo identifikováno jako obytné komponenty. Tyto byly zahrnuty jako závislé proměnné do modelu.

Původně bylo testováno osm environmentálních proměnných, byly to nadmořská výška, sklon svahu, orientace svahu, kvalita půdy, „land use“ (využití krajiny z hlediska surovin), míra eroze, vzdálenost od pobřeží a vzdálenost od Sennonských vápenců (Stančič, Z. - Veljanovski, T., 2000). Po otestování těchto proměnných testem Chí-kvadrát bylo ponecháno pouze pět. Byly to orientace svahu, jednalo se hlavně o jihozápadní svahy, vzdálenost od Sennonských vápenců, hlavně v blízkosti tenké vápencové zóny, nadmořská výška mimo vyšší hodnoty, sklon svahu mimo příliš strmé území. Samotný model byl vytvořen pomocí lineární regresní analýzy (Stančič, Z. - Veljanovski, T., 2000)

Výsledky této metody byly podle autorů neuspokojivé, ukázalo se však, že je velmi dobře schopna posoudit význam jednotlivých proměnných a jejich vliv na osídlení. Jako velmi určující pro osídlení se ukázaly hlavně proměnné orientace svahu s preferencí jihozápadního směru, sklon svahu a nadmořská výška. Dále to byly výchozy bračského mramoru, který se těží dodnes a na ostrově se dosud nalézá mnoho lomů, kde je dobýván. Když byly výsledky analyzovány podrobněji, vyšla najevo nepřesnost predikčního modelu a byla provedena shluková analýza. Vyplynulo z ní, že římské osídlení tvoří na ostrově tři shluky, které mohou být závislé na exploataci různých surovin. Možné vysvětlení chyb predikčního modelu tedy může být už v chybnosti samotných vstupních archeologických dat, kde byly identifikovány všechny komponenty jako obytné. S velkou pravděpodobností byly některé lokality tohoto souboru těžebními areály a jejich rozdílná preference přírodních podmínek mohla způsobit chybu v predikčním modelu (Stančič, Z. - Veljanovski, T., 2000).

3.1.15 Systém pro podporu rozhodnutí pro ministerstvo dopravy Severní Karolíny.

Tento predikční model byl vyvíjen na podnět ministerstva dopravy Severní Karolíny a byl finančně zajištěn Federální dálniční správou. Vypracováním projektu byly pověřeny dvě soukromé společnosti Environmental service Inc. a GAI Consulting. Samotný projekt probíhal mezi roky 2002 a 2003. V první fázi projektu bylo jako zájmové území vybráno 7

okresů v oblasti Piedmont, což bylo přibližně 35 procent rozlohy celého státu. Jednalo se o okresy Cabarrus, Chatham, Forsyth, Granville, Guilford, Randolph, a Wake (Madry, S. et al. 2006, 335).

Pro celý stát Severní Karolína spravuje soupis všech archeologických lokalit instituce s názvem OSA – The Office of State Archaeology. Ta měla k datu vytvoření modelu v registraci 35000 záznamů, do kterých patřily veškeré objekty památkového zájmu od pravěkých lokalit až po koloniální architekturu. Nakonec pro další analýzy byly vybrány 2242 lokality. Environmentální proměnné, které do modelu vstupovaly, byly nadmořská výška, sklon svahu, orientace svahu, množství slunečního svitu, vzdálenost od vodního toku, vertikální vzdálenost od vodního toku, energetická náročnost cesty od vodního toku, vzdálenost od nejbližšího soutoku dvou řek, geomorfologické typy, druhy půd, užívání půdy, vzdálenost od historických obchodních cest. (Madry, S. et al. 2006, 337).

K vyhodnocení signifikace a zjištění důležitosti environmentálních proměnných pro archeologické lokality bylo použito logistické regrese. (Madry, S et al. 2006, 337).

3.1.16 Predikční modelování pohřbených archeologických lokalit v regionu Tricastin-Valdaine

Studované území se rozkládá v údolí řeky Rhone ve Francii. Má rozlohu 1086 kilometrů čtverečních. V tomto území bylo známo 510 archeologických lokalit, z nichž bylo 236 získáno tradičním výzkumem, zbytek povrchovými sběry. Posléze byly tyto lokality rozděleny podle období do šesti kategorií. Z environmentálních proměnných byly sledovány geologické a pedologické jednotky, jako například koluviální uloženiny, pleistocénní terasy a tak dále. Významnost jednotlivých nezávislých proměnných pro predikční mapu byla určována několika různými metodami. První z nich byl test χ^2 – kvadrát, kterým se sledovaly statisticky signifikantní rozdíly mezi lokalitami a jednotlivými mapovými jednotkami. (Verhagen, P. – Berger, J. 2007).

Druhou použitou metodou byl poměr množství lokalit a velikosti plochy. Tato metoda se provádí tak, že se dělí počet lokalit rozlohou plochy sledované kategorie.

Třetí používanou metodou byl takzvaný K_j parametr, který se počítá podle vzorce K_j

$$K_j = \sqrt{[p_s * (p_s - p_a)]}$$

kde p_s je počet lokalit a p_a je plocha dané kategorie.

Výzkum přinesl dvě podstatná zjištění. Komponenty lokalizované v průběhu povrchových sběrů nejsou vždy reprezentativní v důsledku jejich snadného přehlédnutí. Predikční model postavený pouze na datech z povrchových sběrů je nedostatečně efektivní pro predikci lokalit, které jsou pod větší vrstvou sedimentů, a tedy v tomto případě naprosto selhává. Byl také dostatečně demonstrován význam půdních a geologických jednotek pro archeologické prediktivní modelování. (Verhagen, P. - Berger, J. 2007).

3.1.17 Projekt South Carolina

Tento severoamerický projekt si kladl za cíl vytvořit prediktivní model pro pravěké, ale i historické lokality. Do finálního modelu vstupovalo jedenáct vrstev, zachycujících převážně environmentální proměnné. Patřily k nim například údaje o hydrologii, kvalita a druh půd, geologické podloží. Pro predikční model pravěkého osídlení byly dále do výpočtu přidány i mapy časové náročnosti chůze od dalších lokalit, časová náročnost cesty k nejbližšímu vodnímu zdroji a množství divokých zvířat, žijících v oblasti (Whitley, T. – Burns, G. 2007). Pro predikční model historických lokalit byly zařazeny časová náročnost cesty ke splavným vodním tokům, bonita půdy a z ní odvozená potencionální úroda obilnin. K identifikaci signifikantních proměnných byla použita regresní analýza. S její pomocí bylo vytvořeno několik modelů a z těch byl pomocí různých statistických testů vybrán nejpřesnější. (Whitley, T 2004b).

3.1.18 Santa Cruz, Arizona

Okres Santa Cruz leží v jihovýchodní části Arizony blízko hranice Spojených států amerických s Mexikem. Zájmová oblast zabírala 3200 kilometrů čtverečních s nadmořskou výškou mezi 900 metry a 2880 metry nad mořem. Kromě malého množství lesnatých oblastí zaujímá většinu území poušť Sonora a Chihuahuan. Tento projekt byl vytvářen čistě k účelům ochrany kulturního dědictví a rozvoje turistického ruchu. Jeho zadavatelem byly místní federální úřady a projekt byl zpracován institucí „Center for Desert Archaeology“ (Centrum pro pouštní archeologii).

Jako závislé proměnné do modelu vstupovaly dvě skupiny archeologických lokalit; to byly lokality lovecko sběračských skupin, které se objevily v oblasti kolem roku 11 000 před naším letopočtem, a komponenty přiřazované k pouštním zemědělcům, které se objevily v oblasti okolo roku 2000 před naším letopočtem. Konkrétně šlo o skupiny Hohokam, Trincheras a Piman. Celkem se jednalo o 160 pozitivně identifikovaných lokalit. Jako referenční vzorek bylo použito asi 70,58 kilometrů čtverečních identifikovaných jako „non-site“, tedy místa, kde se při povrchových sběrech nic nenašlo (k této problematice viz kapitola 2.3.1). Jednalo se o asi o 2% celého zájmového území. Tato plocha byla posléze stažena do 310 bodů. (Hill, J. – Devitt, M. – Sergeyeva, M. 2005, 15).

Jako nezávislé proměnné do finálního výpočtu vstupovalo několik množin dat. První z nich byla data topografická. Do těch patřil sklon svahu, orientace svahu, vzdálenost k nejbližšímu vodnímu toku a byly vytvořeny hydrologickým modelováním. Při tomto modelování byla odečtena i místa, kde se po deštích dlouhodobě akumulovala voda. Dalším údajem byla nadmořská výška. Jiná skupina dat popisovala vegetaci. Jednalo se o rozdělení do kategorií na základě vegetačního pokryvu. Další skupina byla rozdělena na kategorie na základě geologického podloží. Poslední množinou proměnných byly typy půdy. Na zjištění vzájemných korelací lokalit a „non-sites“ byly použity statistické testy Chi-kvadrát a Kolmogorov – Smirnov test a pro všechny proměnné byla zjištěna signifikace na hladině významnosti 0,05. Na výsledné vrstvy byla použita regresní analýza. (Hill, J. – Devitt, M. – Sergeyeva, M. 2005, 31).

Při následném testování, ovšem na základě souboru dat, která byla použita k tvorbě modelu, byla zjištěna velmi vysoká úspěšnost. Pro „non – site“ místa byla pravděpodobnost 0,3 a pro pozitivně zjištěné lokality se jednalo o pravděpodobnost 0,97 (Hill, J. – Devitt, M. – Sergejeva, M. 2005, 33).

3.1.19 Thébská nekropole Luxor

Tvorba tohoto predikčního modelu byla vyvolána velmi aktivní stavební činností. Celý predikční model byl tedy od začátku vyvíjen pro památkové účely. Jeho zaměření bylo predikce dosud nenalezených hrobek této nekropole z důvodu jejich vyjmutí z budoucí stavební činnosti (Burn, G. – Fronaberge, K. – Whitley, T, 2007).

Do jeho tvorby vstupovaly faktory: geologické podloží, sklon svahu, orientace svahu a blízkost k chrámu. Samotný predikční model byl vytvořen tak, že jednotlivým závislým proměnným, tedy různým kategoriím na těchto vrstvách, byly přiděleny váhové faktory od mínus jedna do jedna, kdy mínus jedna znamenal předpokládanou nejnižší korelaci s hrobkami a plus jedna nejvyšší korelaci s hrobkami. Tyto váhové faktory byly zvoleny na základě deduktivního modelu, například, že zahloubené hrobky mají vyšší šanci výskytu na místech, kde je skalní podloží, aby bylo možno hrobky vytesat a dobře je staticky zabezpečit, ale zároveň toto skalní podloží musí být z měkčích typů hornin, aby bylo nutno do práce investovat co nejmenší úsilí – takové kombinaci hledisek byl přidělen váhový faktor jedna. Další z hledisek bylo například umístění pozdějších domů, protože empirickým studiem se zjistilo, že toto pozdější osídlení často používalo vrchní patra hrobek jako sklepy. Podobným způsobem byly zpracovány další proměnné, jako sklon a orientace svahu, kdy byly rozděleny na kategorie a těm byly přiděleny na základě empirie opět váhové faktory. Jediná proměnná, která se vymykala z klasických environmentálních proměnných, byla blízkost k chrámu, kdy byla předpokládána preference co nejvyšší blízkosti. Byly testovány dvě verze této proměnné, a to přímá vzdálenost a přímá viditelnost. Pomocí poměru očekávaných a pozorovaných hrobek byly testovány různé kombinace

vstupujících vrstev a nastavení jednotlivých váhových faktorů. (Burn, G. – Fronabarge, K. – Whitley, T, 2007).

3.1.20 Bodemarchief in Behoud en Ontwikkeling (BBO)

Bodemarchief in Behoud en Ontwikkeling (BBO – Ochrana a rozvoj archeologicko historické krajiny v Nizozemí), konkrétně jeho část zabývající se predikcí, má být strategický a interdisciplinární projekt zaměřený na predikční modelování nové generace (Bloemers, 2002).

Záměrem tohoto projektu je vytvořit prediktivní model pro nizozemské území a má být zaměřen hlavně na zkvalitnění archeologických vstupních dat. Jedná se o mnohem detailnější mapování environmentálních vstupních faktorů, například za pomoci LIDARu (Bloemers, JHF 2005). Dále mají do něj být začleněny sociálně-kulturní faktory, které predikční modely až do nynější doby postrádaly. Výsledné modely by měly mít vyšší prostorové a časové rozlišení. K vytvoření predikčních modelů by mělo být použito pokročilých statistických technik, jako bayesovské statistiky, fuzzy logiky. Výsledný predikční model by měl být extenzivně testován. (Verhagen, J. 2007, 20).

3.1.21 Hospodářské zázemí raně středověkého centra na Pohansku

Jedná se o akademicky zaměřený projekt, který si kladl za úkol vytvořit predikční model sídelní struktury pro komponenty raného středověku. Projekt dále rozpracovával starší predikční model navržený J. Goláněm (Goláň, J. – Kučera, M. – Macháček, J. 2003). Zájmové území bylo velké 532,55 kilometrů čtverečních. Jako archeologické proměnné byla použita data z databáze SAS spolu s výsledky povrchových sběrů v oblasti. Jako environmentální proměnné do tvorby modelu vstupovaly lokální reliéf ve 100 a 200 m vzdálenosti, orientace svahů, úhlová vzdálenost svahů od severního směru, časová vzdálenost od eolitických navátin uvnitř nivy, časová vzdálenost od fluviálních sedimentů mimo nivu, časová vzdálenost od hranice údolí nivy, RIM index a časová vzdálenost k hradiskům. Tvorbě modelu bylo použito sčítání vážených Booleových vrstev. Váhy byly stanoveny arbitrárně na základě odhadu, jaký dopad mají různé proměnné na osídlení. Byly vytvořeny dva modely, jeden se

započítaným vlivem centrálních míst a druhý bez něj. Oba modely byly následně otestovány pomocí další sady dat z povrchových sběrů. Oba modely byly prohlášeny za platné (výsledky možné vidět v tabulce 91)

4 TVORBA PREDIKTIVNÍHO MODELU NA MĚLNICKU

4.1 Záměr projektu

Hlavním cílem projektu je vytvořit pomocí geografických prediktivních systémů prediktivní model s využitím různých metod. Takto vzniklé prediktivní modely následně extenzivně testovat a na základě těchto testů porovnat jejich vhodnost, efektivitu a náročnost.

Práce porovnávající efektivitu zvolených metod v archeologii prakticky neexistuje. Nejbližší k tomuto zadání má disertační práce P. Verhagena (2007), kde potenciální srovnání efektivity metod komplikuje fakt, že vyjmenované projekty mají různou genezi, zdroje dat, archeologické i environmentální proměnné a i různé umístění, jehož výsledkem jsou naprosto rozdílné geomorfologické podmínky.

Volba metod bude provedena na základě specifických podmínek tak, aby potenciální informační přínos práce byl co nejvyšší.

Záměrem projektu je zjistit, do jaké míry zvolené metody a odlišné uchopení stejných dat na jednom území vedou k rozdílnosti vzniklých predikčních modelů a pomocí testování určit poměr jejich efektivity vůči vloženému úsilí a materiální náročnosti.

Z důvodu nekompatibility výsledných modelů je nutné pro účely efektivního srovnání vyvinout nástroje a postupy, které by takové srovnání umožnily nebo upravily již známé metody.

Takové srovnání by nám mělo umožnit stanovit, jaké ze zvolených metod se lépe vypořádávají s některými problémy, kterými jsou predikční modely obecně zatíženy.

Aby byly metody náležitě otestovány a aby se předešlo možnému náhodnému výsledku v případě tvorby pouze jednoho modelu pro každou metodu, byly všechny metody aplikovány na tři různé soubory dat, tzn. tři období, což má zajistit větší reprezentativnost výsledků.

4.2 Zájmové území

Pro potřeby této práce bylo vybráno území mezi souřadnicemi S-42 3456000–3476000 a 5568000 – 5593000, na mapách 1:10000 levý horní roh 421:115 na 02–44-11 a pravý dolní roh 46:292 na 13–11-21. Jedná se o území 20x25 km v okrese Mělník (viz. obr. 5). Tento areál území byl vybrán z toho důvodu, že se jedná o archeologicky velmi dobře poznané území, které už bylo kvalitně zpracováno Karlem Sklenářem (1982; 1994). Jím shromážděná data byla po revizi použita k tvorbě predikčního modelu pro toto zájmové území.



Obr. 5: Poloha zájmového území v rámci České republiky

Dalším důvodem pro výběr území bylo to, že přes něj probíhá jeden z transektů projektu Ancient Landscape Reconstruction in Bohemia (ALRNB) (Beneš, J. et al. 1992). Konkrétně se jedná o středočeský transekt. Tato data byla poté použita k testování vytvořených modelů (viz kapitola 5.8.1). Dále území není geomorfologicky homogenní a je tedy na něm možné otestovat i

některé problematické aspekty tvorby modelů. Díky uvedeným faktům lze tedy říci, že pro naše účely (tedy testování různých metod predikčního modelování) se jedná o nejvhodnější území v ČR v současné době.

4.3 Archeologické proměnné použité k tvorbě modelu

Pramenem archeologických proměnných pro predikční model byly dva zdroje. Prvním z nich byl soupis provedený K. Sklenářem.(1982 a 1994) s názvem: Pravěké nálezy na Mělnicku a Kralupsku I a II. Jedná se o velmi kvalitní a vyčerpávající soupis. Druhým zdrojem archeologických dat byla Archeologická databáze Čech ARCHIV (ADČ) ve své verzi 3.0. aktualizace dat rok 2008. Tato databáze představuje jedinečný a ve své ucelenosti jediný zdroj nenahraditelných informací o rozmístění a charakteru archeologických nalezišť na území Čech (k tématu např. Kuna, M. – Křivánková, D. – Krušinová, L. 1995, Kuna, M 1997a, Křivánková, D. – Kuna, M. 2004, Kuna, M. 1994a).

Dalším krokem byla eliminace duplicitních záznamů, které mohly pocházet ať již ze samotné Archeologické databáze Čech – ARCHIV, nebo se jednalo o kombinaci dvou zdrojů, kde se některé záznamy překrývaly.

Následně bylo nutné k některým komponentám dohledat přesnou polohu. Týkalo se to všech lokalit pocházejících z literatury, v níž velké procento z nich mělo pouze slovní popis lokalizace. A bylo nutné k nim přiřadit souřadnice u záznamů z Archeologické databáze Čech – ARCHIV, zpřesnit lokalizaci u záznamů z přesností lokalizace nižší než pian 2 (k termínu Kuna, M. – Křivánková, D. – Krušinová, L. 1995, 63). Toto dohledávání bylo prováděno různými metodami, mezi nimiž však převládalo jejich hledání na papírových mapách 1:10000 nebo na jejich digitální verzi na Portálu veřejné správy České republiky (http://geoportal.cenia.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=c s). V případě známých parcelních čísel bylo k získávání souřadnic použito nahlížení do katastru nemovitostí na serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Veškeré podklady byly vedeny v souřadnicovém systému S-42. Zahrnuty byly pouze ty lokality, u nichž bylo možno dohledat polohu s

přesností 100m. Tato hodnota byla zvolena s ohledem na to, že testovací soubor složený z dat z povrchového sběru používal stejný základní polygon.(sektor).

4.3.1 Negativní zjištění

V několika fázích práce byla použita i negativní zjištění. Záznamy byly extrahovány z Archeologické databáze Čech ARCHIV (ADČ) ve své verzi 3.0., aktualizace dat rok 2008. Pro tyto záznamy byla vytvořena speciální databáze s analogickou strukturou k databázi s pozitivními zjištěními. I dále bylo s těmito daty zacházeno stejně jako s pozitivními zjištěními, včetně přidávání proměnných hodnot, pouze byly dále uchovávány separátně ve zvláštní databázi.

4.4 Archeologická analýza

Analytická část této studie spočívala hlavně ve vytvoření deskriptivního systému (Neustupný, E. 1986a nověji 2007). Ten byl proveden v softwaru MS Access a obsahoval matici, kde řádky odpovídaly objektům (tzn. jednotlivým archeologickým lokalitám) a sloupce deskriptorům, tedy určitým komponentám jednotlivých archeologických kultur. Číslo „1“ v matici určovalo prezenci komponenty na lokalitě a číslo „0“ absenci komponenty. K této základní matici archeologických lokalit byly za pomoci relací (viz obrázek 2) připojeny tabulky obsahující různé nearcheologické proměnné, které byly odečteny z různých vrstev (více k těmto proměnným kapitola 5.5) v softwaru ESRI ArcMap 9.3 a naimportovány do této databáze.

Matice	Vlastnosti
ID	ID1
Jmeno_lokality	ID
Upres_lokality	Reky
Katastr	Vyska
Sour_s42_x	Svahy
Sour_s42_y	Osvit
Zdroj	Reky_kat_1
Zdroj_upresneni	Reky_kat_2
Okolnosti	Reky_kat_3
Poznamka	Reky_kat_4
Pr_zem_sid	Reky_kat_5
Br_bil_sid	Svah0_2
Br_bil_poh	Svah2_4
Br_bil_dep	Svah4_6
Br_bil_kul	Svah6_8
Br_bil_oje	Svah8_10
Br_hb_sid	Svah10_vet
Br_hb_poh	N
Br_hb_dep	NE
Br_hb_kul	E
Br_hb_oje	SE
Br_kno_sid	S
Br_kno_poh	SW
Br_kno_dep	W
Br_kno_kul	NW
Br_kno_oje	Osvir_1
Br_luz_sid	Osvir_2
Br_luz_poh	Osvir_3
Br_luz_dep	Osvir_4
Br_luz_kul	Hrany
Br_luz_oje	Vrcholky
Br_ml_sid	Zaplavuzemi
Br_ml_poh	Prevysenitok
Br_ml_dep	Vertikalkuhorizontal
Br_ml_kul	Casnarocnost
Br_ml_oje	Toky1a2
Br_moh_sid	Toky3a4
Br_moh_poh	Toky5a6a7
Br_moh_dep	Labevlatava
Br_moh_kul	Vzdalenost k hrane
Br_moh_oje	Vzdalenost k hřbetnici
Br_po_sid	Orientace
Br_po_poh	Vzdalenost k vrcholku
Br_po_dep	Vzdalenostod lokalmax

Obr. 6: Struktura navržené databáze

4.4.1 Volba archeologických proměnných

Volba archeologických proměnných byla přizpůsobena záměrům projektu. Bylo rozhodnuto, že pro každou ze tří metod budou vytvořeny tři různé modely na základě tří vybraných archeologických období. Toto množství bylo zvoleno, aby se předešlo možnosti, že v případě tvorby pouze jednoho modelu pro každou metodu dojde k náhodné chybě, která při finálních srovnání modelů zhorší výkon tohoto modelu a neumožní nám plnohodnotně zhodnotit výkonnost modelů. Kritéria pro výběr těchto byla stanovena:

Pokud období obsahovalo více archeologických kultur, tak se muselo v každém případě jednat o kultury příbuzné, u kterých se předpokládá podobná ekonomická báze i symbolický systém. Toto kritérium bylo vybráno z toho důvodu, aby se předešlo případnému zmenšení přesností modelů za účelem jejich lepšího srovnání. Mnoho archeologických prací totiž poukázalo na to, že využívání prostoru minulými lidmi může být pro jednotlivé kultury

odlišné. Vyšší rozptyl hodnot daný takovými odlišnostmi by mohl způsobit klesání přesnosti modelu. Což by nám mohlo zabránit plnohodnotně srovnat výkon vzniklých modelů.

Všechny používané komponenty musí být jednoznačně identifikované, co se týče jejich druhu a ten může být jen jeden. Skutečnost, že pro různé druhy komponent minulý lidé vyhledávali jiný konglomerát vlastností krajiny je nezpochybnitelná a je dána praktickou funkcí komponent (např. těžební areály) nebo jejich symbolickým smyslem (pohřební komponenty). Rozdíly mezi sledovanými hodnotami pro různé komponenty pro jednotlivé proměnné by opět mohl vést ke snížení přesnosti modelů.

Všechny tři vybrané sady dat pro trénovací soubor musí být kompatibilní nebo být přímým ekvivalentem k nějaké sadě dat z testovacího souboru aby bylo zajištěno bezproblémové otestování vzniklých modelů. Toto pravidlo se primárně týká časového zařazení komponent, protože testovací soubor pocházel z povrchových sběrů a z toho ohledu zajistit ekvivalenci komponenty nebylo možné.

Množství dat vybraných sad musí být dostatečně kvantitativně reprezentativní jak v případě trénovacího tak testovacího souboru.

Tyto kritéria nejlépe splňovali sídelní komponenty mladého neolitu mladší doby bronzové a doby římské (použita byla klasifikace převzatá z projektu ALRNB).

Některé modelové příklady a praktické ukázky z některých konkrétních důvodů také pracují s kompletně celým obsahem vytvořené databáze, nebo z jejími částmi mimo takto vybrané soubory dat. Pokud je tomu tak, je v analýze tento fakt explicitně uveden. Ve většině případů se jedná o všechny body zaznamenané v databázi, tedy komponenty z celého zemědělského pravěku.

4.5 Geografické proměnné

4.5.1 Východiska pro volbu proměnných - Teoretický model

Teorie sídelních areálů (viz kapitola 2.3.1, např. Neustupný, E. 1994) vychází z teze, že prostor pravěkých lidí byl velmi hluboce strukturován. Později jeho autor tento teoretický rámec rozšířil na kvalitativně i kvantitativně vyšší úroveň, na takzvanou sféru jinosti (Neustupný, E. 2001). Strukturace tohoto prostoru podléhá třem dimenzím.

4.5.1.1 Praktické aspekty

Budeme-li vycházet z obecného modelu navrženého E. Neustupným (Teorie sídelních areálů), jedná se o struktury, které lze interpretovat jako vztahující se k základním biologickým a ekonomickým potřebám minulých lidí. Za jednu ze základních potřeb člověka je možno považovat vodu. Do současné doby však nebyla stanovena optimální vzdálenost pro přístup k vodě. Jako příklad pokusu takového stanovení lze uvést induktivní postup A. Králové (2003), kdy ze zjištěných trendů stanovila hranici na 230m, do této kategorie spadalo skoro 65% lokalit chámské kultury. V tomto případě nám nepomohou ani četné etnografické prameny, protože etnografy sledovaná optimální vzdálenost od vodního zdroje je velmi proměnlivá a může velmi často nabývat i extrémních hodnot.

Další ze základních biologických potřeb je potrava. I přes skutečnost, že na území České republiky nemáme žádný skutečný důkaz pravěkých polí, je nutné s nimi v našich modelech počítat. Z ekonomického hlediska je důležitým aspektem strukturace minulých sídelních areálů přístup k základním surovinám. Pro zemědělský pravěk je důležité dřevo jako základní stavební materiál, a proto musel být v dosahu komunit les. Ten sloužil nejen jako zdroj stavebního materiálu, ale i jako místo pro sběr palivového dřeva, místo občasné pastvy domácích zvířat a zdroj letniny (Neustupný, E. 1986). Další nutností byly areály těžby kamene na výrobu industrie a zdroje hlíny na výrobu keramiky.

4.5.1.2 Sociální aspekty

Nejjednodušší představitelný model sídelní struktury, který je možné vytvořit, je model s homogenní sociální sítí, kdy jsou sídelní areály rovnoměrně rozmístěny po krajině. Je zřejmé, že tento model je ideální případ. S větší pravděpodobností měly minulé sídelní areály tvar nepravidelný nebo respektující vodní toky (Kuna, M. 1997b) a geomorfologii terénu. Z důvodů sociální interakce je možno předpokládat časté kontakty mezi sousedními komunitami, například rituální válečnictví nebo exogamii (Neustupný, E. 2001), hlavně proto, že naprostá většina společností popsaných etnografy byla převážně exogamní (Strauss, L., 2000). Důležitost sociálních interakcí stoupala s rozšiřováním používání bronzové industrie. Jen málokdy se ložiska cínu a mědi nacházejí ve stejné oblasti, a proto měla postupná směna surovin od lokality k lokalitě na upevňování této sociální sítě jistě vliv. Dalším z faktorů upevňujících sociální interakci byly jistě nadkomunitní areály. Na jejich výstavbě se s největší pravděpodobností podílelo více komunit z okolí.

4.5.1.3 Symbolické aspekty

Rekonstruovat určité symbolické aspekty osídlení je velmi obtížné, ale nikoliv nemožné. Jako příklad může sloužit kontinuita pohřbívání na pohřebních areálech, která se dá předpokládat minimálně od eneolitu. Tento fakt byl konstatován již E. Neustupným (1993) a následně několikrát ověřen (Kuna, M. 1998, Novák, R. 2005). Tato kontinuita nemusí být vždy přímá, je možno uvažovat o určitém posunu významu, například od komponenty rezidenční ke komponentě pohřební (Neustupný, E. 1997c) nebo o posunu symbolického smyslu mezi nadkomunitním areálem v době bronzové a sídlem elity v pozdějších obdobích pravěku (např. Kuna, M. 2004).

Dalším z prvků, s nimiž je možno v našem modelu pracovat, je nepraktická vazba některých areálů aktivit na určité geomorfologické krajinné prvky s možným symbolickým smyslem. Jako příklad lze uvést termín „terénní hrany“ uvedený do české archeologie M. Kunou (1994), (další zjištění Kuna, M. 2006). Nesmíme zapomínat ani na fenomén artefaktové paměti, zavedené do archeologie E. Neustupným (1997c). Prvek viditelnosti starších reliktnů a

jejich správná, ale i nesprávná interpretace a následné využití jsou další ze symbolických aspektů, se kterými musíme v našich úvahách pracovat.

Z výše uvedených faktů je možné odvodit skutečnost, že struktura sídelních areálů v rámci sféry jinnosti má tendenci inklinovat k homogennímu rozložení. Tato homogenní struktura je však narušována celou množinou různých jevů, jejichž původ je možné najít v jednotlivých dimenzích účelu (k termínu Neustupný, E. 1999a) komunitních areálů. Jsou to praktická funkce, sociální význam a symbolický smysl. Účelové aspekty mohly ovlivňovat jak vnitřní strukturu komunitního areálu, tak i rozložení komunitních areálů v rámci většího území. Jako příklad by bylo možné uvést, že v rámci komunitního areálu mohly být samotné obytné komponenty umístěny excentricky a preferovaly například určitou vzdálenost k vodnímu toku nebo blízkost archeology málo identifikovaných areálů polí, se kterými i přes špatnou odhalitelnost musíme ve svých modelech počítat (Neustupný, E. 1986, 228). Tento fakt by mohl navazovat na skutečnost, že obytné komponenty i přes to, že jsou nyní archeology považovány za minimálně praktické, sociální i symbolické a těžiště komunitního areálu nemuselo ležet v jeho geografickém středu (Kuna, M. 1991a), nemusely být takto chápány minulými lidmi. Například inklinace pohřebních areálů k některým geomorfologickým útvarům byla už mnohokrát prokázána (např. Kuna, M. 1994). Stejný autor (2008, 89) však také konstatuje, že jím sledované pohřební komponenty mohly být umístěny na ještě dominantnější nebo výraznější prvek v krajině, který se běžně v jím studované oblasti vyskytuje, ale k tomu nedošlo. Odpovědí může být to, že poloha těchto areálů byla ovlivněna ještě jiným faktorem, například vzdáleností od rezidenční komponenty nebo tím, že dominantnější místo už nespadlo do areálu vlastní komunity.

Nehledě na to, nemusí principiálně nic bránit tomu, aby tato homogenita byla nějakým způsobem odhalena.

Další z klíčových termínů pro strukturování obou dvou úrovní (tj. v rámci komunitního areálu i vyšší) prostoru je kontinuita. Ta může nabývat kontinuálního používání některého areálu aktivit stejně jako prostorové stability celého komunitního areálu v rámci větších územních celků. Sledování

kontinuity samotného komunitního areálu je velmi obtížné a naráží na problém naší nízké schopnosti chronologického třídění nálezů. Tento problém je však principiálně řešitelný pomocí studia pohřebních komponent, jejichž kontinuita byla již dokázána (Novák, R. 2005). Nesmí být ovšem chápána jako určitá genetická kontinuita minulých lidí, protože průměrné trvání jedné hrobové skupiny se zdá být delší než teoretická kontinuita jedné biologické rodiny v otcovské linii (srov. Neustupný, E. 1983a). Pravidla, která utvářela tyto struktury, musela tedy být komplikovanější (Neustupný, E. 1983b). Kontinuitu celých sídelních areálů lze do jisté míry také deduktivně odvodit z faktu, že zemědělské komunity obecně, a to jak v minulosti, tak v současnosti, jsou velmi stabilní a jejich fixace na úrodnou půdu je prakticky absolutní. Dobrovolný přesun těchto komunit je uvažován pouze v případě možnosti usazení se na půdách o mnoho kvalitnějších.

Výchozí model této studie tedy předpokládá homogenní síť stabilních komunitních areálů, v jejímž rámci však může docházet k přesunům jednotlivých areálů aktivit. Rigidní homogenita takové sítě je oslabována reálnými podmínkami na území komunity v rámci zájmového území, a proto je výsledná poloha jednotlivých komponent kompromisem mezi touto homogenní sítí a naplněním biologických a symbolických potřeb studovaných minulých lidí. I když jsou biologické a symbolické potřeby rozdílné pro různé druhy komponent (viz. například mezi potřebami komponenty pohřební a obytné), je vzhledem k vzájemné prostorové závislosti nutné sledovat u komponent i aspekty, které vůči nim nejsou na pohled relevantní. Tohoto faktu si například všiml M. Kuna (2008, 89), když ve své práci zjistil, že mohylová pohřebiště preferují vzdálenost 200 – 400 metrů od vodního toku, a vysvětlil to dalším faktorem vzdálenosti obytné komponenty.

4.5.2 Tvorba a vlastnosti vrstev vstupujících do výpočtů

Použitá výškopisná data pocházejí z Digitálního modelu území, který byl vytvořen vojenským topografickým ústavem v Dobrušce v měřítku 1:25 000. Data byla poskytnuta M. Kunou z oddělení prostorové archeologie Archeologického ústavu AV ČR. Tyto mapy používají souřadnicový systém S-42. Jedná se o mapování pomocí takzvaného Gaussova zobrazení na základě

Krasovského elipsoidu (Kuna 2004c, 385). Souřadnicový systém S-42 používá pravouhlou rovinnou síť. Druhý v ČR používaný souřadnicový systém S-JTSK má osy vůči světovým stranám o několik stupňů pootočený. To může činit potíže při generování digitálního výškopisného modelu terénu a následných analýzách reliéfu krajiny. Další výhodou S-42 spočívá v tom, že díky posunu začátku systému o 500 km směrem na západ od osového poledníku jsou všechny hodnoty kladné (Kuna, M. 2004, 381). Konkurenční systém S-JSTK některé souřadnice vyjadřoval v záporných číslech a tím v současné době vznikají problémy při některých výpočtech a převádění vrstev do jiných, hlavně starších geografických informačních systémů.

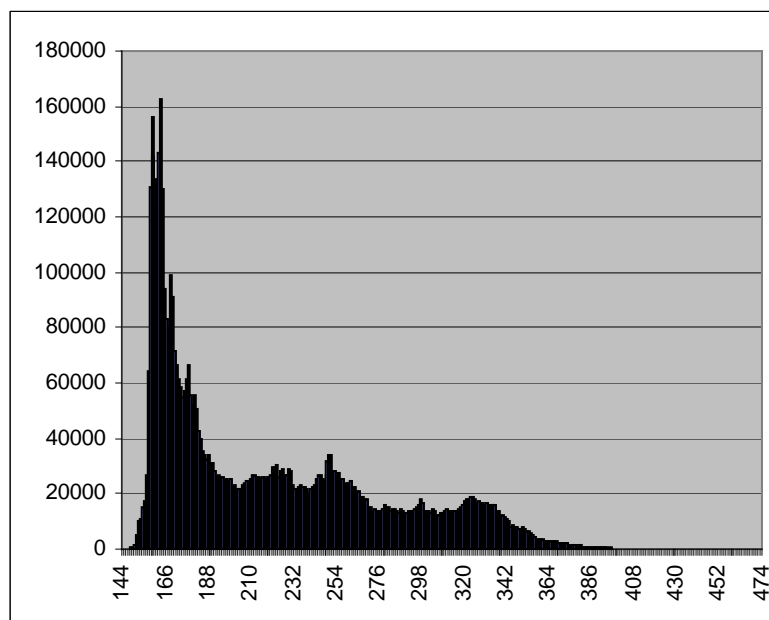
V následujících kapitolách jsou představeny jednotlivé environmentální proměnné. V zájmu přehlednosti jsou už také uvedeny příslušné derivované hodnoty pro tvorbu jednotlivých modelů. Metodika výpočtu těchto dat je představena později u příslušných kapitol popisujících jednotlivé postupy. K tomuto kroku bylo přistoupeno v zájmu koheze popisu samotných proměnných a faktu, že některá data jsou informativní a relevantní k zařazení proměnných do výpočtu.

4.5.3 Nadmořská výška

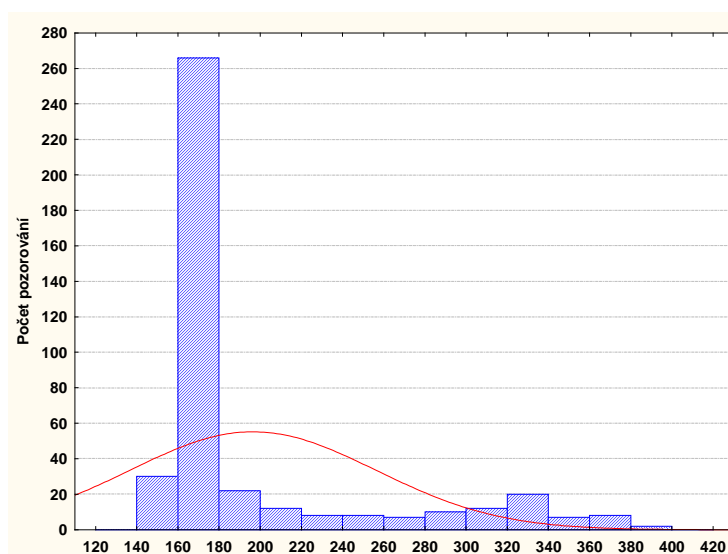
Nadmořské výšce se v archeologii věnuje pozornost již velmi dlouhou dobu (např. Bouzek, J – Koutecký, D. – Neustupný, E. 1966, Rulf, J. 1983, Smejtek, L. 1994). Obecně je tomuto faktoru přikládána velká důležitost a bývá považován za limitující zejména pro obytné areály, proto bývá ve většině prací týkajících se struktury osídlení často zmiňován. Hlavním důvodem je různé klima v různých nadmořských výškách. Z. Smrž (1994) logicky dovozuje, že v rámci malého regionu nadmořská výška hraje jen malou nebo žádnou roli a její dopady se projevují až ve větším geografickém měřítku. V rámci menších území má větší význam geomorfologie terénu. První předpoklad, tedy ten o nízké roli nadmořské výšky v rámci mikroregionů, je možné částečně testovat porovnáním průměrných výšek lokalit zastoupených v jednotlivých obdobích a průměrné nadmořské výšky (viz obr 7). I přes zmíněné výhrady byla tato veličina do výpočtu predikčních map zahrnuta a to právě z důvodu, že zájmové území je rozděleno na dva naprosto rozdílné geomorfologické celky,

což je Labská a Vltavská niva a v protikladu k tomu jižní část Kokořínska, dvě různé množiny výškových bodů by mohly do jisté míry ovlivňovat jednotlivé výpočty. Nadmořská výška je zde tedy uchopena jako určitá „odvozená“ proměnná k identifikaci těchto rozdílů. Kategorizace navržená pro druhou predikční metodu, která zahrnuje pouze dvě kategorie, a to 150 –200 metrů nad mořem a 200 a více, je právě pokusem tento rozdíl zachytit.

Nadmořská výška byla odečítána z digitálního výškopisného modelu (Digital elevation model – DEM) (viz. Kuna, M. 2004 430). Proměnná je sledovaná v jednotce metry nad mořem. Nejnižší bod zájmového území se nachází ve výšce 144 a nejvyšší 474 metrů nad mořem. Průměrná nadmořská výška území je 219,4 metrů nad mořem.



Obr. 7: Histogram nadmořských výšek pro body rastru zájmového území



Obr. 8: Histogram nadmořských výšek pro všechny sledované komponenty celého zemědělského pravěku.

4.5.3.1 Nadmořská výška - MCE

Nadmořská výška byla odečtena z digitálního terénního modelu pomocí nástroje “EXTRACT VALUE TO POINTS“.

4.5.3.2 Nadmořská výška – Logit

Proměnná nadmořská výška byla na základě histogramu umístění lokalit rozdělena do dvou kategorií: 150 metrů až 200 metrů a více než 200 metrů. Digitální výškopisný model byl tedy pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován do těchto dvou kategorií.

Nadmořská výška (metry nad mořem)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
150-200	297,544	50,059	15,000	13,015	1,152
200-n	296,843	49,941	11,000	12,985	0,847
Celkem	594,387	100,000	26,000	26,000	1,000

Tab. 2: Index významnosti pro nadmořskou výšku komponenty mladšího neolitu

Nadmořská výška (metry nad mořem)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
150-200	297,544	50,059	28,000	14,517	1,929
200-n	296,843	49,941	1,000	14,483	0,069
Celkem	594,387	100,000	29,000	29,000	1,000

Tab. 3: Index významnosti pro nadmořskou výšku komponenty mladší dobu bronzové

Nadmořská výška (metry nad mořem)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
150-200	297,544	50,059	31,000	15,518	1,998
200-n	296,843	49,941	0,000	15,482	0,000
Celkem	594,387	100,000	31,000	31,000	1,000

Tab. 4: Index významnosti pro nadmořskou výšku komponenty doby římské

4.5.3.3 Nadmořská výška – Binární vrstvy

Pomocí kombinace histogramů a tabulek četností byly stanoveny intervaly vhodnosti a nevhodnosti jednotlivých vrstev (více k postupu viz. kapitola 4.7.4.)

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	154,23	336,95
Mladší bronz	155,79	173,99
Řím	158,23	166,04

Tab. 5: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou nadmořská výška

4.5.4 Sklon svahu

Již J. Rulf (1983, 52) konstatoval, že se jen opravdu malé množství archeologických lokalit vyskytuje na svahu větším než 4 stupně. Celých 88% kompletního souboru lokalit tomu odpovídá. V datech pro Mělnicko lze najít i vyšší hodnoty, ale zde je nutné říci, že i přes metodu odečtu, která se snažila o eliminaci vlivu těchto extrémů, některé do souboru pronikly. Jedná se ovšem

o jednotlivé případy. Po eliminaci těchto extrémních hodnot je průměr zbytku souboru ze všech lokalit 1,62 stupně. Toto zjištění je ještě příznivější než výsledky uváděné v jiných pracích zabývajících se podobným tématem, kde například pro dobu halštatskou uvádějí údaje 3,9 stupňů (John, J. – Chvojka, O. – Rytíř, L. 2003) a plně korespondují se zjištěním J. Rulfa (1983).

Vrstva představující sklon svahu byla vygenerována z digitálního výškopisného modelu v prostředí softwaru ArcView pomocí nástroje „SLOPE“. Výsledný výpočet byl proveden v jednotce „stupně“. Nejmenší vyskytující se sklon svahu je 0 stupňů a maximální je 61 stupňů. Průměr sklonu svahu celého zájmového území je 4,22 stupňů.

4.5.4.1 Sklon svahu – MCE

Pro získání dat sklonu svahu bylo od začátku pracováno s dvěma metodami. První metoda je prosté odečtení hodnot z rastru vytvořeného na základě DEMu. Tato technika je velmi rychlá, ovšem někdy není možné vyhnout se problému, že souřadnice lokality mohou být neúmyslně umístěny do nějakého lokálního geomorfologického extrému, jako jsou rokly atd. Z toho důvodu bylo přistoupeno k druhé metodě, kdy byly pomocí funkce „BUFFER“ vytvořeny v okolí lokalit 100 metrové buffery, ze kterých pak byl pomocí nástroje „SUMMARIZE“ odečten nejčastěji se vyskytující sklon.

4.5.4.2 Sklon svahu - Logit

Sklon svahu byl rozdělen do čtyř kategorií. Byly to 0 – 2 stupně, 2 - 4 stupně, 4 – 6 stupňů a 6 a více stupňů. Rast sklonu svahu byl tedy pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován do těchto kategorií.

Sklon svahu (stupně)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-2	324,087	54,841	19	14,259	1,333
2--4	106,465	18,016	2	4,684	0,427
4--6	47,119	7,973	3	2,073	1,447
6-n	113,285	19,17	2	4,984	0,401
Celkem	590,956	100	26	26,000	1,000

Tab. 6: Sklon svahu pro komponenty mladšího neolitu

Sklon svahu (stupně)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-2	324,087	54,841	20	15,904	1,258
2--4	106,465	18,016	5	5,225	0,957
4--6	47,119	7,973	2	2,312	0,865
6-n	113,285	19,17	2	5,559	0,360
Celkem	590,956	100	29	29,000	1,000

Tab. 7: Sklon svahu pro komponenty mladší doby bronzové

Sklon svahu (stupně)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-2	324,087	54,841	21	17,001	1,235
2--4	106,465	18,016	9	5,585	1,611
4--6	47,119	7,973	0	2,472	0,000
6-n	113,285	19,17	1	5,943	0,168
Celkem	590,956	100	31	31,000	1,000

Tab. 8: Sklon svahu pro komponenty doby římské

4.5.4.3 Sklon svahu – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	0,00	1,25
Mladší bronz	0,00	2,60
Řím	0,00	2,15

Tab. 9: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou sklon svahu

4.5.5 Orientace svahu

V diskusi o významu orientace svahu pro pravěké osídlení nedošlo v české archeologii zatím k žádnému konsensu. Výsledky se liší u různých autorů pro jednotlivá období i jednotlivé regiony. Například z výsledků z mladší doby bronzové pro oblast Příbramska evidovaných L. Smejtkem (1987, 355) vyplývá, že na jihovýchodním svahu se našlo 22,4 % lokalit, na jižním svahu 22,4% lokalit a na jihozápadním 10,3 % lokalit. V. Čtverák (1987), zkoumající dolní tok Berounky v době osídlení kulturou knovízskou, došel k podobným závěrům, tedy že nejvíce lokalit se sídelními komponentami se koncentruje na jižních svazích. J. Rulf (1983, 53, tabulka 3.) udává pro různá

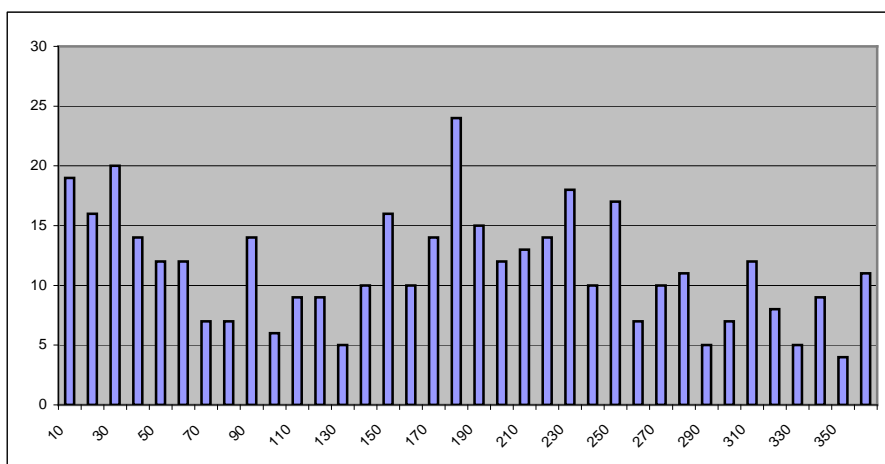
období různé hodnoty. Například pro neolit je zřejmá preference severovýchodních a východních svahů (30% a 36 %). Pro eneolit preferoval svahy jihozápadní a západní, ale ne už tak silně. Také z výsledků M. Kuny (2008) pro obytné a pohřební komponenty, v tom případě, že studujeme absolutní čísla množství lokalit (tedy nezohledníme samotnou velikost plochy těchto svahů v zájmovém území), vyplývá zajímavý fakt, že v případě obytných komponent je velmi slabě preferován jihovýchodní směr, pohřební komponenty výrazně afilují k jižnímu směru, tedy rozkládají se hlavně na jihovýchodním, jižním a jihozápadním svahu. Svůj důraz na fakt, že se jedná o absolutní čísla, vysvětlují dále.

Na druhé straně řada archeologů ve svých pracích tvrdí, že v orientaci sklonu svahu s lokalitami nepozorovali žádné pravidelnosti. Například V. Šaldová (1981) uvádí pro západní Čechy přímo rovnoměrné rozložení. Rovněž P. Jechort (2003) neshledává ve svých analýzách žádný rozdíl v zastoupení orientací jednotlivých svahů. Také J. John – O. Chvojka, - Rytíř, L. (2003) došli ke stejným závěrům.

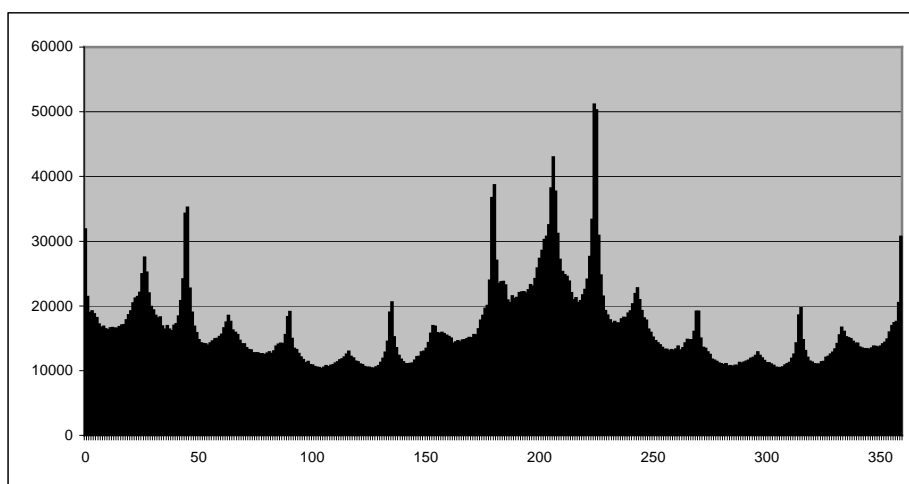
Z. Smrž (1994, 362) pro území povodí Lužického potoka tvrdí, že směr svahu s přítomnými lokalitami hrály pouze nízkou nebo žádnou roli a směrodatný je tvar a orientace údolí. Tento předpoklad je možné otestovat například pomocí indexu významnosti. Pokud se vrátíme k práci M. Kuny (2008) a tentokrát místo absolutních čísel množství lokalit na jednotlivých orientacích svahu přihlédneme k navrženému indexu významnosti, což je poměr očekávaných a pozorovaných lokalit vzhledem k ploše oné kategorie, zjistíme, že v případě pohřebních komponent jen tento index jen slabě silnější, než je číslo jedna, tedy vyrovnaný počet očekávaných pozorovaných a v případě obytných komponent je to dokonce mnohem méně. Vysoký index zůstává pouze u jihovýchodního směru, kdy dosahuje 1,8 (Kuna, M. 2008).

Pro fakt o převážném vlivu převládajících sklonů svahů v oblasti na samotné rozhodnutí minulých lidí by mohlo svědčit prosté porovnání histogramů. První histogram (obr. 10) zobrazuje rozložení počtu lokalit všech sledovaných kultur na svazích jednotlivých orientací a druhý histogram (obr.

11) rozložení množství bodů rastru zaznamenává sklony svahu na zájmovém území. Je zřejmé, že průběhy obou funkcí jsou velmi podobné.

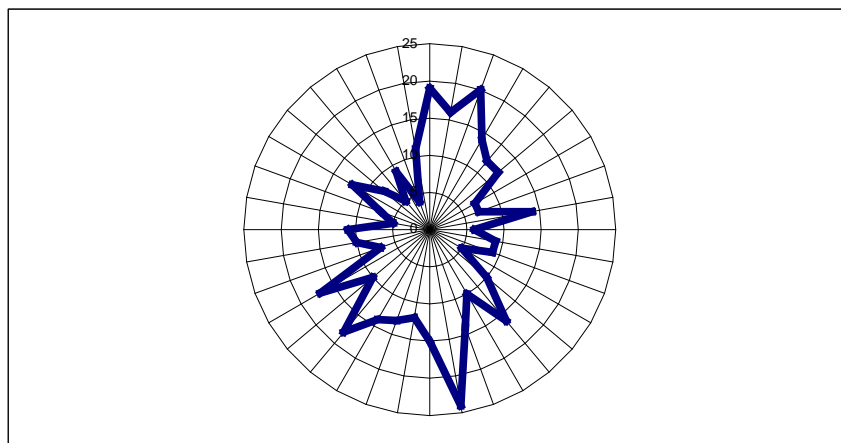


Obr. 9: Histogram orientace svahu pro komponenty všech bodů v databázi



Obr. 10: Histogram množství bodů rastru pro jednotlivé kategorie orientací svahu

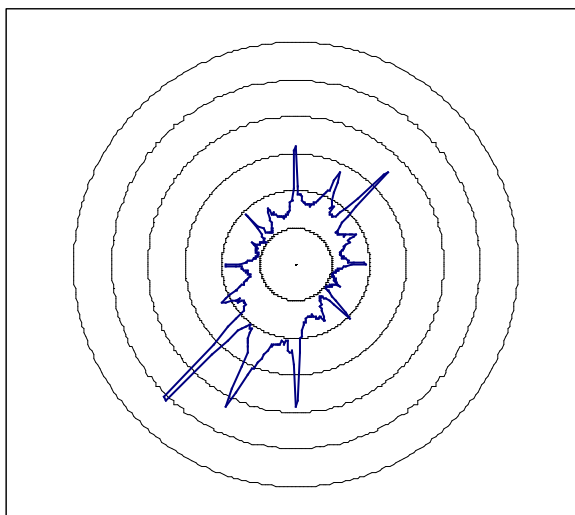
Pro názornost je možné si to samé zobrazit na kotoučovém grafu (viz obr. 12 a obr. 13.)



Obr. 11: Kotoučový graf znázorňující orientaci svahu pro všechny body v databázi.

Z histogramů a kotoučových grafů je tedy možné do jisté míry vyvodit fakt, že procentuální zastoupení jednotlivých orientací svahů celkově v rámci zájmového území a v rámci lokalit všech sledovaných období je přibližně stejné. A že hledisko orientace svahu je možná více záležitostí geomorfologie a celkové podoby zájmového území než samotného rozhodnutí minulých lidí. Konkrétně na studovaném zájmovém území může se jednat o velmi silný vliv toku Labe směřujícího přibližně z východu na západ a z toho vyplývá větší procento svahů orientovaných severojižním směrem. I přes to bylo rozhodnuto tuto proměnnou do predikčního modelu zařadit z důvodu toho, že metoda Logit díky použitému indexu významnosti, s touto možností počítá a je v druhé metodě zohledněna. Další možnost odfiltrování potenciální chyby či statistické nevýznamnosti této proměnné je stanovení váhového koeficientu vrstvy, který je aplikován v případě ostatních dvou metod.

Samotná vrstva byla vytvořena opět pomocí softwaru ArcView, nástroje „ASPECT“. Z celkového zájmového území je na sever orientováno 12,8 procenta, severovýchodně 14 procent, východně 9,6 procenta, jihovýchodně 9,5 procenta, jižně 15,6 procenta, jihozápadně 18,6 procenta, západně 9,9 procenta a severozápadně 9,4 procenta.



Obr. 12: Kruhový diagram orientací svahů pro body rastru v zájmovém území, geografický sever je nahore. Měřítko je rozděleno po 10000 pozorování, maximum je 60000 pozorování.

4.5.5.1 Orientace svahu – MCE.

Orientace svahu byla odečtena z příslušného rastru modelu pomocí nástroje “EXTRACT VALUE TO POINTS”.

4.5.5.2 Orientace svahu - Logit

Vrstva byla poté rozdělena pomocí nástroje „RECLASSIFY“ podle světových stran na osm samostatných vrstev, každé vrstvě odpovídala výšeč 45 stupňů; sever (337,5 – 360° a 0 – 22,5°), severovýchod (22,5 – 67,5°), východ (67,5 – 112,5°), jihovýchod (112,5–157,5°), jih (157,5–202,5°), jihozápad (202,5–247,5°), západ (247,5–292,5°) a severozápad (292,5–337,5°).

Orientace svahu	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
S	76,365	12,845	0	3,340	0,000
SV	83,839	14,103	4	3,667	1,091
V	57,123	9,609	4	2,498	1,601
JV	56,871	9,566	2	2,487	0,804
J	93,095	15,66	6	4,072	1,474
JZ	111,13	18,693	7	4,860	1,440
Z	59,391	9,99	3	2,597	1,155
SZ	56,297	9,47	0	2,462	0,000
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 10: Orientace svahu pro komponenty mladšího neolitu

Orientace svahu	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
S	76,365	12,845	2	3,725	0,537
SV	83,839	14,103	2	4,090	0,489
V	57,123	9,609	5	2,787	1,794
JV	56,871	9,566	4	2,774	1,442
J	93,095	15,66	4	4,541	0,881
JZ	111,13	18,693	4	5,421	0,738
Z	59,391	9,99	6	2,897	2,071
SZ	56,297	9,47	2	2,746	0,728
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 11: Orientace svahu pro komponenty mladší doby bronzové

Orientace svahu	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
S	76,365	12,845	0	3,982	0,000
SV	83,839	14,103	3	4,372	0,686
V	57,123	9,609	4	2,979	1,343
JV	56,871	9,566	1	2,965	0,337
J	93,095	15,66	8	4,855	1,648
JZ	111,13	18,693	6	5,795	1,035
Z	59,391	9,99	5	3,097	1,615
SZ	56,297	9,47	4	2,936	1,363
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 12: Orientace svahu pro komponenty doby římské

4.5.5.3 Orientace svahu – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly		Intervaly	
	od	do	od	do
Mladší neolit	116,57	146,31	206,57	243,43
Mladší bronz	161,57	180,00	206,57	270,00
Řím	97,43	135,00	206,57	251,57

Tab. 13: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou orientace svahu

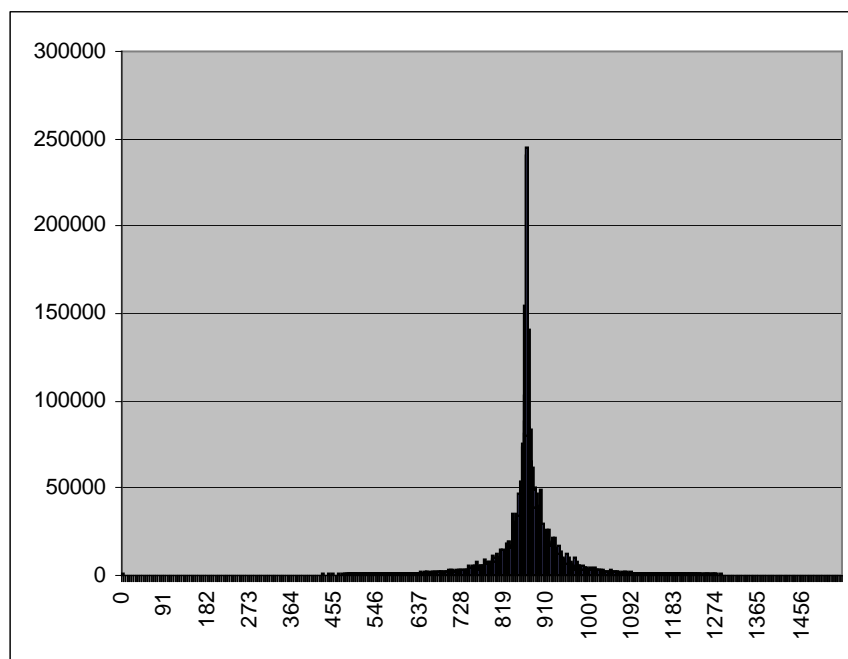
4.5.6 Množství dopadlého slunečního světla

Proměnná množství dopadlého slunečního svitu je do jisté míry odvozená od jiných proměnných. Problém navozuje otázku o možnosti započítávání těchto odvozených proměnných do výpočtu spolu s proměnnými, ze kterých byly vypočítávány. V tomto případě se jedná o proměnné sklon a orientace svahu. Tato proměnná byla zahrnuta do výpočtu z několika důvodů. První je fakt, že uvedená veličina může do velké míry ovlivňovat růst rostlin, a protože ekonomika společenství všech sledovaných kultur byla naprosto závislá na zemědělství, lze tuto proměnnou do jisté míry považovat za klíčovou. Další z důvodů opět vychází ze stejného předpokladu, tedy vlivu slunečního svitu na růst rostlin, ale tentokrát je to z důvodu identifikování jednoho z hledisek optimálnosti prostředí pro takzvané bioindikátory (k jejich důležitosti viz. Neustupný, E. 1986). Posledním důvodem pro zanesení této proměnné do výpočtu je, že díky použití skutečných výšek slunce pro výpočet je možno identifikovat místa, která jsou po celý nebo minimálně část dne ve stínu. Tento fakt, tedy vliv astronomických vlastností slunce v kombinaci s geomorfologií terénu, není v žádné z dalších proměnných zohledněn, a proto je zahrnutí této proměnné plně ospravedlnitelné.

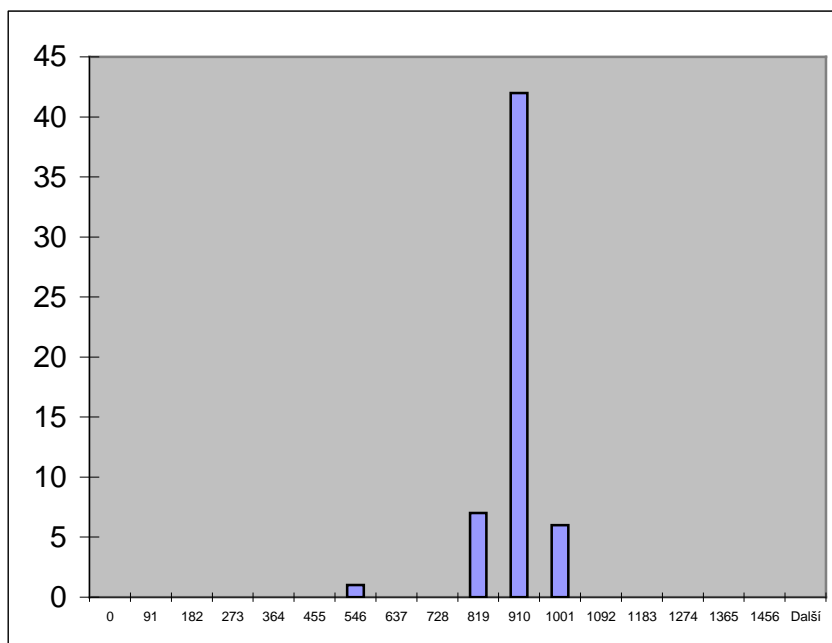
Vzhledem k tomu, že literatura zmiňující světelné podmínky nějakých území a jejich vztah k archeologii nebyla dostupná, není možné porovnání se stavem na jiných územích

Hodnoty množství dopadlého světla byly zjištěny pomocí funkce „HILLSHADE“. K výpočtu je nutné znát azimut a výšku slunce pro sledovaný čas a místo. Tato data jsou přístupná na různých astronomických serverech.

Pro práci byla získána data z internetové aplikace http://nlc.gats-inc.com/solar_position.php. Pomocí funkce „HILLSHADE“ bylo tedy vytvořeno 8 vrstev, zachycujících každou celou hodinu v rozmezí 8 – 16 hodin pro den 20. března, kdy dochází v současné době k rovnodennosti. Toto datum se v průběhu času mírně mění, ale pro naše účely je důležitá poloha slunce vůči zemi. 20. březen byl vybrán proto, že se jedná o den průměrný. Těchto 8 vrstev pak bylo následně sečteno dohromady pomocí funkce „RASTER CALCULATOR“, čímž bylo přibližně změřeno množství slunečního svitu dopadlého na zájmové území za jeden průměrný den. Výsledné hodnoty jsou bezrozměrné. Jedná se o relativní číslo, které vyjadřuje přibližnou expozici lokality slunečního světla za ideálních klimatických podmínek v průběhu celého dne. Nejnižší hodnota zjištěná v zájmovém území byla 0, nejvyšší 1543 a průměrná hodnota 865.



Obr. 13: Histogram množství dopadlého slunečního světla pro body rastru zájmového území



Obr. 14: Histogram množství dopadlého slunečního světla pro všechny body v databázi.

Množství dopadlého slunečního světla – MCE

Množství dopadlého slunečního světla bylo odečteno z příslušného rastru pomocí nástroje „EXTRACT VALUE TO POINTS“. Hodnoty nemají žádný rozměr a vyjadřují pouze relativní množství dopadlého slunečního svitu vůči jiným polohám.

Množství dopadlého slunečního světla - Logit

Množství dopadlého slunečního svitu je bezrozměrná veličina. Vrstva byla rozdělena na kategorie 0 – 840, 840 – 900, 900 a více a následně byla podle těchto kategorií tato vrstva reklasifikována.

Množství dopadlého slunečního světla	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-840	131,518	22,2	2	5,772	0,347
840-900	325,333	54,916	18	14,278	1,261
900-n	135,568	22,884	6	5,950	1,008
Celkem	592,419	100	26	26,000	1,000

Tab. 14: Množství dopadlého slunečního světla pro komponenty mladšího neolitu

Množství dopadlého slunečního světla	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-840	131,518	22,2	5	6,438	0,777
840-900	325,333	54,916	1	15,926	0,063
900-n	135,568	22,884	23	6,636	3,466
Celkem	592,419	100	29	29,000	1,000

Tab. 15: Množství dopadlého slunečního světla pro komponenty mladšího doby bronzové

Množství dopadlého slunečního světla	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-840	131,518	22,2	9	6,882	1,308
840-900	325,333	54,916	20	17,024	1,175
900-n	135,568	22,884	2	7,094	0,282
Celkem	592,419	100	31	31,000	1,000

Tab. 16: Množství dopadlého slunečního světla pro komponenty doby římské

4.5.6.1 Množství dopadlého slunečního světla – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	861,00	890,00
Mladší bronz	829,00	890,00
Řím	838,00	878,00

Tab. 17: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou Množství dopadlého slunečního světla

4.5.7 Vrcholky

Geomorfologický typ „vrcholek“ je pokus o identifikaci dominantního prvku v krajině (viz kapitola 5.1). Blízkost nebo optický kontakt s tímto fenoménem mohly do jisté míry ovlivňovat rozhodnutí společností ve studovaných obdobích k lokaci těžiště sídelního areálu na specifickém místě (viz kapitola 5.1). Z toho důvodu byla záměrně vybrána taková metoda a její nastavení, které byly schopny identifikovat pouze opravdu ty nejdominantnější vrcholky v krajině, tedy ty, které byly v rámci širších území viditelné.

Toto opatření mělo za úkol identifikovat určitá specifická místa v krajině, která by potenciálně mohla sloužit jako lokace nadkomunitních areálů (tento termín viz. Neustupný 1994, kapitola 5.1.2). Hlavním důvodem tohoto výběru byla možnost, že se musí jednat o tak dominantní polohu, která bude viditelná z velmi rozsáhlé okolní oblasti, tedy od těžišť minimálně několika okolních sídelních areálů, ale zároveň bude dosažitelná v nějakém reálném čase z každého jednotlivého místa celého území. Předpokládaná lokalizace tohoto typu tedy v našich termínech ležela někde v mezikomunitním světě jinosti (k tomuto termínu viz Neustupný, E. 2000, kapitola 2.3.1).

Problematickou se opětjevila samotná geomorfologie celého zájmového území, kdy nástroj na Labském levobřeží a v těsné blízkosti Labe na pravé straně fungoval naprosto správně a identifikoval pouze skutečně nejdominantnější vrcholy v okolí. Bylo jich stanoveno 11 na 250 kilometrech čtverečních, což odpovídá jednomu na 22 kilometrů čtverečních. Problémy nastaly v oblasti Kokořínska, kde s přibývajícím nadmořskou výškou a členitostí terénu jejich počet stoupal. V severní části zájmového území je jich dokonce 8 na 42 kilometrů čtverečních, což odpovídá jednomu na 5,2 kilometrů čtverečních. Tento problém je v první metodě eliminován skutečností, že s takovým geomorfologickým typem počítá, že je započítávána vzdálenost od archeologické lokality k nejbližšímu vrcholu a protože v oblasti s tímto hustým výskytem se zároveň vyskytuje pouze jedna lokalita, a to pohřební komponenta z doby bronzové Nové Tupadly (která navíc nepatřila do sledovaných proměnných), je chyba vnesená tímto technickým problémem nízká až nulová. U druhé metody však stejný jev vnáší chybu v té podobě, že nahuštění vrcholů přináší do výpočtu celkové plochy, která se používá k výpočtu očekávaných lokalit v indexu významnosti, signifikantní zvýšení právě této plochy. I přes tento problém bylo rozhodnuto uvedený stav zachovat z důvodu toho, že další arbitrární zásah by vedl k celkové netransparentnosti metodologie.

Další a nejspíše jedinou prací v české archeologii, která se zabývá tímto geomorfologickým fenoménem, je práce M. Kuny (2008).

Na identifikaci vrcholů byly zvažovány dvě možné metody. První z nich byla použití programu LandSerf, konkrétně vestavěného nástroje „FEATURE EXTRACTION“, který je z vrstvy DEM schopen identifikovat šest krajinných prvků – bezodtoké oblasti, vrcholky, hřbety, sedla, plochý terén a úžlabí (Kuna, M. – Danielisová, A. 2009). Následně byla výsledná vrstva importována do softwaru ArcView . Minimální vzdálenost je 0, kde se jednalo o plochu samotných extrahovaných vrcholů, a maximální 5921. Průměrná vzdálenost je 1256 m. Tato vysoká čísla jsou dána nejspíše plochostí polabské části zájmového území.

Druhá možnost jak tento prvek identifikovat spočívá v celé sérii kroků za použití softwaru ArcView. Digitální výškopisný model je při této metodě nutno pomocí nástroje „RASTER CALCULATOR“ vynásobit číslem mínus jedna. Na výsledném rastru, kde jsou v tuto chvíli nejvyšší místa nejnižšími, následně použijeme nástroj FILL patřící do sady hydrologického modelování. Ten identifikuje všechny lokální sníženiny a přiřadí jim nadmořskou výšku bodu, ze kterého je odtok už umožněn. Následně je tento rast opět pomocí nástroje „RASTER CALCULATOR“ vynásoben číslem mínus jedna. Poté je výsledek odečten od původního digitálního výškopisného modelu a pak jsou hodnoty výsledného rastru pomocí nástroje „RECLASIFY“ přiřazeny tak, že hodnota nula znamená nepřítomnost jevu a všechny větší než nula označují přítomnost jevu.

Po aplikaci a vyzkoušení obou metod bylo rozhodnuto, že bude použita metoda první, tedy program LandSerf. Důvodem byla specifičnost zájmového území, neboť oblast na severovýchodě, zasahující částečně do oblasti Kokořínska, byla díky příliš strmým kopcům z velké části celá identifikována touto metodou jako vrcholek. Na mírnějším terénu, hlavně na pravé straně Labe, se tato metoda naopak velmi osvědčila a teoreticky nic nebrání jejímu využití za jiných, pro ni příhodnějších okolností.

4.5.7.1 Vzdálenost od vrcholů – MCE

Vzdálenost k vrcholům (Peakům) byla zjištěna pomocí nástroje „GENERATE NEAR TABLE“ z příslušného rastru. Komponentám spadajícím

do plochy takto identifikovaných vrcholů byla přiřazena hodnota 0. Stejně tak bylo v dalších výpočtech s celou plochou takto identifikovaných vrcholů počítáno jako s hodnotou 0. Samotný rastr se vzdálenostmi vstupující do dalších výpočtů byl vytvořen tak, že byl rastr s vrcholky převeden do vektorového zobrazení a od něj byl pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ vytvořen rastr se vzdálenostmi.

4.5.7.2 Vzdálenost od vrcholů – Logit

Vrcholky byly rozděleny do šesti kategorií, kdy 0 znamená přítomnost komponenty na tomto geomorfologickém rysu, další kategorie jsou 0 až 1000, 1000 – 2000, 2000 – 3000, 3000 – 4000, a více než 4000 metrů.

Vrcholy	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	15,455	2,6	0	0,676	0,000
0-1000	189,578	31,889	1	8,291	0,121
1000-2000	182,867	30,76	13	7,998	1,625
2000-3000	114,98	19,341	11	5,029	2,187
3000-4000	64,326	10,82	1	2,813	0,355
4000-n	27,284	4,589	0	1,193	0,000
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 18: Vzdálenost od vrcholů pro komponenty mladšího neolitu

Vrcholy	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	15,455	2,6	0	0,754	0,000
0-1000	189,578	31,889	6	9,248	0,649
1000-2000	182,867	30,76	10	8,920	1,121
2000-3000	114,98	19,341	5	5,609	0,891
3000-4000	64,326	10,82	6	3,138	1,912
4000-n	27,284	4,589	2	1,331	1,503
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 19: Vzdálenost od vrcholů pro komponenty mladší doby bronzové

Vrcholy	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	15,455	2,6	0	0,806	0,000
0-1000	189,578	31,889	2	9,886	0,202
1000-2000	182,867	30,76	9	9,536	0,944
2000-3000	114,98	19,341	12	5,996	2,001
3000-4000	64,326	10,82	5	3,354	1,491
4000-n	27,284	4,589	3	1,423	2,109
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 20: Vzdálenost od vrcholů pro komponenty doby římské

4.5.7.3 Vzdálenost od vrcholů – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	637,08	1488,86
Mladší bronz	1513,70	3132,63
Řím	1513,70	3534,78

Tab. 21: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vzdálenost od vrcholů

4.5.8 Lokální maxima.

Definice jevu lokální maximum je pokusem o testování dominantních poloh v rámci sídelního areálu, zatímco pro vyšší územní celek krajiny, nebo pro větší množství komunit plní tuto úlohu jev definovaný jako vrcholek (viz kapitola 5.5.6). Jedná se tedy geomorfologický typ nižší a méně výrazný než vrcholek, ale pořád dost výrazný z lokálního hlediska. Tento jev je tedy nutné hledat uvnitř sídelního areálu a měl sloužit jen jedné konkrétní komunitě. Zamyšlený účel takového terénního typu je možné vidět jako dějiště pohřebních aktivit. Skutečnost, že se pohřebiště, hlavně mohylová, vyskytují často na dominantních místech, je v archeologii již velmi dlouhou dobu známá. Ovšem zjištění M. Kuny (2000) by mohly naznačovat, že i přes to, že jsou mohylová pohřebiště často situována v horní části svahu, nad terénní hranou, na hřbetu nebo na vrcholu kopce, pořád mohou být v jejich blízkosti místa s ještě vyšším převýšením a ještě vyšší polohou v rámci krajiny. Odpověď na tento fakt je možná právě skutečnost, že využitá poloha by ještě mohla být

uvnitř sídelního areálu, ale ta vzdálenější nebyla akceptována z důvodů například obtížné dostupnosti samotného místa, nebo pro příliš velkou vzdálenost od obytného areálu (jedná se o ekvivalent obytné komponenty v termínech živé kultury, více k tomuto termínu kultury viz Neústupný, E. 2001, kapitola 2.3.1), nebo naopak pro přílišnou blízkost k sousednímu komunitnímu areálu. Z toho důvodu bylo na rozdíl od vrcholů, jejichž jediným parametrem při identifikaci byla dominance vrcholu, přidáno i určité omezení vzdáleností, a proto byl zvolen postup, který identifikoval lokální maxima jako každý bod výrazně převyšující okolí. Pomocí nástroje „GENERATE NEAR TABLE“ byla v softwaru ArcView vytvořena tabulka vzdáleností mezi nejbližšími pohřebišti. Ta byla následně do dalších softwarů zařazena z důvodu statistického zpracování. Dále byly z kompletního souboru všech pohřebních komponent eliminovány nulové vzdálenosti. Tedy ty, kde se komponenty jednotlivých studovaných archeologických kultur překrývaly. Poté byly ze souboru vyřazeny extrémní hodnoty. Ze zbylých hodnot byl spočítán průměr, který vyšel 640 m. Takto vypočtené číslo bylo použito jako průměr kruhu, ze kterého byla statistika vypočítávána.

Za použití uvedené metody byla tato lokální maxima definována jako shluky několika málo bodů rastru. Pro první a třetí predikční metodu (Multicriteria evaluation, binární vrstvy) byl tento formát dostatečný. Avšak pro potřeby druhé predikční metody nikoliv. Bylo tedy nutné samotné lokální maximum definovat jako plošný jev. Z toho důvodu byly z výsledného rastru odečteny tři výškové metry a lokální maximum jako plošný jev bylo definováno jako celé území ležící nad výsledkem tohoto odečtu. K hodnotě tři metry se dospělo vzhledem k empirickým zkušenostem, kdy velmi mnoho pozorovaných, hlavně mohylových pohřebišť neleží přímo na vrcholu, ale mírně pod ním.

Díky dvěma naprosto rozdílným geomorfologickým typům přítomným na zájmovém území opět nebyl použitý postup bezchybný. Výsledky se velmi lišily v případě, pokud šlo o oblast Labské nížiny nebo vyšších partií Kokořínska. Finální odečítání tří výškových metrů způsobilo, že v Labské nížině, kde jsou všechna lokální maxima mnohem méně výrazná, zaujímá

takto identifikované území větší části. Vzhledem k použité metodologii samotných predikčních výpočtů to ovšem nutně nemusí narušovat jeho provedení, protože hustota těchto maxim zůstala zachována, pouze se zvětšila jejich plocha.

V české archeologii podobný způsob identifikace byl aplikován M. Kunou (2008), který ovšem pro rozsah území, z nichž se toto lokální maximum počítalo, použil arbitrárně zvolené hodnoty 100, 250, 500 a 1000 metrů a porovnával pozorované a očekávané množství lokalit vzhledem k ploše (viz Kuna, M. 2008) pro mohylová pohřebiště z doby bronzové. Při tomto postupu dosáhl index významnosti pro vrchol vytvořený jako lokální maximum z perimetru 1000 metrů hodnotu 4,1.

Vrstva identifikující lokální maxima byla vytvořena v programu ArcView. Tento postup byl do české archeologie zaveden M. Kunou (ústní sdělení). Jedná se o metodu, při níž jsou pomocí nástroje „NEIGHBORHOOD STATISTIC“ identifikována maxima v perimetru určité oblasti, výsledný rastr, který přepsal všechny body rastru v určených oblastech na hodnotu onoho lokálního maxima. Následně byl tento rastr pomocí funkce „RASTER CALCULATOR“ odečten od DEMu, po čemž se ona lokální maxima rovnala nule. Tento perimetr byl stanoven na 640 metrů (viz výše).

4.5.8.1 Vzdálenost k lokálním maximům – MCE

Samotný rastr se vzdálenostmi od těchto bodových lokálních maxim vstupující do dalších výpočtů byl vytvořen tak, že byl s těmito maximy převeden do vektorového zobrazení a od něj byl pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ vytvořen rastr se vzdálenostmi.

4.5.8.2 Vzdálenost k lokálním maximům – Logit

Pro potřeby kalkulace indexu významnosti (viz kapitola 5.7.1) bylo třeba identifikovat tento jev jako plošný, a ne jako bodový fenomén. Toho bylo dosaženo tak, že byly pomocí nástroje „RASTER CALCULATOR“ z výsledných maxim odečteny tři metry a vše nad tyto tři metry bylo označeno jako plocha maxima. Lokální maxima byla rozdělena do čtyř kategorií, kdy 0

znamená samotnou přítomnost jevu na geomorfologickém rysu, další kategorie jsou 0–700, 700–1400 a 1400 a více metrů.

Lokální Maxima	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	28,487	4,792	1	1,246	0,803
0-700	241,927	40,695	11	10,581	1,040
700-1400	191,328	32,184	11	8,368	1,315
1400-n	132,748	22,33	3	5,806	0,517
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 22: Vzdálenost od lokálních maxim pro komponenty mladšího neolitu

Lokální Maxima	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	28,487	4,792	4	1,390	2,878
0-700	241,927	40,695	15	11,802	1,271
700-1400	191,328	32,184	5	9,333	0,536
1400-n	132,748	22,33	5	6,476	0,772
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 23: Vzdálenost od lokálních maxim pro komponenty mladší doby bronzové

Lokální Maxima	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	28,487	4,792	7	1,486	4,712
0-700	241,927	40,695	23	12,615	1,823
700-1400	191,328	32,184	1	9,977	0,100
1400-n	132,748	22,33	0	6,922	0,000
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 24: Vzdálenost od lokálních maxim pro komponenty doby římské

4.5.8.3 Vzdálenost od lokálních maxim – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	897,41	2176,65
Mladší bronz	64,93	1022,21
Řím	0,00	378,86

Tab. 25: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vzdálenost od lokálních maxim

4.5.9 Vzdálenost od vodního toku

K odečítání proměnné horizontální vzdáleností od vodního toku je nutné přistupovat s opatrností. Při použití současné sítě vodních toků musíme mít na paměti, že tento současný stav nemusí vůbec odpovídat situaci ve sledovaném období. Velké množství hlavně menších vodních toků mohlo definitivně zmizet a větší potoky nebo řeky mohly změnit svůj tok. Zvláště významně do tohoto faktoru zasáhl člověk svojí aktivitou, kdy bylo mnoho toků regulováno už v průběhu 19., ale nejvíce 20. století. Použité hydrologické modelování, které problém regulovaných toků eliminuje, zase naráží na problém, od jak veliké plochy spádové oblasti definovat odtok už jako tok prvního stupně. Celá tato problematika spočívá v tom, že mnoho lokalit je podle analýzy daleko od vodního toku, ve skutečnosti mohlo být docela blízko nějakému malému toku, který zanikl a použití současné mapy neodrážejí tehdejší stav. V případě hydrologického modelování nebyl identifikován s dostatečnou spádovou oblastí.

Obecně je vzdálenost komponenty od vodního toku považována za jedno z nejdůležitějších kritérií při výběru její lokace. J. Rulf (1983 s literaturou) konstatuje, že na většině Evropy nepřekračuje tento údaj pro neolitické a eneolitické sídelní komponenty 500 - 700 metrů. Toto zjištění je však nutno brát s rezervou, protože J. Rulf a ani jeho předchůdci neměli k dispozici geografické informační systémy a nemohli tedy zjistit fakt, že místa vzdálená více než 700 metrů od vodního toku se v běžné krajině vyskytují jen zřídka.

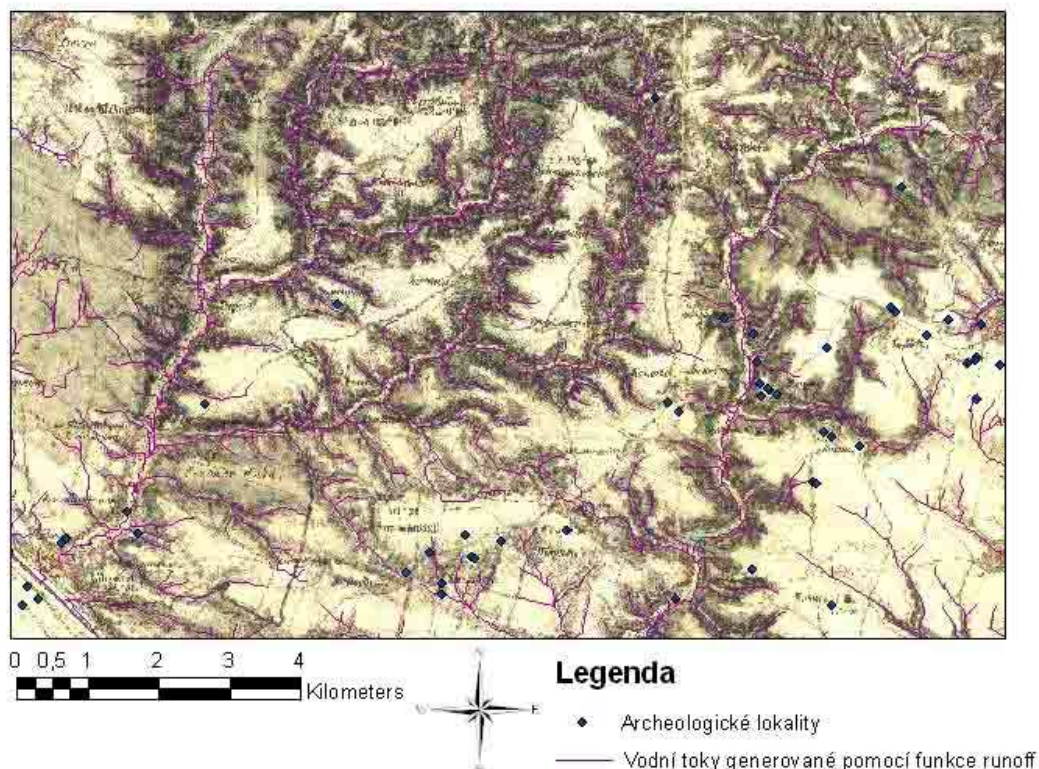
J. Rulf (1983, 59), který zkoumal neolitické a eneolitické lokality na území českokobrodské tabule, uvádí, že pouze jediná překročila 500 metrů. Průměry vzdáleností všech studovaných kultur se pohybovaly mezi 175 metry a 280 metry, kromě kultury kulovitých amfor a kultury se šňůrovou keramikou. K podobným číslům dochází i Z. Smrž (1994), jehož zjištěné vzdálenosti jsou maximálně 250 metrů s průměrem 223. Neobvykle vysoké hodnoty vzdálenosti od vodního toku byly ve výjimečných případech zjištěny M. Kunou pro povodí Vinořského potoka (Kuna, M. – Adelsbergerová, D. 1994, 128). Je nutné ovšem také uvažovat skutečnost, že minulé komunity mohly čerpat vodu z pramenů nebo studní.

Pro vybrané zájmové území byla k nejbližšímu vodnímu toku zjištěna minimální hodnota 0 metry a nejvyšší 1750 m. Průměrná vzdálenost byla 180 metrů.

4.5.9.1 Hydrologické modelování

Vzhledem k tomu, že nebyla k dispozici dostatečně podrobná mapa říční sítě, rozhodl jsem se vytvořit hypotetickou síť na základě DEMu. Z několika nabízených softwarů a metod byl vybrán postup v softwaru ESRI ArcMap 9. 3. z toho důvodu, že rekonstrukce vytvořené pomocí této sekvence jsou v současné době odborníky považovány za nejméně vystihující skutečnou realitu (Jedlička, K. – Mentlík, P. 2002). Jednou z velkých výhod této metody je to, že navíc je schopna vygenerovaným říčním tokům přiřadit jejich pozici v rámci Stahlerovi klasifikace.

Problematické výsledky byly získány v nivě řeky Labe, kde kvůli velmi rovnému terénu nefungoval postup dostatečně spolehlivě. V této oblasti bylo nutno přistoupit k rekonstrukci říční sítě ručně na základě II. vojenského mapování – Františkovo, vzniklého mezi lety 1819–1858. Tato metoda, ač její řešení je zjevně méně chybové než předchozí, na druhou stranu neřešila problém odvodu vody z vyšších partií zájmového území a její vlévání do toků nejvyšších řádů, našem případě Labe a Vltavy. Tento problém byl vyřešen tak, že v Labské nivě byli ponechány všechny toky řádu vyššího než tři.

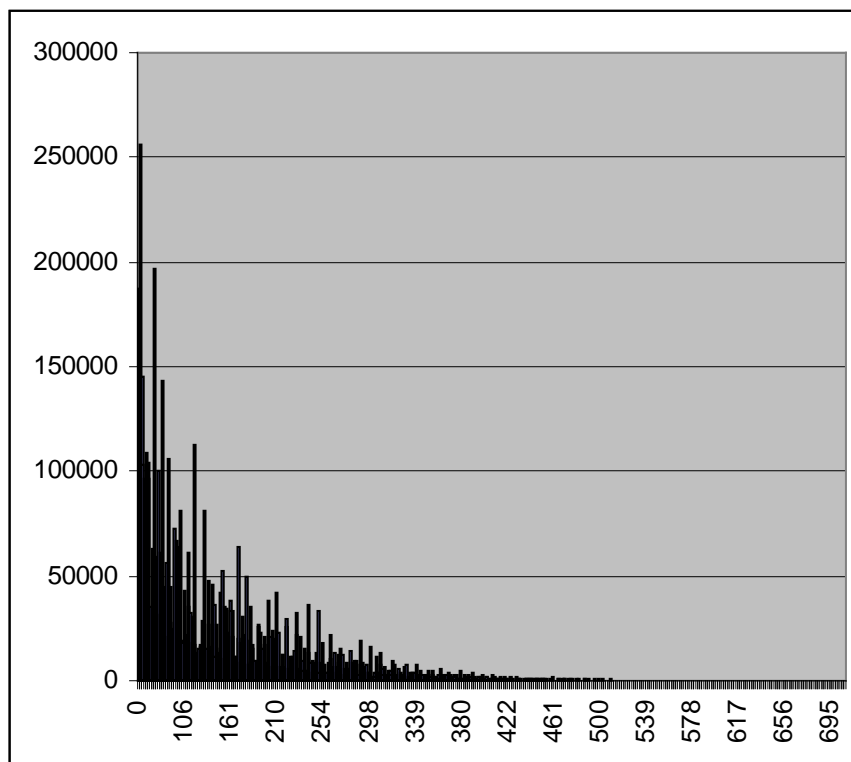


Obr. 15: Srovnání rekonstruovaných vodních toků (růžové linie) ve výřezu s II. vojenským mapováním – Františkovo (1819–1858)

4.5.9.2 Klasifikace vodních toků

Další dosud v archeologii opomíjenou skutečností, která tento postup zvýhodňuje před konkurenčními metodami, je fakt, že linie na tímto způsobem vzniklé vrstvě jsou již roztříděny na toky jednotlivých řádů. Jedná se o Stahlerovu klasifikaci, kde platí počítání od pramene a ke zvýšení řádu dochází při soutoku s další vodotečí. Na zájmovém území se vyskytly řády jedna až sedm.

Horizontální vzdálenost od vodního toku byla vytvořena pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“. Proměnná je uváděna v metrech. Nejvyšší hodnota je 713 metrů a průměrná hodnota je 131 metrů.



Obr. 16: Histogram horizontální vzdálenosti od vodního toku pro body rastru zájmového území v metrech

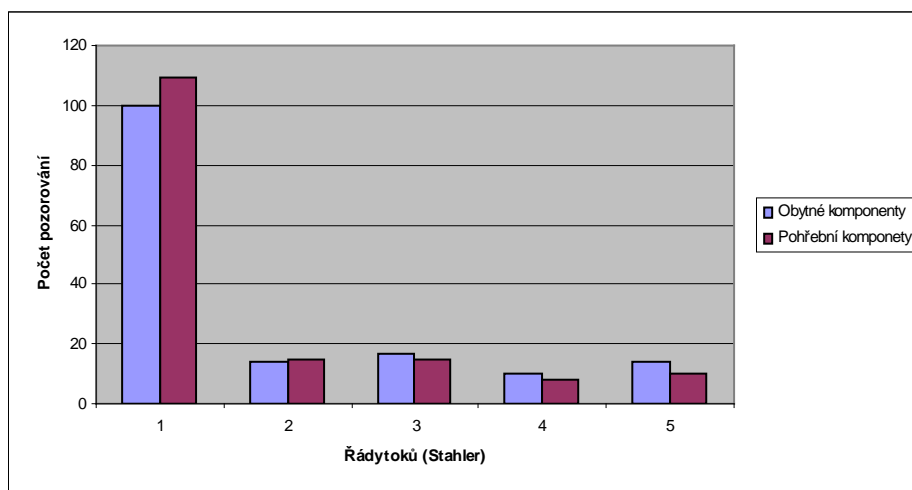
4.5.9.3 Horizontální vzdálenost k vodním tokům podle řádů.

Studium vztahu osídlení k tokům jednotlivých řádů není v české archeologii příliš rozšířené, přitom není při současném stavu výpočetní techniky nikterak obtížné. Při hydrologickém modelování již můžeme požadovanou klasifikaci provést automaticky (viz kapitola 5.5.8.1).

Z literatury lze uvést zejména práci I. Plainerové a I. Pavlů (1979) o osídlení kulturou s volutovou keramikou v Lounsko – Žatecké oblasti, kde převažuje osídlení na tocích 2. a 3. řádu, ovšem klasifikováno od ústí. Další je práce J. Rulfa (1983), v níž jsou rovnoměrně zastoupeny toky všech řádů, tedy prvního až pátého. Na rozdíl od práce I. Plainerové a I. Pavlů je nutné číslování posunout o jeden stupeň, protože v jednom případě se jako tok prvního stupně počítá Ohře a v druhém Labe.

Pro vybraná zájmová území byla použita klasifikace toků podle Stahlera, tedy od pramene (viz. obr 17, kapitola 5.5.8.1). Z použitého souboru dat je zřejmá velmi silná inklinace komponent k tokům prvního stupně (viz obr. 19).

Za normálních okolností by bylo možné vysvětlit relativně hustou síť řek, což je častý výsledek hydrologickém modelování. Avšak při porovnání takto vygenerované sítě s Františkovým mapováním (viz obr 16) zjistíme, že vygenerované toky kopírují tehdejší toky velmi věrně. Vysvětlit tuto odlišnost od ostatních studií, jež se zabývají tímto problémem, je možné lokálními specifiky.

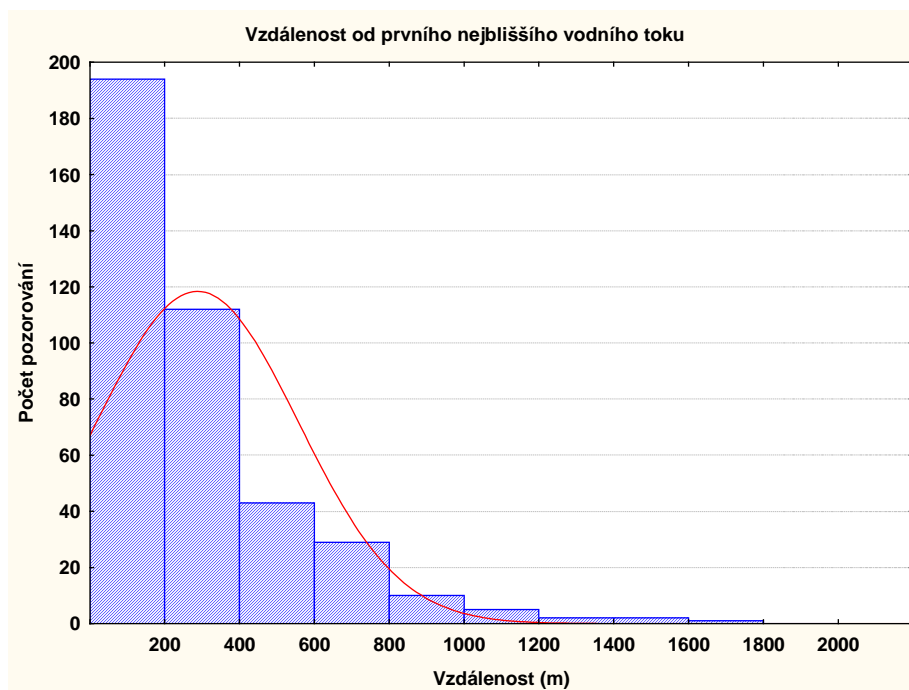


Obr. 17: Množství lokalit celého souboru dat blízkých jednotlivým řádům toků.

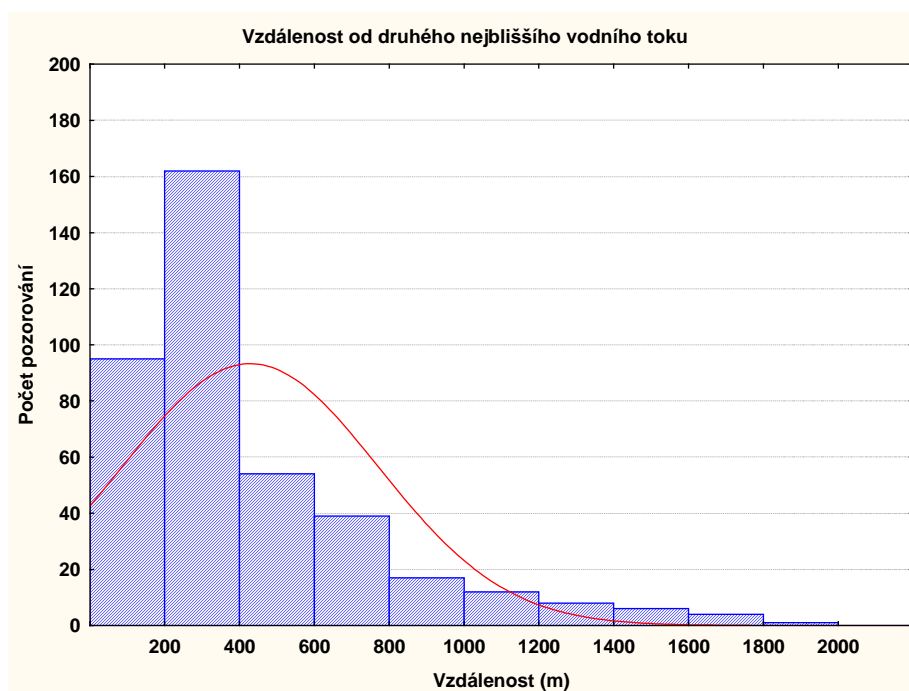
4.5.9.4 Horizontální vzdálenost od dalších (nikoliv nejbližších) vodních toků.

Studium vzdálenosti k dalším, tedy ne nejbližším vodním tokům je v české archeologii dosud opomíjené. Důležitost vodního zdroje se ovšem neomezuje pouze na potřebu pitné vody pro členy komunity. Voda je nepostradatelná k celé škále dalších činností, jako je nutnost napojení dobytka nebo využití vody při výrobních technologiích. Mnoho těchto činností by mohlo teoreticky znečišťovat primární vodní zdroj. Řešením takového problému by mohlo být striktní povolení provádění těchto aktivit pouze po proudu od zmíněné komunity. Další z možností by mohl být přístup k sekundárnímu vodnímu zdroji, vyhrazenému pro tyto účely. Studium dalších (ne nejbližších) vodních toků je velmi komplikovaná záležitost. Primární zdroj jedné komunity mohl být sekundárním zdrojem jiné komunity

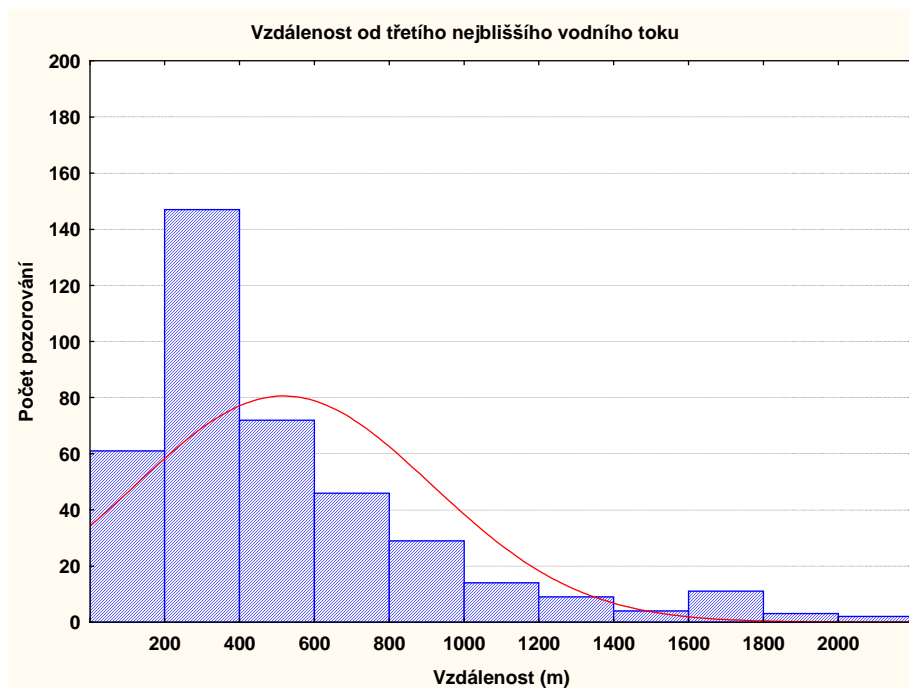
U druhého nejbližšího vodního toku se jednalo o minimální vzdálenost 25 metrů a maximální 1957 metrů. Průměrná vzdálenost 242 metrů. Třetí nejbližší vodní tok měl minimální hodnoty vzdálenosti 40 metrů a maximální 2113 m a průměr 289 m.



Obr. 18: Histogram vzdáleností všech archeologických lokalit z databáze od nejbližšího vodního toku



Obr. 19: Histogram vzdáleností všech archeologických lokalit z databáze od druhého nejbližšího vodního toku



Obr. 20: Histogram vzdáleností všech archeologických lokalit z databáze od třetího nejbližšího vodního toku

4.5.9.5 Vzdálenost od nejbližšího vodního toku – MCE

Vzdálenost od vodního toku byla zjištěna pomocí funkce „GENERATE NEAR TABLE“ v softwaru ArcView. Vzdálenost byla odečítána od vodních toků vygenerovaných při hydrologickém modelování (viz kapitola 5.5.8.1). Dále bylo třeba vytvořit rastr se vzdálenostmi od těchto toků což bylo provedeno pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“.

4.5.9.6 Vzdálenost od vodního toku - Logit

Vzdálenost od vodního toku je měřena v metrech a je rozdělena do čtyř kategorií 0 – 100, 100 –200, 200 – 300, 300 a více metrů. Rastr obsahující jednotlivé zvolené kategorie byl vytvořen pomocí nástroje „RECLASSIFY“ z rastru obsahujícího vzdálenost.

Vzdálenost od vodního toku (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0 -100	266,715	44,865	7	11,665	0,600
100 - 200	190,98	32,126	6	8,353	0,718
200 -300	96,704	16,267	4	4,229	0,946
300 - n	40,082	6,742	9	1,753	5,134
Celkem	594,481	100	26	26,000	1,000

Tab. 26: Vzdálenost od vodních toků pro komponenty mladšího neolitu

Vzdálenost od vodního toku (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	266,715	44,865	13	13,011	0,999
100-200	190,98	32,126	8	9,317	0,859
200-300	96,704	16,267	8	4,717	1,696
300-n	40,082	6,742	0	1,955	0,000
Celkem	594,481	100	29	29,000	1,000

Tab. 27: Vzdálenost od vodních toků pro komponenty mladší doby bronzové

Vzdálenost od vodního toku (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	266,715	44,865	11	13,908	0,791
100-200	190,98	32,126	12	9,959	1,205
200-300	96,704	16,267	7	5,043	1,388
300-n	40,082	6,742	1	2,090	0,478
Celkem	594,481	100	31	31,000	1,000

Tab. 28: Vzdálenost od vodních toků pro komponenty doby římské

4.5.9.7 Vzdálenost od vodního toku – Binární vrstvy

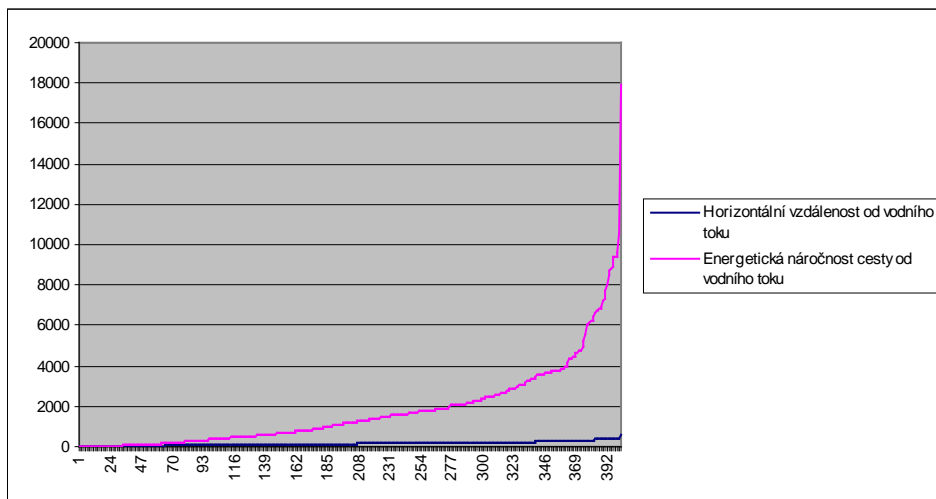
Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	30,00	302,63
Mladší bronz	15,56	256,23
Řím	18,91	271,31

Tab. 29: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vzdálenost od vodního toku

4.5.10 Energetická náročnost cesty od nejbližšího vodního toku.

Relevancí této proměnné pro strukturu osídlení v pravěku se dosud v ČR nikdo nezkoumal. Tímto tématem ve své metodologické práci se zabývala zatím pouze A. Danielisová. V zahraničí se tato proměnná občas diskutuje (např Bell, T – Lock, G. 2000, Harris, T. 2000). Jedná se o „derivovanou“ vrstvu z několika předchozích. Do jejího výpočtu vstupuje vzdálenost od vodního toku a příslušný sklon svahu, případně jiné překážky, které znesnadňují pohyb. To může tento soubor dat nebo horizontální vzdálenost činit do jisté míry redundantní. Při studiu průběhu křivek, které znázorňují stoupání hodnot pro obě proměnné v rámci datového souboru, můžeme být svědky nepoměrného stoupání energetické náročnosti vůči běžné vzdálenosti. Strmost stoupání se může lišit v rámci toho, jak velká frikce je přidělena svahu (pro frikci použitou v této studii viz obr. 23).

Nakonec jsem se rozhodl pro ponechání obou proměnných, se záměrem, že energetická náročnost bude reprezentovat čistě ekonomickou stránku relace komponenty od vodního toku (viz kapitola 5.5.8) a běžná horizontální vzdálenost bude představovat symbolický aspekt strukturace sídelního areálu. Tedy řeky jako hranice mezi různými sférami nebo světy. (k tomuto tématu kapitola 3.2.2.3). Tento aspekt, mající vztah spíše k optické stránce věci než k samotnému faktu, kolik energie spotřebujeme, než tam dojdeme, velmi rychle stoupající energetickou náročnost cesty od vodního toku není schopen zachytit.



Obr. 21: Průběh křivek zobrazující stoupání hodnot horizontální vzdálenosti od vodního toku a energetické náročnosti cesty od vodního toku

Energetickou náročnost průchodu krajinou je možno modelovat několika způsoby. (k těmto způsobům např. Danielisová, A. 2008 str.110 – 119). Po zvážení byla vybrána metoda navržená De Silvou a Pizziolo (2001), která je určena pro rastrové geografické informační systémy. Konkrétně se jedná o její modifikaci počítající cestu nahoru i dolů. I když byl tento postup vyvinut původně pro software IDRISI, byl v tomto případě použit software ArcWiev. Opět se jedná o sekvenci kroků, kdy je nejprve nutné z digitálního modelu terénu pomocí nástroje „SLOPE“ vytvořit rastr představující sklon svahu. Na rozdíl od předchozího v kapitole 5.5.3 je nutno výsledek vypočítat v procentech sklonu svahu nikoliv ve stupních. Dále je nutné pomocí nástroje „RASTER CALCULATOR“ vypočítat rastr obsahující samotnou frikci, to se provede podle vzorce

$$W = \frac{1}{2} [1 + (3,168 * S) + 1 + (1,2 * S)]$$

kde W je frikční povrch, S svah v procentech a hodnota „1“ vyjadřuje jednu buňku rastru, tedy horizontální vzdálenost (Danielisová, A. 2008, 113).

Finálním krokem je tento rastr použit jako frikční povrch v nástroji „COST DISTANCE“ spolu s vygenerovanou sítí vodních toků z kapitoly 5.5.8.1. Výsledná čísla jsou bezrozměrná a vyjadřují spíše relativní hodnoty.

Nejvyšší dosažené hodnoty pro celé zájmové území byly 287713 a průměrná hodnota byla 15561.

4.5.10.1 Energetická náročnost cesty od nejbližšího vodního toku - MCE

Energetická náročnost cesty od vygenerovaných vodních toků byla zjištěna pomocí nástroje "EXTRACT VALUE TO POINTS" z příslušného rastru. Jedná se o bezrozměrnou veličinu.

4.5.10.2 Energetická náročnost cesty od vodního toku - Logit

Energetická náročnost cesty od vodního toku je taktéž bezrozměrná veličina a byla rozdělena do kategorií 0 – 20000, 20000 – 40000, 40000 – 60000 a 60000 a více. Výsledný rastr byl tedy pomocí funkce „RECLASSIFY“ rozdělen na jednotlivé kategorie.

Energetická náročnost cesty od vodního toku	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20000	438,425	73,759	12	19,177	0,626
20000-40000	95,844	16,124	5	4,192	1,193
40000-60000	34,661	5,831	3	1,516	1,979
60000-n	25,469	4,285	6	1,114	5,386
Celkem	594,4	100	26	26,000	1,000

Tab. 30: Energetická náročnost cesty od vodního toku pro komponenty mladšího neolitu

Energetická náročnost cesty od vodního toku	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20000	438,425	73,759	21	21,390	0,982
20000-40000	95,844	16,124	8	4,676	1,711
40000-60000	34,661	5,831	0	1,691	0,000
60000-n	25,469	4,285	0	1,243	0,000
Celkem	594,4	100	29	29,000	1,000

Tab. 31: Energetická náročnost cesty od vodního toku pro komponenty mladší doby bronzové

Energetická náročnost cesty od vodního toku	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20000	438,425	73,759	19	22,865	0,831
20000-40000	95,844	16,124	9	4,998	1,801
40000-60000	34,661	5,831	3	1,808	1,660
60000-n	25,469	4,285	0	1,328	0,000
Celkem	594,4	100	31	31,000	1,000

Tab. 32: Energetická náročnost cesty od vodního toku pro komponenty doby římské

4.5.10.3 Energetická náročnost cesty od vodního toku – binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	1912,03	73408,97
Mladší bronz	463,41	35729,30
Řím	197,15	37826,48

Tab. 33: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou Energetická náročnost cesty od vodního toku

4.5.11 Vzdálenost k hraně

S pojmem hrany a jejím významem pro strukturování prostoru minulými lidmi poprvé pracoval M. Kuna (Kuna, M. – Adelsbergerová, D. 1994, 128). Také si všiml, jak velké množství komponent se ať už přímo nebo nepřímo váže k tomuto terénnímu typu. Ve své práci (2008) to dokonce vyčíslil pomocí indexů významnosti, které byly v kategorii přímo u tohoto terénního typu 1,8 pro sídliště a 3 pro pohřebiště.

Problematické se ovšem ukázalo definování hrany a přesné technické uchopení pomocí geografických informačních systémů. V současné době se nejčastěji používá metoda postavená na sledování velikosti zakřivení povrchu z DEMu a to buď pomocí výpočtu gradientu z gradientu svahu (Kuna, M. 2006), nebo přímo sledováním zakřivení.

Dalším problémem byla definice samotné plochy hrany. M. Kuna (2006) tento fakt řeší pomocí nástroje, který označí body rastru proti směru svahu. V této představě je tedy hrana územím nad samotnou konkávní částí hrany.

K identifikaci hran se nabízely dvě metody. První byla metoda užití gradientu sklonu svahu (Kuna, M 2008 83). V ArcView je tedy nutné z DEMu pomocí funkce „SLOPE“ vytvořit rastr sklonů svahu a následně na něj aplikovat nástroj „SLOPE“. Nevýhoda tohoto postupu je však ta, že konkávní, tedy dolní i konvexní /horní/ hrany jsou odlišeny jen velikostí hodnot rastru a i rozdíl mezi hranami a obyčejným povrchem je velmi nejasný a posléze je nutno arbitrárně rozhodnout a ručně odfiltrovat nezajímavé hodnoty. Alternativou k tomuto postupu je použít v softwaru ArcView nástroj „CURVATURE“ sledující zakřivení povrchu. Na výsledném rastru jsou konkávní (dolní) i konvexní (horní) hrany rozlišeny zápornými a kladnými čísly. Další velkou výhodou nástroje „CURVATURE“ je, že více zakřivené povrchy jsou díky rozdílu v hodnotách rastru velmi ostře odděleny od méně zakřivených povrchů, a proto stačí posléze přistoupit pouze k odfiltrování velkých hodnot pomocí funkce „RECLASSIFY“. Poté lze přistoupit k eliminaci drobných hran zabírajících pouze jeden bod rastru, kdy byl rastr pomocí nástroje „RASTER TO POLYGON“ převeden na „shapefile“ a pak byly vymazány všechny polygony s menší plochou než 160 metrů čtverečních. Následně byl shapefile převeden zpět do formátu rastr. Maximální vzdálenost na zájmovém území od takto definovaných hran je 2945 metrů a průměrná vzdálenost je 354 metrů.

4.5.11.1 Vzdálenost k hraně - MCE

Údaje pro číselné zpracování byly odečteny pomocí nástroje „GENERATE NEAR TABLE“ od polygonového zobrazení hran. Dále byl pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ od těchto polygonů vytvořen rastr vzdáleností.

4.5.11.2 Vzdálenost k hraně - Logit

Vzdálenost k hraně byla rozdělena do třech kategorií a to 0 – 100 metrů, 300 – 600 metrů, 600 a více metrů. Rastr se vzdálenostmi od hran byl pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován podle zvolených kategorií.

Vzdálenost k hraně	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-300	263,933	44,397	14	11,543	1,213
300-600	144,054	24,232	12	6,300	1,905
600-n	186,503	31,372	0	8,157	0,000
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 34: Vzdálenost k hraně pro komponenty mladšího neolitu

Vzdálenost k hraně	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-300	263,933	44,397	21	12,875	1,631
300-600	144,054	24,232	6	7,027	0,854
600-n	186,503	31,372	2	9,098	0,220
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 35: Vzdálenost k hraně pro komponenty mladší doby bronzové

Vzdálenost k hraně	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-300	263,933	44,397	13	13,763	0,945
300-600	144,054	24,232	6	7,512	0,799
600-n	186,503	31,372	12	9,725	1,234
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 36: Vzdálenost k hraně pro komponenty doby římské

4.5.11.3 Vzdálenost k hraně – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	57,48	377,93
Mladší bronz	34,13	594,81
Řím	80,07	956,15

Tab. 37: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vzdálenost k hraně

4.5.12 Vzdálenost k hřbetnici

Geomorfologický typ hřbetnice byl zaveden do výpočtů díky empirickým zjištěním, že velká část mohylových pohřebišť leží jen velmi nízko pod vrcholky nebo hřbety.

Nástroj, který by definoval hřbetnice, není v žádném z běžně používaných geografických informačních systémů přítomen. K identifikaci tohoto geomorfologického typu musela být uskutečněna série kroků. Vzhledem k tomu, že jsou tyto hřbetnice definovány jako místa s minimální spádovou oblastí při hydrologickém modelování, jedná se o jistý opak vodních toků (Kuna, M. 2008). K tvorbě rastru s identifikovanými hřbetnicemi bylo tedy nutné pomocí nástroje „RASTER CALCULATOR“ násobit digitální model terénu číslem mínus jedna. Výsledný „negativní DEM“ byl podobný hydrologickému modelování jako při generování vodních toků s výjimkou toho, že nebyla provedena funkce „FILL“, protože hledat a zajišťovat odtok z uzavřených míst není v tomto postupu nutné. Výsledkem je shapefile, kde linie jsou hřbetnice. Posléze byl s pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ vyroben rastr se vzdálenostmi od těchto hřbetnic. Maximální vzdálenost na zájmovém území je 1178 a průměrná vzdálenost je 342 metrů.

4.5.12.1 Vzdálenost k hřbetnicím - MCE

Vzdálenost k hřbetnicím pro další zpracování byla odečítána od polygonového zobrazení těchto linií pomocí nástroje „GENERATE NEAR TABLE“. Pro tvorbu predikčního modelu byl vytvořen pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ rastr s těmito vzdálenostmi.

4.5.12.2 Vzdálenost k hřbetnicím - Logit

Proměnná vzdálenost od hřbetnice byla rozdělena do čtyř kategorií a to 0 – 100, 100- 200, 200 – 300, 600 a více. Rastr s vzdálenostmi od vodního toku byl tedy pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován na tyto kategorie.

Vzdálenost od hřbetnice (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	61,709	10,38	9	2,699	3,335
100-300	166,09	27,938	8	7,264	1,101
300-600	199,257	33,517	6	8,714	0,689
600-n	167,434	28,164	3	7,323	0,410
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 38: Vzdálenost ke hřbetnici pro komponenty mladšího neol

Vzdálenost od hřbetnice (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	61,709	10,38	6	3,010	1,993
100-300	166,09	27,938	8	8,102	0,987
300-600	199,257	33,517	7	9,720	0,720
600-n	167,434	28,164	8	8,168	0,979
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 39: Vzdálenost ke hřbetnici pro komponenty mladší doby bronzové

Vzdálenost od hřbetnice (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	61,709	10,38	1	3,218	0,311
100-300	166,09	27,938	16	8,661	1,847
300-600	199,257	33,517	6	10,390	0,577
600-n	167,434	28,164	8	8,731	0,916
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 40: Vzdálenost ke hřbetnici pro komponenty doby římské

4.5.12.3 Vzdálenost k hřbetnici – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	56,00	594,81
Mladší bronz	74,33	932,21
Řím	105,38	786,27

Tab. 41: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vzdálenost k hřbetnici

4.5.13 Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku

Poměr horizontální a vertikální vzdálenosti do jisté míry vyjadřuje energetickou náročnost, ale je to také určitá syntetizovaná proměnná, která má za účel vystihnout potřebu minulých lidí zaujmout z ekonomického hlediska výhodnou polohu v blízkosti vodního toku (tedy zdroje pitné a užitkové vody), a zároveň snahu usídlit se poblíž co nejvíce vizuálně dominantního místa v krajině. Tento poměr popisuje míru kompromisu mezi praktickými a symbolickými pohnutkami, které vedly minulé lidi ke strukturování svých komunitních areálů.

Rastr sledující tuto proměnnou byl opět vyroben v softwaru ArcView. Nejprve bylo nutné připravit si pomocí nástroje „STRAIGHT LINE“ za použití shapefilu vygenerované řeky z kapitoly 5.5.8.1 hydrologického modelování rastr vzdáleností od vodního toku. Poté byl takto vzniklý rastr v nástroji „RASTER CALCULATOR“ vydělen rastrem obsahujícím hodnoty převýšení nad vodním tokem. Nejmenší zjištěná hodnota na zájmovém území je 0, největší 36,8 a průměrná hodnota je 0,37.

4.5.13.1 Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodních toků – MCE

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti byl zjištěn pomocí nástroje „EXTRACT VALUE TO POINTS“ z příslušného rastru. Jedná se o bezrozměrnou veličinu.

4.5.13.2 Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodních toků – Logit

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku je bezrozměrná veličina. Proměnná byla rozdělena do čtyř kategorií: 0 – 0,1, 0,1 – 0,2, 0,2 – 0,4, 0,4 a více. Rastr s poměrem vertikální a horizontální vzdálenosti od vodních toků byl pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován na tyto kategorie.

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-0,1	280,254	47,304	15	12,299	1,220
0,1-0,2	98,715	16,662	3	4,332	0,693
0,2-0,4	76,57	12,924	4	3,360	1,190
0,4-n	136,912	23,109	4	6,008	0,666
Celkem	592,451	100	26	26,000	1,000

Tab. 42 Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku pro komponenty mladšího neolitu

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-0,1	280,254	47,304	16	13,718	1,166
0,1-0,2	98,715	16,662	4	4,832	0,828
0,2-0,4	76,57	12,924	7	3,748	1,868
0,4-n	136,912	23,109	2	6,702	0,298
Celkem	592,451	100	29	29,000	1,000

Tab. 43: Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku pro komponenty mladší doby
bronzové.

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-0,1	280,254	47,304	20	14,664	1,364
0,1-0,2	98,715	16,662	9	5,165	1,742
0,2-0,4	76,57	12,924	1	4,006	0,250
0,4-n	136,912	23,109	1	7,164	0,140
Celkem	592,451	100	31	31,000	1,000

Tab. 44: Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti od vodního toku pro komponenty doby římské.

4.5.13.3 Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	0,01	0,42
Mladší bronz	0,02	0,32
Řím	0,01	0,18

Tab. 45: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou poměr vertikální a
horizontální vzdálenosti

4.5.14 Vertikální vzdálenost nad vodním tokem

Vertikální vzdálenost nebo také převýšení nad vodním tokem je sledována v metrech. J. Rulf (1973) si povšiml, že žádný z nálezů na Českobrodské tabuli nepřesahuje převýšení 50 metrů nad hladinou toku. Dále zaznamenal, že 50% lokalit je do 10 metrů převýšení. Tato proměnná popisuje míru vizuální dominance sledovaného místa.

Pro výpočet převýšení nad vodním tokem nebo převýšením obecně dosud není v geografických informačních systémech znám žádný jednoduchý nástroj. Bylo tedy nutné se přiklonit ke komplikovanějšímu postupu. Známe-li svah v procentech a buňka rastru je 10x10 m, znamená sklon 5 procent převýšení 0,5 m, hodnota frikce je tedy 0,5. Nejprve byl opět funkcí „SLOPE“ vytvořen rastr se sklonem svahu v procentech a posléze byl dělen pomocí funkce „RASTR CALCULATOR“ deseti. Výsledný rastr byl použit spolu s shapefilem vygenerované řeky, vzniklým v rámci hydrologického modelování (kapitola 5.5.8.1), v nástroji „COST DISTANCE“ k výpočtu rastru s hodnotami převýšení (Kuna, M. ústní sdělení). Největší hodnota zastoupená na zájmovém území je 550 metrů a průměrná je 31 metrů.

4.5.14.1 Vertikální vzdálenost nad vodním tokem – MCE

Hodnoty převýšení nad vodním tokem byly odečítány z příslušného rastru.

4.5.14.2 Vertikální vzdálenost nad vodním tokem - Logit

Převýšení nad vodním tokem je udáváno v metrech a bylo rozděleno do kategorií 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60, 60 a více metrů. Rastr s převýšením nad vodním tokem byl tedy pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikován na tyto kategorie.

Převýšení nad vodním tokem(m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20	352,576	59,511	13	15,473	0,840
20-40	89,211	15,058	4	3,915	1,022
40-60	50,147	8,464	7	2,201	3,181
60-n	102,556	17,31	2	4,501	0,444
Celkem	594,49	100	26	26,000	1,000

Tab. 46: Vertikální vzdálenost nad vodním tokem pro komponenty mladšího neolitu

Převýšení nad vodním tokem(m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20	352,576	59,511	24	17,258	1,391
20-40	89,211	15,058	3	4,367	0,687
40-60	50,147	8,464	1	2,455	0,407
60-n	102,556	17,31	1	5,020	0,199
Celkem	594,49	100	29	29,000	1,000

Tab. 47: Vertikální vzdálenost nad vodním tokem pro komponenty mladší doby bronzové

Převýšení nad vodním tokem (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20	352,576	59,511	26	18,448	1,409
20-40	89,211	15,058	4	4,668	0,857
40-60	50,147	8,464	0	2,624	0,000
60-n	102,556	17,31	1	5,366	0,186
Celkem	594,49	100	31	31,000	1,000

Tab. 48: Vertikální vzdálenost nad vodním tokem pro komponenty roby římské

4.5.14.3 Vertikální vzdálenost nad vodním tokem – Binární vrstvy

Binární vrstva	Intervaly	
	od	do
Mladší neolit	3,12	47,14
Mladší bronz	1,03	26,60
Řím	0,87	22,62

Tab. 49: Stanovené intervaly pro jednotlivé binární vrstvy pro proměnnou vertikální vzdálenost nad vodním tokem

4.5.15 Záplavová území

Záplavové území bylo sledováno ze dvou důvodů. Prvním z nich byl fakt, že na těchto územích jsou archeologické nálezy většinou zakryty poměrně velkými vrstvami sedimentů. Druhý důvod je, že minulé populace tento problém musely při lokaci svých sídlišť do jisté míry reflektovat. Při tvorbě samotné vrstvy byla pro identifikaci tohoto záplavového území použita výška vodního sloupce, typická pro konkrétní toky pro jev, kterému se také někdy říká dvacetiletá voda. Jedná se o povodeň, jejíž kulminační průtok je dosažen či překročen průměrně 5 x za sto let. V takovém řádném a průměrném století se tedy vyskytne jedna voda stoletá či větší, k tomu jedna padesátiletá, tři dvacetileté – takže dohromady pět dvacetiletých či větších vod (Demek, J. – Netopil, R. 1984). Tento údaj byl vybrán s přihlédnutím na délku jedné lidské generace, tedy schopnost tento fakt reflektovat. Je ovšem více než možné, že zkušenosti s těmito událostmi, které by měly i mnohem delší periodu, bylo možné předávat i mezigeneračně v rámci například folklóru (Neustupný, E. 2007). Dalším důvodem pro generování záplavových území je skutečnost, že neumíme přesně modelovat průběh vodních toků, zejména v plošší krajině. Je proto výhodnější měřit vzdálenosti od okraje niv.

Modelování záplavového území není jednoduchá záležitost. V běžně nabízených geografických informačních systémech se moduly pro toto modelování nevyskytují. Existují jen poměrně složité a těžko dostupné programy, které pracují s údaji o konkrétním vodním toku (např. HEC-GeoRAS, TauDEM; Valenta 2008). K jejich použití je zpravidla třeba znát příčné profily údolí a další proměnné. Dosud jediné známé řešení existuje v podobě práce M. Kuny (2009), kde po výpočtu vertikální vzdálenosti zvyšuje záplavovou oblast v závislosti na množství plochy, kterou tento tok odvodňuje.

Nakonec bylo zvoleno vlastní řešení. Při hydrologickém modelování (viz kapitola 5.5.8.1) byly pomocí editace v tabulce atributů odstraněny řády jedna a dvě. Následně byly zbylé linie rozděleny na kategorie. První kategorie obsahovala toky řádu dva a tři, druhá čtyři, pět, šest a sedm. Modely Labe a Vltava, které byly vytvořeny ručně na základě Druhého vojenského mapování, vytvořily čtvrtou skupinu. Poté byly linie těchto kategorií opticky ztotožněny se

současnými řekami a potoky. Například první kategorie připadla na Zakšínský potok, druhá kategorie na říčku Deštná. Posléze byla dotazem u místních úřadu zjištěna rekordní výška hladiny za posledních dvacet let. Pak byly pomocí nástroje „COST DISTANCE“ odděleně vypočteny rastry převýšení nad vodním tokem stejným způsobem jako v kapitole 5.5.1.3. Převýšení nad vodním tokem jen s tím rozdílem, že dosah výpočtu byl omezen podle velikosti toku. Následně byly pomocí nástroje „RECLASSIFY“ odfiltrovány všechny vyšší hodnoty než zjištěné pro jednotlivé kategorie. Vzniklé tři rastry s převýšením nad jednotlivými kategoriemi byly poté nástrojem „RASTER TO POLYGON“ převedeny do podoby shapefillu a nástrojem „MERGE“ spojeny. Výsledná mapa byla nástrojem „POLYGON TO RASTER“ převedena zpět do rastrového formátu.

Zmíněná metoda je značně problematická. Je zde nutné mít na paměti skutečnost, že množství srážek se v dlouhých historických etapách mění a do chyby výpočtu vstupuje ještě velké množství dalších chyb, ale v současné situaci nedostatku jiných metod je použití této metody plně ospravedlnitelné.

Další důvod proč může být tato proměnná použita k tvorbě modelů bez obav, že by mohla zanést případnou chybu je ten, že žádná s komponent jak testovacího tak trénovacího souboru pro žádné sledované období nespadá do takto označeného území. Z logiky mechanismu tvorby modelů zvolenými metodami tedy vyplývá, že žádná chyba nemůže být vnesena i kdyby výpočet záplavového území neodpovídal realitě.

4.5.15.1 Záplavová území – MCE

Tento jediný rastr nenabývá kardinální proměny, ale je dichotomický, označuje tedy přítomnost nebo nepřítomnost jevu. Z toho důvodu bylo upuštěno od aplikování nástroje FUZZY. Aby bylo možné tuto proměnnou použít, bylo nutné obě hodnoty rastru, tedy tu, jež značí přítomnost záplavového území, a tu, jež značí jeho absenci, pomocí nástroje „RECLASSIFY“ reklasifikovat tak, aby hodnoty respektovaly poměr lokalit, co do území spadají nebo nespádají, a poté převést rastr na formát BYTE. Po této sérii úkonů bylo možné ho do metody MCE použít.

4.5.15.2 Záplavová území - Logit

Tato vrstva byla vytvořena tak, že identifikovaná plocha jevu byla pomocí nástroje „RECLASIFFY“ reklasifikována na požadované hodnoty zjištěné pro jednotlivé komponenty.

Záplavová území	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
1	51,128	8,607	0,000	2,238	0,000
0	543,362	91,400	26,000	23,764	1,094
Celkem	594,490	100,000	26,000	26,000	1,000

Tab. 50: Přítomnost komponent mladšího neolitu pro záplavové území

Záplavová území	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
1	51,13	8,61	0,00	2,41	0,00
0	543,36	91,40	28,00	25,59	1,09
Celkem	594,49	100,00	28,00	28,00	1,00

Tab. 51: Přítomnost komponent mladší doby bronzové pro záplavové území

Záplavová území	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
1	51,13	8,61	0,00	2,67	0,00
0	543,36	91,40	31,00	28,33	1,09
Celkem	594,49	100,00	31,00	31,00	1,00

Tab. 52: Přítomnost komponent doby římské pro záplavové území

4.5.15.3 Záplavové území – Binární vrstvy

Vzhledem k tomu, že záplavové území je plošný fenomén tak byla vstupní vrstva pouze reklasifikována tak, aby záplavové území nabývalo hodnoty 0 a zbytek území hodnoty 1.

4.6 Stanovení vah (Weight)

Stanovení vah je často velmi komplikovaná otázka. Problematičnost přiřazení takových vah je obecně přiznávána i v oborech lidské činnosti, které pracují i s dosud živou kulturou. Například při plánování územního rozvoje je

přiřazování vah často diskutováno (například Kung, H. 2011). V archeologii je tato problematika obecně řešena pomocí dvou možností.

První je arbitrární zvolení vah na základě našeho současného poznání a vědomostí o tom, jakým způsobem minulí lidé strukturovali své areály. Do této skupiny patří posouzení důležitosti faktorů deduktivním způsobem z našich teoretických modelů. Například studujeme-li zemědělskou společnost, je nutné předpokládat, že sídelní komponenty zaujmou polohy na nižším svahu, kde lze provádět zemědělské aktivity. Posléze tedy bude přiřazena vyšší váha environmentální proměnné sklon svahu.

Druhá možnost, jak arbitrárně zvolit váhy, je závislá na našem dosavadním poznání spíše induktivním způsobem. To znamená, že dochází k určité generalizaci konkrétních dosud známých fakt. Například váhy přiřadíme na základě dat zjištěných jinými badateli na morfologicky blízkém území pro blízkou nebo stejnou archeologickou kulturu. Přenositelnost a kompatibilita takových dat může být ovšem problematická, protože i na morfologicky příbuzném území mohou stejné nebo časově blízké kultury nabývat různých specifik, například v sociálních nebo symbolických aspektech jejich chování, a taková specifika jsou prostým porovnáním environmentálních proměnných neodhalitelná. Jako příklad lze uvést prezenci nějakého nadkomunitního areálu, který ovlivňuje konfiguraci areálů na jednom území, ale na druhém, třeba i mírně vzdáleném nikoliv (například Dresler, P. – Macháček, J. 2008 na případě raně středověkých center).

Další možnost, jak přidělit váhy jednotlivým vrstvám vstupujícím do predikčního modelování, je zvolena na základě jejich vlastnosti. Například jak relativně dopadly v porovnání s ostatními při určitém druhu testování jejich statistické významnosti, či, jaký byl vypočítán poměr mezi rozlohou jimi zvoleného vhodného území a množstvím na toto území připadlých lokalit z trénovacího souboru. Při tomto způsobu přiřazování vah se za důležitější považují vrstvy, kde je zkoncentrováno větší procento lokalit na menším procentu plochy kategorie, či na její části s pravděpodobnější předpokládanou hodnotou. Tento postup ovšem může být potenciálně problematický z důvodu, že tato váha již prakticky opakuje jednou aplikovanou hodnotu. V případě, že

je pro tvorbu modelu použito regresní nebo diskriminační analýzy či jiného pravděpodobnostního modelu, je pak poprvé množství lokalit trénovacího souboru zohledněno při samotném výpočtu pravděpodobností bodů rastru jednotlivých vrstev a pak podruhé při udělování váhy celé vrstvě. Pokud je použito Booleovského modelu, jsou jednotlivé vrstvy rozděleny na vhodné a nevhodné kategorie opět pomocí dat z trénovacího souboru, a jsou-li opět jejich váhy tvořeny na základě stejných dat, dochází k zdvojení dopadu těchto dat na model.

4.6.1 Stanovení vah pomocí negativních zjištění – váhový index vrstvy

Z toho důvodu byla zde vyvinuta vlastní metoda tvorby vah pracující s negativními zjištěními na zájmovém území. Použití těchto negativních zjištění je v archeologii relativně nové, protože v dosavadní metodice byly používány málo a navíc převážně až ve fázi testování.

Principem této metody je přiřadit vrstvě váhu na základě toho, do jaké míry jsou vypočtená archeologická data odlišná od analogicky spočítaných dat pocházejících z archeologických negativních zjištění.

K zjištění stupně odlišnosti byl použit stanovený index významnosti (viz kapitola 4.7.3.1). V rámci výpočtů spojených s tvorbou metody 2 byly vrstvy s jednotlivými environmentálními proměnnými rozděleny na kategorie, pro něž bylo na základě velikosti plochy těchto kategorií spočteno množství očekávaných komponent jednotlivých sledovaných kultur, které byly následně vyděleny skutečně nalezeným počtem komponent. Tento údaj nám sděluje, jak se nalezené komponenty v kategorii liší od počtu, jehož by bylo dosaženo, pokud by komponenty byly na území rozloženy rovnoměrně.

Tento index významnosti byl naprosto analogicky spočten i pro negativní zjištění. Výsledné hodnoty byly od sebe odečteny a na výsledná data byla aplikována absolutní hodnota. V této fázi nám číslo indikovalo, do jaké míry je odlišný index významnosti negativních zjištění od indexu významnosti nalezených komponent. Tedy to, do jaké míry jsou odlišné jednotlivé kategorie na vrstvě. Následně byly výsledky pro jednotlivé kategorie sečteny a vyděleny

počtem kategorií. Výsledné číslo nám tedy indikuje, do jaké míry je odlišná celá vrstva s komponentami od celé vrstvy s negativními zjištěními.

Výhodou tohoto postupu může být fakt, že v datech vzniklých klasickými výzkumy odkryvem mohou být určité falešné struktury. Jde o falešné struktury vnesené tam samotnými archeology. K naprosté většině výzkumů odkryvem dochází v intravilánech. Díky tomu může taková falešná struktura nabývat podoby krajinných typů, které pro své bydlení vyhledávají současní lidé nebo při delší kontinuitě vesnic lidé vrcholného středověku. Na základě této falešné struktury může být posílena určitá konfigurace environmentálních proměnných, která v případě minulého osídlení mohla být pouze jedna z mnoha. Navržený způsob může částečně tento problém kompenzovat, protože odečtení indexu významnosti negativních zjištění vede k tomu, že při velkém množství výzkumů v jedné kategorii vrstvy způsobí snížení vah té vrstvy. Pokud se tedy na nějaké kategorii bude koncentrovat velké množství pozitivních, ale i negativních zjištění, sníží uvedený způsob vypočtení vah důležitost kategorie pro finální výpočet. Tento fakt potvrzuje, že významnost určité kategorie mohla být neoprávněně posílena právě tím, že na ní docházelo k většímu množství výzkumů.

Samotné indexy významnosti byly zjištěny analogicky k pozitivně nalezeným komponentám. Pomocí geografických informačních systémů byly hodnoty přiřazené k jednotlivým záznamům v databázi, následně rozděleny do kategorií a poté byly z každé kategorie vypočteny indexy významnosti (indexy významnosti pro jednotlivé vrstvy viz tab. 53 až 65)

Nadmořská výška (metry nad mořem)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
150-200	297,544	50,059	166	118	1,411
200-n	296,843	49,941	69	117	0,588
Celkem	594,387	100,000	235	235	1,000

Tab. 53: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu nadmořská výška

Sklon svahu (stupně)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-2	324,087	54,841	156	129	1,210
2--4	106,465	18,016	34	42	0,803
4--6	47,119	7,973	14	19	0,747
6-n	113,285	19,17	31	45	0,688
Celkem	590,956	100	235	235	1,000

Tab. 54: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu sklon svahu

	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
S	76,365	12,845	28	30	0,928
SV	83,839	14,103	39	33	1,177
V	57,123	9,609	26	23	1,151
JV	56,871	9,566	25	22	1,112
J	93,095	15,66	19	37	0,516
JZ	111,13	18,693	43	44	0,979
Z	59,391	9,99	31	23	1,320
SZ	56,297	9,47	24	22	1,078
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 55: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu orientace svahu

Množství dopadlého slunečního světla	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-840	131,518	22,2	46	52	0,882
840-900	325,333	54,916	147	129	1,139
900-n	135,568	22,884	42	54	0,781
Celkem	592,419	100	235	235	1,000

Tab. 56: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu množství dopadlého světla

Vrcholy	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	15,455	2,6	15	6	2,455
0-1000	189,578	31,889	72	75	0,961
1000-2000	182,867	30,76	68	72	0,941
2000-3000	114,98	19,341	39	45	0,858
3000-4000	64,326	10,82	27	25	1,062
4000-n	27,284	4,589	14	11	1,298
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 57: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu vzdálenost od vrcholů

LokálníMaxima	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0	28,487	4,792	25	11	2,220
0-700	241,927	40,695	104	96	1,087
700-1400	191,328	32,184	47	76	0,621
1400-n	132,748	22,33	59	52	1,124
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 58: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu vzdálenost od lokálních maxim

Vzdálenost od vodního toku (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	266,715	44,865	118	105	1,119
100-200	190,98	32,126	71	75	0,940
200-300	96,704	16,267	29	38	0,759
300-n	40,082	6,742	17	16	1,073
Celkem	594,481	100	235	235	1,000

Tab. 59: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu vzdálenost od vodního toku

Energetická náročnost cesty od vodního toku	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20000	438,425	73,759	184	173	1,062
20000-40000	95,844	16,124	28	38	0,739
40000-60000	34,661	5,831	9	14	0,657
60000-n	25,469	4,285	14	10	1,390
Celkem	594,4	100	235	235	1,000

Tab. 60: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu energetická náročnost od vodního toku

Vzdálenost k hraně	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-300	263,933	44,397	15	104	0,144
300-600	144,054	24,232	15	57	0,263
600-n	186,503	31,372	205	74	2,781
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 61: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu vzdálenost k terénní hraně

Vzdálenost od hřbetnice (m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-100	61,709	10,38	28	24	1,148
100-300	166,09	27,938	100	66	1,523
300-600	199,257	33,517	58	79	0,736
600-n	167,434	28,164	49	66	0,740
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 62: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu vzdálenost od hřbetnice

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-0,1	280,254	47,304	122	111	1,097
0,1-0,2	98,715	16,662	27	39	0,690
0,2-0,4	76,57	12,924	46	30	1,515
0,4-n	136,912	23,109	40	54	0,737
Celkem	592,451	100	235	235	1,000

Tab. 63: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu poměr vertikální a horizontální vzdálenosti

Převýšení nad vodním tokem(m)	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
0-20	352,576	59,511	158	140	1,130
20-40	89,211	15,058	33	35	0,933
40-60	50,147	8,464	18	20	0,905
60-n	102,556	17,31	26	41	0,639
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 64: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu převýšení nad vodním tokem

Záplavová území	Rozloha dané třídy		Počet jevů		Index významnosti
	Km	%	Pozorovaný	Očekávaný	
1	51,128	8,607	7	20	0,346
0	543,362	91,3996871	228	215	1,062
Celkem	594,49	100	235	235	1,000

Tab. 65: Indexy významnosti pro negativní zjištění pro vrstvu záplavová území

Následně jsou jednotlivé indexy významnosti negativních zjištění pro jednotlivé kategorie odečteny od příslušných indexů významnosti jednotlivé kategorie u nalezených komponent jednotlivých období (viz tabulky v kapitole 4.5), jejich absolutní hodnoty jsou následně všechny sečteny dohromady v rámci každé vrstvy a výsledné číslo je vyděleno počtem kategorií.

Výsledkem je „váhový index vrstvy“. Jedná se o bezrozměrné číslo, jehož úkolem je jednoduše vyčíslit, do jaké míry jsou hodnoty pravděpodobnosti výskytu komponenty na vrstvě odlišné od negativních zjištění. Vzorec pro výpočet váhového indexu vrstvy je:

$$V_i = \frac{\left| \frac{k_o}{k_e} - \frac{n_o}{n_e} \right|}{N_k}$$

Kde k_o je počet pozorovaných komponent na kategorii, k_e je počet očekávaných komponent vzhledem k ploše kategorie, n_o je jsou pozorované negativní zjištění na kategorii a n_e je počet očekávaných negativních zjištění v závislosti na ploše kategorie a N_k je počet kategorií na vrstvě.

Nadmořská výška (metry nad mořem)	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
150-200	0,259	0,259	0,518	0,518	0,587	0,587
200-n	0,259		0,519		0,588	
Celkem	0,518		1,037		1,174	

Tab. 66: Váhový index pro vrstvu nadmořská výška

Sklon svahu (stupně)	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-2	0,122	0,371	0,047	0,162	0,025	0,525
2--4	0,376		0,154		0,808	
4--6	0,700		0,118		0,747	
6-n	0,287		0,328		0,520	
Celkem	1,485		0,647		2,100	

Tab. 67: Váhový index pro vrstvu sklon svahu

	Váhy mladší neolit		Váhy mladší bronz		Váhy doba římská	
S	0,928	Váhový index vrstvy Mladší neolit	0,391	Váhový index vrstvy Mladší bronz	0,928	Váhový index vrstvy doba římská
SV	0,086		0,688		0,491	
V	0,450		0,643		0,191	
JV	0,308		0,330		0,775	
J	0,957		0,364		1,132	
JZ	0,461		0,241		0,057	
Z	0,165		0,751		0,294	
SZ	1,078		0,350		0,284	
Celkem	4,434	0,554	3,757	0,470	4,151	0,519

Tab. 68: Váhový index pro vrstvu orientace svahu

Množství dopadlého slunečního světla	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-840	0,535	0,295	0,882	1,799	0,882	1,803
840-900	0,122		1,076		1,080	
900-n	0,227		3,438		3,448	
Celkem	0,884	0,295	5,396	1,799	5,410	1,803

Tab. 69: Váhový index pro vrstvu dopadlého slunečního světla

Vrcholy	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0,000	2,455	1,219	2,455	0,673	2,455	0,933
0-1000	0,840		0,312		0,758	
1000-2000	0,685		0,180		0,003	
2000-3000	1,329		0,033		1,143	
3000-4000	0,706		0,850		0,429	
4000-n	1,298		0,205		0,811	
Celkem	7,314	1,219	4,036	0,673	5,599	0,933

Tab. 70: Váhový index pro vrstvu vzdálenost od vrcholů

Lokální Maxima	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0,000	1,417	Mladší neolit	0,658	Mladší bronz	2,492	
0-700	0,048		0,184		0,736	
700-1400	0,693		0,086		0,521	
1400-n	0,608		0,352		1,124	
Celkem	2,766		0,691		1,280	

Tab. 71: Váhový index pro vrstvu vzdálenost od lokálních maxim

Vzdálenost od vodního toku (m)	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-100	0,519	Mladší neolit	0,120	Mladší bronz	0,328	
100-200	0,222		0,082		0,264	
200-300	0,187		0,937		0,630	
300-n	4,061		1,073		0,595	
Celkem	4,990		1,247		2,212	

Tab. 72: Váhový index pro vrstvu vzdálenost od vodního toku

Energetická náročnost cesty od vodního toku	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-20000	0,436	Mladší neolit	0,080	Mladší bronz	0,231	
20000-40000	0,454		0,972		1,062	
40000-60000	1,322		0,657		1,003	
60000-n	3,995		1,390		1,390	
Celkem	6,207		1,552		3,099	

Tab. 73: Váhový index pro vrstvu energetická náročnost cesty od vodního toku

	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-300	1,069	1,830	1,487	1,546	0,801	0,961
300-600	1,641		0,590			
600-n	2,781		2,561			
Celkem	5,491		4,638		2,883	

Tab. 74: Váhový index pro vrstvu vzdálenost k hraně

Vzdálenost od hřbetnice (m)	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-100	2,187	0,747	0,845	0,409	0,837	0,374
100-300	0,422		0,536			
300-600	0,048		0,016			
600-n	0,331		0,239			
Celkem	2,987		1,636		1,496	

Tab. 75: Váhový index pro vrstvu Vzdálenost od hřbetnice

Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-0,1	0,122	0,130	0,069	0,250	0,266	0,795
0,1-0,2	0,003		0,138			
0,2-0,4	0,324		0,353			
0,4-n	0,071		0,438			
Celkem	0,520		0,998		3,181	

Tab. 76: Váhový index pro vrstvu poměr vertikální a horizontální vzdálenosti

Převýšení nad vodním tokem(m)	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
0-20	0,290		0,261		0,280	
20-40	0,089		0,246		0,076	
40-60	2,276		0,498		0,905	
60-n	0,195		0,440		0,453	
Celkem	2,849	0,712	1,444	0,361	1,713	0,428

Tab. 77: Váhový index pro vrstvu převýšení nad vodním tokem

Záplavová území	Váhy mladší neolit	Váhový index vrstvy Mladší neolit	Váhy mladší bronz	Váhový index vrstvy Mladší bronz	Váhy doba římská	Váhový index vrstvy doba římská
1,000	0,346		0,346		0,346	
0,000	0,033		0,033		0,033	
Celkem	0,379	0,189	0,379	0,189	0,379	0,189

Tab. 78: Váhový index pro vrstvu záplavová území

Vzhledem k tomu, že každá z uvedených metod vyžaduje určité váhy každá v poněkud jiné podobě, bylo nutno výsledný váhový index před použitím upravit. Metoda úpravy a výsledné hodnoty jsou uvedeny vždy v konkrétní kapitole týkající se použité metody.

4.7 Výpočet prediktivního modelu

4.7.1 Volba metod

Volba metod použitých pro tvorbu jednotlivých predikčních modelů byla učiněna tak, aby zjištěná fakta měla co největší informační hodnotu pro současnou archeologii. Kritéria tohoto výběru byla následující.

Metody byly zvoleny tak, aby byly co nejvíce rozdílné jak v samotné aplikaci, tak i přímo v systému, s jakým pracují s daty. To nám umožní účinně porovnat různé způsoby uchopení dat, přístupu k nim a mechanismy tvorby takových modelů.

Zároveň se muselo jednat o známé a často používané metody, aby potenciální přenosnost porovnání výkonu byla co nejvíce informativní. Toto kritérium je ovšem velmi problematické z toho důvodu, že prakticky každý projekt užívá vlastní kombinaci metod a přístupů, takže každý je do velké míry unikátní, a to takový informativní přínos mírně snižuje. I v rámci tohoto projektu byla spousta různých aplikačních metod samotného mechanismu tvorby modelu použita úplně poprvé, či přímo vytvořena, a to trochu snižuje možnost porovnání s jinými projekty včetně těch, které formálně použili stejnou metodiku.

První metodou je Multicriteria evolution v kombinaci s fuzzy logikou, která s daty pracuje jako se spojitou proměnnou a vytváří pozvolné přechody mezi jednotlivými hodnotami. Už z její definice (fuzzy znamená neostrý) je takový mechanismus velmi odlišný od dalších zvolených metod. Multicriteria evolution patří do skupiny metod, které jsou často používány, ale frekvence jejího použití je nejspíše nejmenší ze všech aplikovaných metod.

Druhou zvolenou metodou je Logitový model, který patří do rodiny lineární regrese. Data jsou v tomto postupu do výpočtu vnesena pomocí rozdělení území na jednotlivé kategorie, jejichž potenciál je vyčíslen pomocí indexu významnosti. Mechanika použití dat v této metodě je specifická tím, že do výpočtu indexu významnosti vstupuje i plocha samotné kategorie, což opět zaručuje značnou odlišnost od dalších dvou metod. Něktěrymi autory (Verhagen, P. 2000) je skupina, kam tato metoda patří, označována za nejčastěji používanou v archeologii. Jiní autoři Z. Stančíč a K. Kvamme (1999) za nejčastěji používané metody považují metody používající operace s Booleovskými vrstvami. Při rešerši literatury v souvislosti s tvorbou této práce se lze spíše přiklonit k tvrzení P. Verhagena (2000), že skupina metod lineárních regresních modelů je asi nejpůlárnější.

Třetí metodou je sčítání vážených Booleovských vrstev, jež pracuje s dvouhodnotovou logikou 1 a 0 a tedy rozděluje území na vhodné a nevhodné.

4.7.2 Výpočet predikčního modelu – Metoda I. - Multi-criteria evaluation

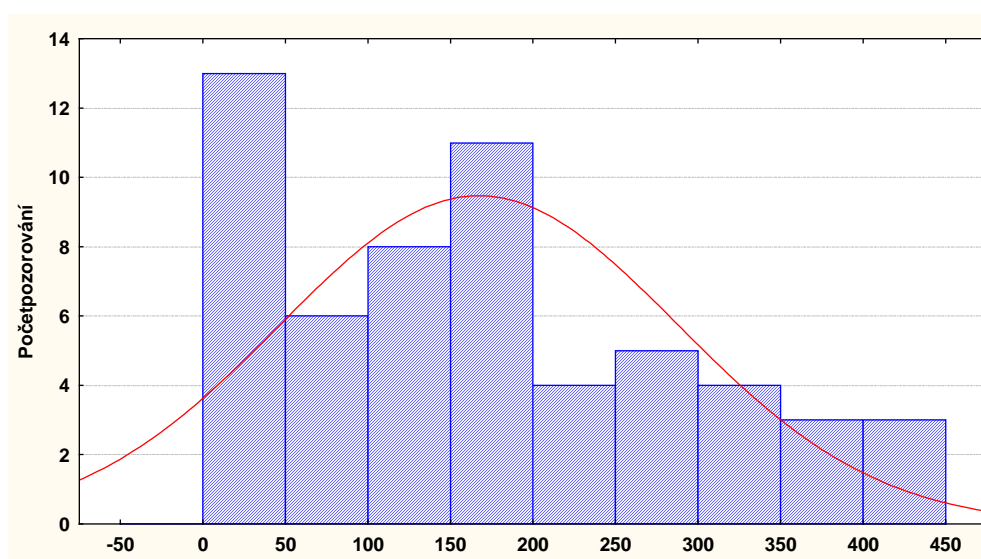
Návrh na použití metody Multi-criteria evaluation se v archeologii objevil již velmi brzy (např. Altshul, J. 1988) v české republice ji poprvé aplikoval Ladislav Šmejda (Šmejda, L. 2003). Následně byla použita pro tvorbu predikční mapy archeologických lokalit středního Pootaví. (John, J. – Chvojka, O. – Rytíř, L. 2003). Multi-criteria evaluation je považována za podpůrný nástroj při rozhodování v případech, kdy existuje velké množství kritérií. Umožňuje volby mezi alternativami (např. alternativních akcí, územním plánem, apod.). Základem pro rozhodnutí jsou kritéria. Multi-criteria evaluation je pokus o kombinaci řady kritérií, aby bylo dosaženo jednotného základu pro rozhodnutí v souladu s konkrétním cílem (Munda, G., 2008). V současné době je tento nástroj v civilní správě používán tam, kde se rozhoduje třeba o tom, které místo v oblasti je nejvhodnější pro průmyslový rozvoj. Kritéria mohou být například blízkost silnic, sklon svahu, vyloučení vyhrazených pozemků a tak dále. Pomocí Multi-criteria evaluation můžou být tato kritéria představující vhodnost daného území kombinována do jedné mapy, na jejímž základě bude možné konečné rozhodnutí provést.

4.7.2.1 Fuzzy logic

Fuzzy logic je nástroj vyvinutý v roce 1965 Lotfi Zadehem; jedná se matematický postup pro řešení „nejistoty“. Poskytuje techniky k řešení nepřesností a informační rozdrobenosti. Fuzzy teorie poskytuje mechanismus pro reprezentaci lingvistických konstruktů, jako je "mnoho", "nízké", "střední", "často", "málo". Obecně platí, že fuzzy logika představuje možnosti, jak uchopit lidské myšlenkové pochody. Naopak tradiční binární logika popisuje ostré jevy, které se buď objevují, nebo nikoli. Užívá pravděpodobnostní teorii k vysvětlení, zdali se jev vyskytne, popisuje šanci, při níž se očekává, že daná událost nastane. Fuzzy logika je založena na pojmu relativně odstupňovaných členství. Výhoda nástroje fuzzy logic spočívá v jeho schopnosti zpracovávat nejistá nebo nejasná data, se kterými se často setkáváme v reálném životě. Je důležité poznamenat, že právě tam nalézáme velmi těsné spojení mezi nejasností a složitostí. Ve chvíli, když komplexnost problému překročí určitý

práh, problém se zákonitě stane mlhavý (Fuzzy). Lotfi Zadeh, původně systémový inženýr a vědec, byl znepokojen rychlým poklesem množství informací poskytovaných tradičními matematickými modely v tu chvíli, když se komplexnost popisovaného systému zvyšovala. Povšiml si, že s rostoucí složitostí systému se naše schopnost provádět přesné a vyčerpávající informace o jeho chování snižuje. Ve skutečném světě jsou problémy (situace) příliš komplexní a tato komplexnost zahrnuje vždy určitý stupeň nejistoty a naopak. Tradiční systémy modelování a analyzování jsou příliš přesné pro takové problémy (systémy), a tak aby komplexnost byla méně diskriminující, zavádíme vhodná zjednodušení, předpoklady atd. (tj. určujeme míru nejistoty nebo mlhavosti). Dosahujeme tak uspokojivého kompromisu mezi informacemi, které máme, a množstvím nejistoty, kterou jsme ochotni akceptovat. V tomto aspektu je fuzzy logika podobná jako u jiných inženýrských teorií (Sivanandam, S. 2007).

Z uvedených faktů vyplývá, že podobné techniky mají v archeologii velmi široké uplatnění. Jako modelový případ si můžeme vzít například prostou horizontální vzdálenost od vodního toku pro sídelní komponenty datované do neolitu, které byly shromážděny na zájmovém území. Ze souboru dat, který obsahuje 56 záznamů, je nejmenší hodnota 1,37 metrů a největší 408 metrů. Průměrná hodnota této proměnné je 167 metrů.



Obr. 22: Histogram vzdálenosti sídelních komponent mladšího neolitu od vygenerovaných vodních toků.

Pokud bychom uvažovali pouze v intencích dvouhodnotové logiky typu „pravda“ a „nepravda“, měli bychom několik možností, jak se s tímto problémem při případné predikci vypořádat. První z nich je, že bychom stanovili nejzazší vzdálenost (tedy 408 metrů) jako hraniční a tedy bychom prohlásili všechna místa do této hranice za místa s maximální pravděpodobností možného výskytu jevu. Ovšem při podrobném pohledu na histogram vzdálenosti sídelních komponent mladšího neolitu od vygenerovaných vodních toků (obr 24) je zřejmé, že například místa vzdálená mezi 0 až 200 metrů jsou v pravděpodobnosti výskytu naprosto nesrovnatelná s místy vyskytujícími se ve vzdálenosti například mezi 200 až 400 metry. Ale když použijeme binární logiku, jeví se tato místa jako naprosto rovnocenná. Celý problém je ještě zkomplikován samotnou velikostí plochy jednotlivých kategorií, tedy faktu, jak mnoho území s těmito vlastnostmi se na zájmovém území vyskytuje – tento problém je řešen později (viz kapitola 5.7.1 Index významnosti). Další možné řešení problému pomocí ostrých množin je stanovení určité arbitrární hranice, například horního kvartilu (Q4). Ale nevyhne se problému spojenému se samotným nastavením arbitrární hranice a jejího teoretického odůvodnění a opodstatnění. Zvolený postup nás také připravuje o určitý objem dat, navíc spojený s problémem odůvodnění jejich nepoužití.

Na tomto místě je proto ideální zvážit použití Fuzzy logiky, která nám umožňuje nadefinovat matematickou funkci, jež bude reflektovat skutečný stav jevu.

4.7.2.2 Technická řešení metody Fuzzy logic

Řešení pomocí Fuzzy logiky bylo realizováno pomocí softwaru Clark Labs, IDRISI: Andes edition. Konkrétně se jednalo o nástroj „FUZZY“. Ten převede rastr do jakéhosi vyjádření stupně členství, určovaného ve škále nula až jedna odpovídajícího kontinuálnímu stoupání příslušnosti prvku od naprostého „nečlenství“ do naprostého členství v množině.

4.7.2.2.1 Výběr a definice funkce

Nástroj „FUZZY“ nabízí čtyři funkce jak určit ono členství. První z nich sigmoidní nebo také tvar-S; je snad nejčastěji používaná funkce Fuzzy teorie množin. Tvoří se pomocí funkce kosinus. Vyžaduje definování 4 bodů, jimiž se řídí tvar funkce. Mezi body A, B křivka stoupá a mezi body C, D křivka klesá.

Funkce „Tvar-J“ se také často používá. Typická je velmi výrazným stoupáním ke svému maximu nebo klesáním z něho. Také se tato funkce pouze přibližuje k nule, dosahuje ji v nekonečnu. Z toho důvodu jsou krajní body definovány místem, kde funkce protíná 0,5 a nikoliv nulu jako funkce předešlá. Lineární funkce je nejjednodušší. Čtyři body definují průběh linie, která je pak doplněna lineární interpolací.

Poslední z funkcí nabízí možnost definování průběhu linie uživatelem. Tato funkce umožňuje vykreslovat komplikovanější tvary linie, neboť s její pomocí lze zadat libovolné množství vlastních koordinát, což jsou ekvivalenty kontrolních bodů z předchozích funkcí. Průběh funkce mezi body je lineárně interpolován.

Ve starších pracích (John, J. – Chvojka, O. – Rytíř, L. 2003, Šmejda, L. 2003) autoři používali předdefinované funkce „tvar-J“ nebo „tvar-S, jejichž tvary a kontrolní body odhadovali na základě histogramů vlastností jednotlivých komponent. Tento postup s sebou nese riziko tehdy, když je průběh linie definující členství nebo nečlenství v množině komplikovanějšího tvaru. Ve většině případů jsou průběhy linií tak složité, že je nemožné nebo příliš zjednodušující je definovat pouze čtyřmi kontrolními body. Navíc všechny archeologické práce pracující dosud na základě fuzzy logiky používaly pouze čtyři soubory vstupních map. Ve všech případech se jednalo o nadmořskou výšku, sklon a orientaci svahu a vzdálenost od nejbližší vodoteče. Na rozdíl od nich se tato práce zabývá celkem třinácti soubory proměnných, z nichž některé by bylo možné těžko vystihnout použitím konvenčních předdefinovaných funkcí. Například orientace svahu už ze své logiky takové hledisko nesplňuje a některé proměnné mohou mít v průběhu funkce četností více vrcholů, které by pomocí předdefinovaných funkcí nebylo možné odhalit. Navíc při pouhém výběru předdefinované funkce a prostým optickým odečtením souřadnic kontrolních bodů z histogramu vstupuje do výpočtu lidský

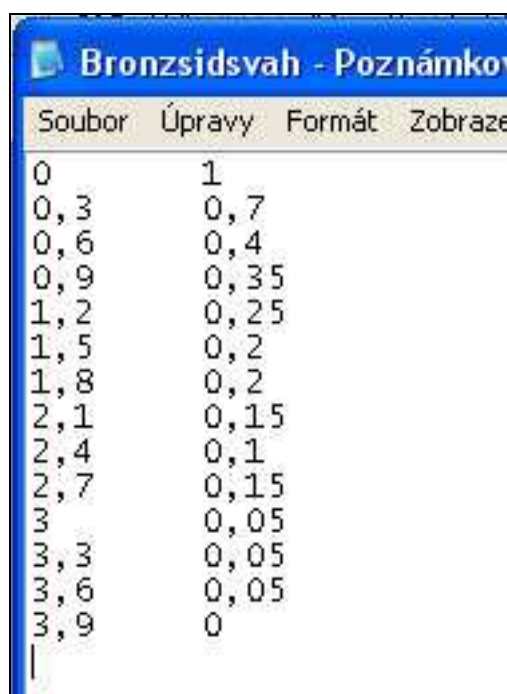
element, který tyto hodnoty definuje arbitrárně. Z těchto důvodů jsem přistoupil k definování průběhu funkcí uživatelem.

4.7.2.2.2 Definice kontrolních bodů

Vzhledem k tomu, že funkce „EXTRACT VALUE TO POINT“ softwaru ArcView exportuje data do tabulky formátu *.dbf., musela být data následně z této tabulky importována do softwaru MS EXCEL. Pokud byly přítomny extrémní hodnoty, byly eliminovány. Ty byly definovány jako hodnoty, které leží dále, než je trojnásobek mezikvartilového rozdílu podle vzorce (Meloun, M. – Militký, J. 2002). Viz vzorec:

$$\bar{E} = 3(\bar{x}_{75} - \bar{x}_{25})$$

Dále byl kompletní soubor dat pomocí maticové funkce „Četnost“ rozdělen do kategorií. Kategorie určovaly osu x a hodnoty do nich vložené určovaly osu Y. Výsledná tabulka byla exportována z MS EXCEL do souboru *.ASC, tedy do „ASCII“ (American Standard Code for Information Interchange -americký standardní kód pro výměnu informací) (viz obrázek 25).



Soubor	Úpravy	Formát	Zobraz
0	1		
0,3	0,7		
0,6	0,4		
0,9	0,35		
1,2	0,25		
1,5	0,2		
1,8	0,2		
2,1	0,15		
2,4	0,1		
2,7	0,15		
3	0,05		
3,3	0,05		
3,6	0,05		
3,9	0		

Obr. 23: Ukázka podoby souboru ASCII a dat v něm připravených pro použití ve funkci „FUZZY“.
(konkrétně část koordinát pro proměnnou svah pro obytné komponenty mladšího neolitu.

Celý způsob tvorby průběhu funkce za pomoci kontrolních bodů je možné povést ručně. Tento způsob mechanické definice ač komplikovanější a technicky náročnější byl navržen autorem z toho důvodu, aby byl naprosto vyloučen arbitrární zásah do celého procesu.

Dále bylo nutné přistoupit k aplikaci samotné FUZZY logiky. To bylo provedeno v softwaru IDRISI (viz. obrázek 26). Po zadání vstupního a výstupního rastru bylo potřebné definovat formát čísla výstupního rastru. Možnosti jsou: REAL, tedy čísla s rozsahem 1 až nula nebo BYTE s rozsahem nula až 255. Zde přichází v úvahu jen formát BYTE, protože je jediný možný pro další zpracování metodou Multi-Criteria Evaluation.



Obr. 24: Dialogové okno nástroje FUZZY

4.7.2.3 Výpočet vah (WEIGHT)

Skutečnost, do jaké míry jeden faktor může nahradit jiný, se řídí faktorem „váha“ (WEIGHT), který je někdy také nazýván „kompromisní váha“. Faktory váhy jsou uvedeny pro každý bod kritérií tak, aby všechny váhy faktorů pro soubor kritérií dávaly při součtu číslo jedna. Termín váha ukazuje relativní důležitost každého faktoru vzhledem ke konečnému výpočtu. Kritérium s vysokou váhou může kompenzovat nízkou vhodnost u jiných, které mají nižší váhu.

Jméno vrstvy	Váhový index vrstvy mladší neolit	Factor Weight mladší neolit	Váhový index vrstvy mladší bronz	Factor Weight mladší bronz	Váhový index vrstvy římské	Factor Weight římské
Nadmořská výška	0,259	0,026	0,518	0,065	0,587	0,060
Sklon svahu	0,371	0,038	0,162	0,020	0,525	0,054
Orientace svahu	0,554	0,057	0,470	0,059	0,519	0,053
Množství dopadlého slunečního světla	0,295	0,030	1,799	0,224	1,803	0,186
Vrcholy	1,219	0,124	0,673	0,084	0,933	0,096
Lokální Maxima	0,691	0,071	0,320	0,040	1,218	0,125
Vzdálenost od vodního toku	1,247	0,127	0,553	0,069	0,454	0,047
Energetická náročnost cesty od vodního toku	1,552	0,158	0,775	0,097	0,921	0,095
Vzdálenost k hraně	1,830	0,187	1,546	0,193	0,961	0,099
Vzdálenost od hřbetnice	0,747	0,076	0,409	0,051	0,374	0,039
Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	0,130	0,013	0,250	0,031	0,795	0,082
Převýšení nad vodním tokem	0,712	0,073	0,361	0,045	0,428	0,044
Záplavová území	0,189	0,019	0,189	0,024	0,189	0,020
Celkem	9,798	1,000	8,024	1,000	9,709	1,000

Tab. 79: Váhové indexy vrstev odvozené pro metodu MCE

Funkce „MCE“ v programu GIS IDRISI umožňuje aplikaci těchto vah ve specifickém formátu. Hodnoty vah se vkládají ve formě desetinného čísla, jehož výška odráží důležitost konkrétní vrstvy pro výpočet. Kompletní součet všech vah všech vrstev musí dát dohromady jedna.

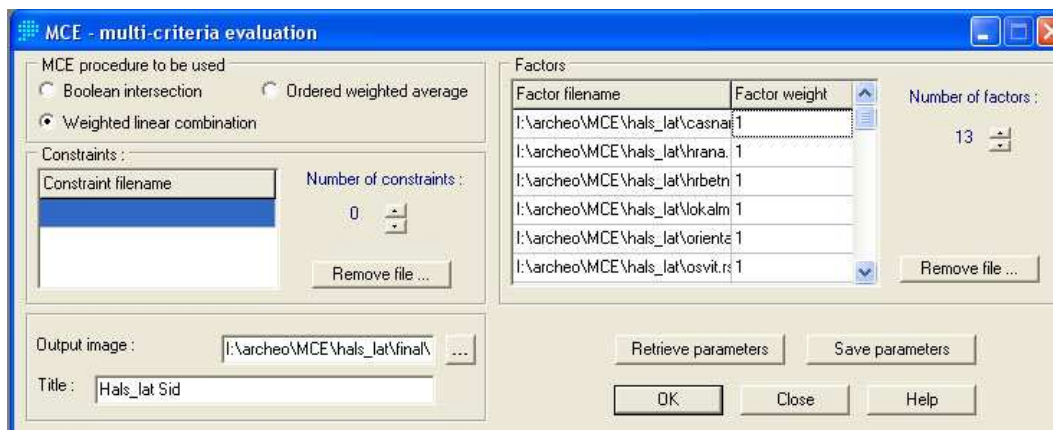
Z toho důvodu musel být formát vypočtených „váhových indexů vrstvy“ upraven tak, aby „FACTOR WEIGHT“ pro každou vrstvu poměrově odpovídal vypočteným váhovým indexům vrstev a zároveň součet všech „FACTOR WEIGHT“ pro celou vrstvu dával číslo jedna. Tato operace byla provedena pro všechny vrstvy s environmentálními proměnnými u všech sledovaných období (viz tabulky 79).

4.7.2.4 Aplikace Multi-Criteria Evaluation

Nástroj „MCE“ v programu IDRISI nabízí tři varianty finálního výpočtu. První z nich je metoda „BOOLEAN INTERSECTION. Zde jsou všechna kritéria brána jako omezení a výsledkem je jejich průnik, (logická „A.“) Tato metoda se vyznačuje tím, že nečiní žádný kompromis mezi kritérii. Vhodnost jednoho z kritérií nemůže nahradit nevhodnost v jakémkoliv jiném omezení. Výsledek této metody je jistý, protože pozitivní výsledek je generován, pouze pokud jsou pozitivní všechny vstupy.

Další metodou je technika uspořádaného váženého průměru (OWA Ordered weighted average). Vyžaduje oba faktory (FACTOR a omezení CONSTRAINT). Kromě faktoru vah (WEIGHT) je používána další sada vah (WEIGHT). Tato druhá sada faktorových vah umožní přímou kontrolu nad úrovní kompromisu a rizika.

Poslední z možných metod je ta, která byla nakonec použita – vážená lineární kombinace (Weighted linear combination). Kritéria vstupující do tohoto nástroje mohou být opět dvojího typu: faktory (FACTOR) a omezení (CONSTRAINT). Faktory jsou zpravidla trvalé povahy, v archeologii to mohou být například, sklony svahu nebo vzdálenosti od vodního toku, které ukazují relativní vhodnost určitých oblastí. Na druhé straně omezení jsou vždy logické povahy, jako například vytěžené pískovny. Ty slouží k úplnému vyloučení některých oblastí z řešení. Faktory a omezení mohou být kombinovány v Multi-criteria evaluation pomocí mnoha metod, každá metoda se vyznačuje různou úrovní kontroly nad kompromisem mezi faktory a mírou omezení v kombinacích výpočtu.



Obr. 25: Dialogové okno nástroje MCE

Výsledná vrstva nástroje MCE je ve formátu BYTE, která postoupila další zpracování (dále viz kapitola 4.8)

Pro zjednodušení formátování tabulek jsou všechny výsledky této metody anebo data s ní spojená ve všech tabulkách prezentovány pod zkratkou MCE.

4.7.3 Výpočet predikčního modelu – Metoda II - Logitový model

Vlastní princip Logitového modelu byl představen Josephem Berksonem v roce 1944, byl navržen k řešení problémů, kdy proměnná není číselná hodnota, ale je prostě určením jednoho ze dvou možných stavů (binární hodnota), jako příklad lze uvést živý nebo mrtvý, úspěch či neúspěch. Tyto proměnné jsou obvykle označovány jako dichotomické.

V praxi se této metody začalo používat například při epidemiologických studiích, kdy byl na základě známých charakteristik pacientů, klinických výsledků testů a demografických rizikových faktorů prováděn odhad rizika rakoviny. V současné době se tato metoda nejvíce používá ve finanční statistice a setkáváme se s ní každý den, např. při bodování bonity dlužníka, kdy se na základě různých demografických údajů a úvěrové historie předpovídá, jak vysoké je u klienta úvěrové riziko. Je vhodné například při segmentaci trhu, kdy se na základě opět demografických údajů a informací o historii nákupů stanovuje šance nákupu z katalogů. (Vasilenko, Y nedatováno)

Pravděpodobnost výskytu se vypočítá podle vzorce:

$$P(z) = \frac{e^{a_0} + \sum_{i>1}^n a_i z_i}{1 + e^{a_0 + \sum_{i>1}^n a_i z_i}}$$

kde je:

z_i přítomnost nebo nepřítomnost jevu uváděných pomocí čísel jedna nebo nula

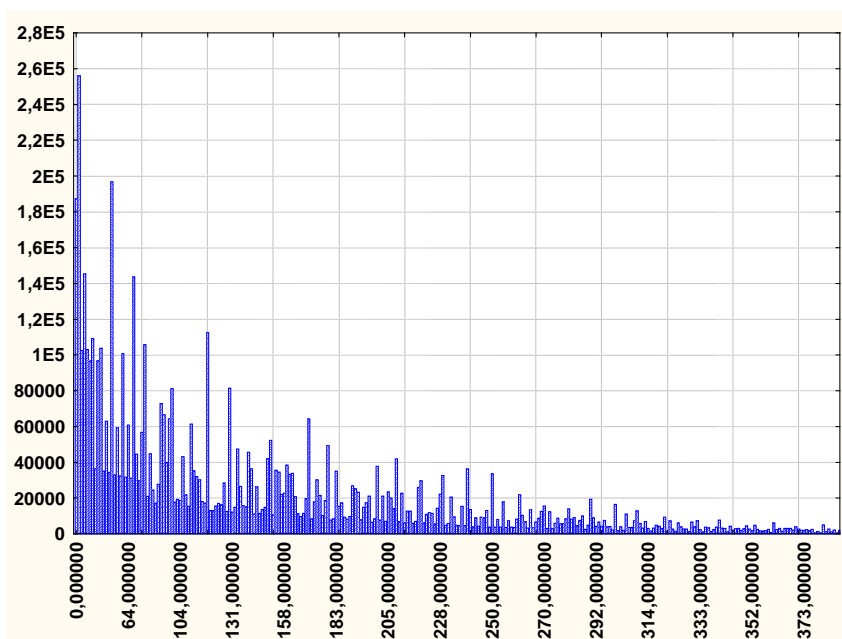
a_i pravděpodobnost jevu

4.7.3.1 Index významnosti

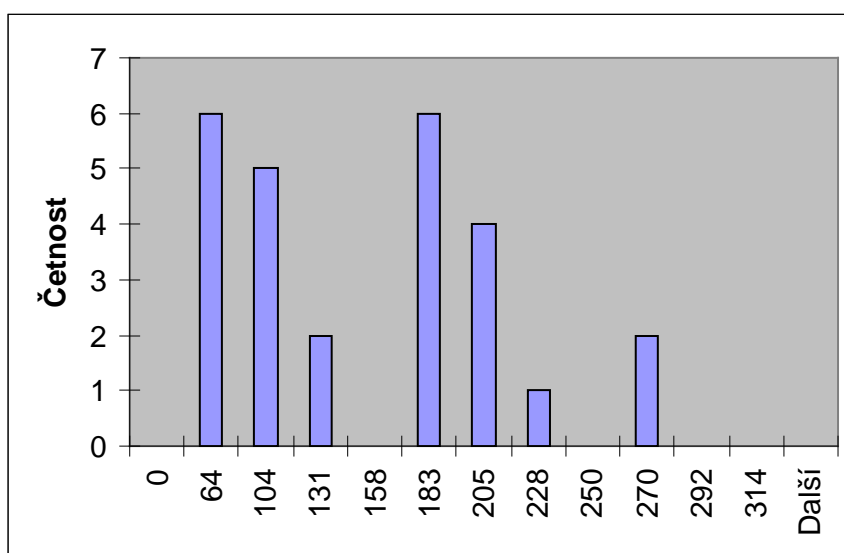
Index významnosti byl poprvé uveden do české archeologie Martinem Kunou v jeho analýze kategorií reliéfu terénu (Kuna, M. 2008). V zahraničí ho používá např. H. Kamermans (2000) na půdní typy. Tato veličina je výsledkem poměru skutečného množství nalezených lokalit na konkrétní části krajiny vůči jejich očekávanému množství. Očekávané množství lokalit odpovídá rozloze měřeného území. Nejlépe si potenciální nepoměr ukážeme na modelovém příkladu.

4.7.3.1.1 Modelový příklad

Pomocí funkce „STRAIGHT LINE“ v softwaru ArcView si můžeme vygenerovat rastr vzdáleností od vodních toků vygenerovaných pomocí hydrologického modelování (viz kapitola 5.5.8.1 Hydrologické modelování) a pomocí funkce „ZONAL STATISTIC“ zjistíme, že největší vzdálenost od těchto toků pro body rastru je 713 metrů a průměrná hodnota je 158 metrů. Už při pouhém optickém porovnání histogramu vzdálenosti bodů rastru zájmového území od vymodelovaných vodních toků (obr 28) a histogramu vzdálenosti sídelních komponent doby římské od vygenerovaných vodních toků je zřejmý naprostý nepoměr mezi průběhem funkce určujícím množství lokalit a množstvím bodů rastru vyskytujícím se v téže vzdálenosti.



Obr. 26: Histogram rozložení bodů v rastu ve vzdálenosti od vodních toků



Obr. 27: Histogram vzdáleností sídelních komponent doby římské od vygenerovaných vodních toků

4.7.3.2 Použití indexu významnosti

Protože index významnosti porovnává poměr výskytu lokalit vzhledem k ploše, bylo nutné přistoupit k rozdělení těch vrstev, které byly dosud v podobě kardinálních proměnných. Pomocí nástroje „RECLASSIFY“ tedy byly rastrové vrstvy rozděleny na jednotlivé předem zvolené kategorie (viz. tabulky s indexy významnosti pro jednotlivé kategorie u jednotlivých proměnných výše).

Nyní bylo potřeba spočítat plochy jednotlivých kategorií. To bylo provedeno pomocí nástroje „RASTER TO POLYGON“. Ten převedl připravené vrstvy (Kapitola 5.5) polygonů. Nyní již bylo možné pomocí nástroje „CALCULATE GEOMETRY“ a „SUMARIZE“ vypočítat plochy jednotlivých kategorií. Posléze byla pomocí softwaru MS EXCEL spočítána příslušnost jednotlivých lokalit do těchto kategorií.

4.7.3.3 Výpočet predikční mapy

Po vypočítání jednotlivých indexů významnosti bylo nutné upravit je do vhodnější podoby pro samotný výpočet. Vzhledem k tomu, že naprosto vyrovnaný poměr množství lokalit a rozlohy území je jedna, byla od všech indexů odečtena právě jedna. Díky tomu se všechny nižší než očekávané výskyty dostaly do záporných čísel a větší než očekávané zůstaly kladné.

Dalším krokem bylo pomocí nástroje „RECLASSIFY“ v softwaru ArcView přiřadit takto přepočtené indexy významnosti jednotlivým kategoriím a geomorfologickým prvkům.

Poté byla pomocí funkce „RASTR CALCULATOR“ vypočtena samotná predikční mapa.



Obr. 28: ArcView nástroj „RASTER CALCULATOR“ s ukázkou vzorce pro výpočet predikční mapy

Výsledkem výpočtu je vrstva, kde jednotlivé body rastru nabývají hodnot 0 až 1 v závislosti na pravděpodobnosti předpokládaného výskytu predikovaných komponent. Poté postoupila k dalšímu zpracování (dále viz kapitola 4.8.).

Pro zjednodušení formátování tabulek jsou všechny výsledky této metody a nebo data s ní spojená ve všech tabulkách prezentovány pod zkratkou Logit

4.7.4 Metoda 3 sčítání vážených Booleovských vrstev

Metoda používající sčítání Booleovských vrstev je v predikčním modelování velmi rozšířená. Je to dáno tím, že je relativně nenáročná na aplikaci a je s ní dosahováno kvalitních výsledků.

Jejím principem je, že se jednotlivé vrstvy na základě specifík rozdělí na dvě kategorie. Takto vzniklé binární vrstvy tedy obsahují hodnotu 1 pro území, ve kterém se jev považuje za pravděpodobný a 0, v němž se jev považuje za nepravděpodobný. Následně se vrstvy sečtou a výsledné hodnoty udávají velikost potenciálů pro jednotlivé body rastru. Pokud vzejde potřeba, může být celý proces ještě rozšířen o přiřazení vah binárním vrstvám, což se provádí tak, že jsou jednotlivé binární vrstvy touto hodnotou před součtem vynásobeny.

Ve Spojených státech je tato metoda zmiňována např. R. E. Warrenem (1990a, 91). V evropském kontextu ji používá například Z. Stančíč (Stančíč, Z., Kvamme, K. 1999, 233) pro výšinné lokality doby bronzové na ostrově Brač. V ČR je používána poprvé J. Goláňem (Goláň, J. – Kučera, P. – Macháček, J. 200, 254-261) pro predikci raně středověkého osídlení na soutoku Moravy s Dyjí.

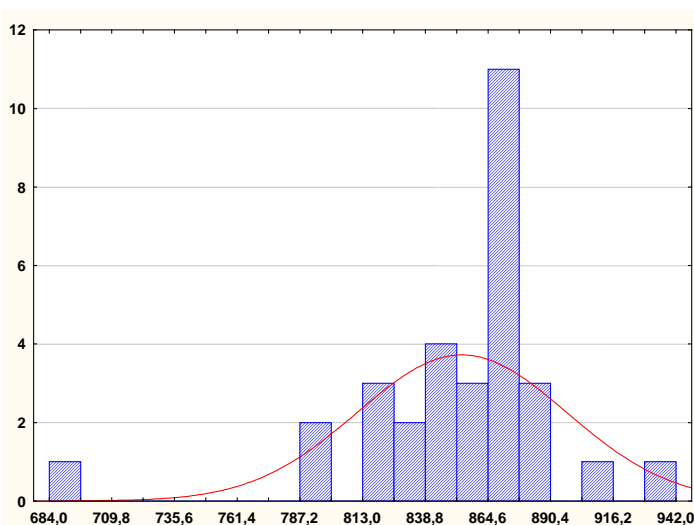
4.7.4.1 Tvorba binárních vrstev

Pro vytvoření jednotlivých binárních vrstev bylo nutné definovat pro každou proměnnou a pro každé sledované archeologické období intervaly, v jejichž mezích se území jeví jako vhodné pro výskyt konkrétních

archeologických komponent. Intervaly byly definovány tak, aby do nich patřilo minimálně 80% lokalit zároveň s tím, aby plocha těmito intervaly ohraničeného území byla co nejmenší. Toho bylo dosaženo tak, že pomocí příkazu „EXTRACT VALUE TO POINTS“ byly použitým komponentám přiřazeny hodnoty z jednotlivých vrstev. Tyto hodnoty byly posléze importovány do sešitu MS EXCEL, ze kterého byly dále přeřazeny do sešitu programu STATISTIKA. V uvedeném programu byly pro proměnnou každého sledovaného archeologického období vytvořeny histogramy jak ve formě tabulky, tak ve formě grafu. Na základě histogramů ve formě tabulky byly stanoveny intervaly, aby obsahovaly 80% všech sledovaných komponent. Výsledky je možné vidět v tabulkách kapitoly 4.5. Následně byla pomocí nástroje „RECLASSIFY“ vrstva reklasifikována, tak že všechny hodnoty uvnitř intervalu byly změněny na hodnotu „1“ a všechny hodnoty vně intervalu na hodnotu „0“. Takto vytvořené vrstvy byly postoupeny do dalšího zpracování.

4.7.4.1.1 Modelový příklad - binární vrstvy

Jako modelový příklad, týkající se postupu tvorby binárních vrstev, bylo vybráno množství slunečního svitu pro sídelní komponentu doby římské. Po vytvoření histogramu (obr 29) je zřejmé, že četná data na něm zobrazená mají pouze jeden vrchol. (k diskusi a řešení případu s více vrcholy viz kapitola 4.11.1).



Obr. 29: Histogram množství slunečního světla pro sídelní komponentu doby římské

Dále byl vytvořen histogram v podobě tabulky či spíše „osy“, kde jsou vyobrazeny četnosti pro jednotlivé kategorie. Následně se vybere interval, který na takto vytvořené „ose“ zabírá co nejmenší rozlohu a zároveň se v něm vyskytuje minimálně 80% lokalit (viz tab. 30 v redukované podobě.)

Třídy	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950
Četnost	3	0	2	1	2	4	2	9	4	2	0	1	0	0	0	1

Obr. 30: Zkrácený histogram množství slunečního světla pro dobu římskou

Poté je vrstva s hodnotami reklasifikována podle tímto způsobem zjištěných intervalů. Následně je možné spočítat plochu takto vytvořených kategorií a ověřit, zda skutečně 80% lokalit připadlo do kategorie „1“. V tabulce 80 je možné vidět, že plocha kategorie „1“ zabírá pouze 44% plochy celé vrstvy.

Hodnota	Rozloha		Počet komponent	
	Km	%	Počet	%
0	331,96	55,93	6,00	19,35
1	261,55	44,07	25,00	80,65
Celkem	593,51	100,00	31,00	100,00

Tab. 80: Tabulka s hodnotami pro binární vrstvu množství slunečního světla pro sídelní komponenty doby římské

Někteří autoři při tvorbě těchto intervalů navrhují zohlednit ještě plochu vytvořené kategorie „1“ s očekávanými nálezy. Cílem takového snažení by mělo tedy být co nejvíce zmenšit relativní velikost této kategorie vůči celku, a to někdy i za cenu toho, že se zmenší množství lokalit trénovacího souboru na ní se vyskytující. Tento postup může být problematický ze dvou důvodů. Může vést k tomu, že na finálním prediktivním modelu klesne spolehlivost a stoupne přesnost. Je tedy nutné stanovit na základě našich požadavků očekávaných od finálního prediktivního modelu, kterému z těchto hledisek dáme přednost.

Pokud redukuje plochu kategorie „1“ spolu s body trénovacího souboru na ní obsažené, musíme zvláště brát ohledy na strukturu datového souboru, dále na archeologický kontext s ním spojený, protože zredukování plochy vhodné kategorie by mohlo odebrat i části vrstvy, které jsou reálně vhodné.

4.7.4.2 Aplikace vah – Booleovské vrstvy

Vzhledem k mechanismu výpočtu predikčního modelu u této metody nejsou požadavky na formát vah pro jednotlivé vrstvy tak rigidní jako v případě metody MCE. Obecně jedná se o zvolení vhodné škály hodnot, které reprezentují důležitost jednotlivých environmentálních vrstev. Tato škála může nabývat celé množství hodnot podle požadavků. Pro záměry této práce byla zvolena škála 1 – 4, kde 1 znamená nejméně důležitou hodnotu, kdy se vrstva násobí číslem jedna. Stupeň 4 znamená nejvíce důležitou, kdy je výsledný součin vstupující do finálního výpočtu roven čtyřem.

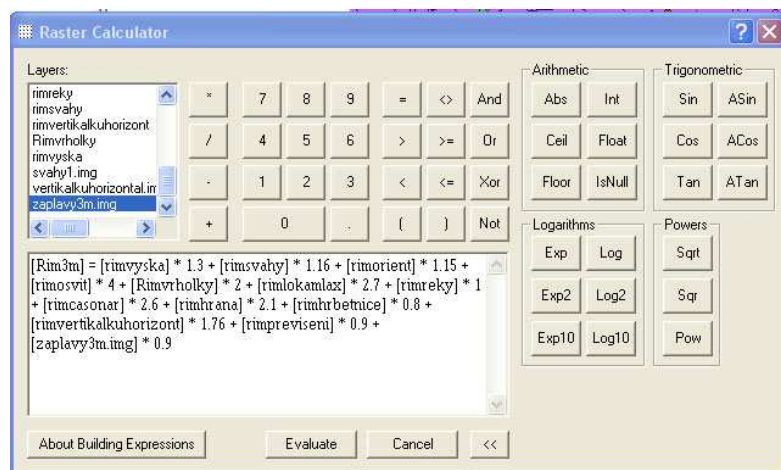
Vzhledem ke zvolené škále bylo nutné opět upravit váhové indexy tak, aby takto zvolené škále odpovídaly. Samotný mechanismus výpočtu byl vytvořen tak, aby nejvyššímu váhovému indexu vrstvy pro konkrétní období byla přiřazena nejvyšší váha, tedy čtyři a všem ostatním takový stupeň váhy, aby odpovídal jejich relativní výšce. To bylo provedeno pro všechny vrstvy všech sledovaných období. Výsledek je možné najít v tabulce 81

Jméno vrstvy	Váhový index vrstvy mladší neolit	Váhy - Booleovské vrstvy	Váhový index vrstvy mladší bronz	Váhy - Booleovské vrstvy	Váhový index vrstvy římské	Váhy - Booleovské vrstvy
Nadmořská výška	0,259	0,566	0,518	1,153	0,587	1,303
Sklon svahu	0,371	0,811	0,162	0,360	0,525	1,165
Orientace svahu	0,554	1,211	0,470	1,044	0,519	1,151
Množství dopadlého slunečního světla	0,295	0,644	1,799	4,000	1,803	4,000
Vrcholy	1,219	2,664	0,673	1,496	0,933	2,070
Lokální Maxima	0,691	1,511	0,320	0,712	1,218	2,702
Vzdálenost od vodního toku	1,247	2,726	0,553	1,230	0,454	1,007
Energetická náročnost cesty od vodního toku	1,552	3,391	0,775	1,723	0,921	2,044
Vzdálenost k hraně	1,830	4,000	1,546	3,438	0,961	2,132
Vzdálenost od hřbetnice	0,747	1,632	0,409	0,910	0,374	0,830
Poměr vertikální a horizontální vzdálenosti	0,130	0,284	0,250	0,555	0,795	1,764
Převýšení nad vodním tokem	0,712	1,557	0,361	0,803	0,428	0,950
Záplavová území	0,189	0,414	0,189	0,421	0,189	0,420

Tab. 81: Váhové indexy vrstev odvozené pro vážení Booleovských vrstev

4.7.4.3 Výpočet predikční mapy

Tvorba samotné predikční mapy je ze všech používaných metod nejjednodušší. Jednotlivé binární vrstvy vytvořené v rámci kapitoly 4.7.4.1. jsou následně vynásobeny jejich příslušnými vahami a výsledné součiny jsou sečteny. Tento postup byl proveden pomocí nástroje „RASTR CALCULATOR“ v programu Arcview.



Obr. 31: Dialogové okno výpočtu vážených Booleovských vrstev

Výsledkem výpočtu je vrstva, kde jednotlivé body rastru nabývají nejnižších hodnot 0 a nejvyšších hodnot v závislosti na přiřazených vahách pro jednotlivé sledované období. Například pro mladší neolit je horní interval 12,486. Tyto hodnoty odrážejí pravděpodobnost předpokládaného výskytu predikovaných komponent. Vrstva samotná pak postoupila k dalšímu zpracování (dále viz kapitola 4.8.).

Pro zjednodušení formátování tabulek jsou všechny výsledky této metody a nebo data s ní spojená ve všech tabulkách prezentovány pod zkratkou Boolean.

4.8 Finální úprava predikčních map

Naprostá odlišnost používaných metod, které navíc používají i naprosto jiný typ dat, způsobila inkompatibilitu výsledných predikčních modelů. Pro účely této práce, která si klade za cíl porovnat účinnost a úspěšnost jednotlivých metod, tedy musela být vyvinuta metoda, která by tato rozdílná

data nějakým způsobem umožnila porovnávat. Hodnoty rastru na výsledných vrstvách metody MCE mají formát BYTE a nabývají hodnot mezi 0-255, hodnoty rastru na výsledných vrstvách metody Logit jsou v rozmezí mezi 0 a 1 a hodnoty rastru ve výsledku metody sčítání vážených Booleovských vrstev dosahují hodnot v závislosti na vahách přiřazených pro konkrétní sledovanou archeologickou komponentu na každou environmentální proměnnou. Bylo tedy rozhodnuto, že všechny výsledné predikční mapy pro všechny metody a sledovaná období budou převedeny na vrstvy obsahující 3 kategorie. Jako nevhodnější a nepraktičtější se ukázal formát autorů Petra Dreslera a Jiřího Macháčka (2008), kteří navrhují koncipovat výsledné rastry jako tři kategorie tak, aby nejvyšší předpovězený potenciál zabíral 10 – 20 %zemí, střední 20 – 30 % a nejnižší 50-60%.

Pro toto rozdělení byly v rámci práce zvažovány dvě metody. První z nich je vytvoření histogramů zobrazujících četnosti bodů z těchto vrstev a na jejich základě zrušit hranice jednotlivých kategorií. Druhá z nich umožňuje provést rozdělení mechanicky na základě interpolačních algoritmů obsažených v geografických informačních systémech.

Při aplikaci metody interpolace byl použit nástroj „SLICE“, který je schopen rozdělit rast na stejné kategorie na základě plochy a hodnot bodů rastru. Metoda byla následně konfrontována s histogramem z důvodu confirmace výsledků.

Pro Metodu MCE se tato metoda dělení velmi osvědčila proto, že kombinace FUZZY logiky a MCE už ze své definice tvoří velmi pozvolné přechody mezi jednotlivými pravděpodobnostmi, a proto algoritmus pracoval velmi dobře. Částečné problémy nastaly při aplikaci stejného postupu na vrstvy vzešlé z metody Logit a vážených Booleových vrstev, kde vstupovalo jen omezené množství kategorií, a proto je i výsledná množina pravděpodobností na celé mapě omezená. Z toho důvodu nebylo možné kategorie nastavit na nějaké pevné číslo, ale musely být mírně posunuty v závislosti na reálných výsledcích, což mírně komplikovalo budoucí srovnávání prediktivních modelů. Výsledek tohoto rozdělení je možné vidět v tabulkách 82-90 v kapitole 4.9.2. Je zde patrné, že i při snaze udržet

kategorie co nejvíce navzájem kompatibilní v rámci metod i sledovaných období, muselo někde dojít k posunu velikosti kategorie (například tabulka 83). Výsledné upravené predikční mapy je možné spatřit (obr 37 až 45)

4.9 Testování prediktivního modelu

Následně bylo přistoupeno k testování jednotlivých predikčních modelů pro jednotlivé komponenty a obě dvě metodiky.

4.9.1 Testovací soubor

K vytvoření testovacího souboru dat byla určena data jednoho z transektů projektu Ancient Landscape Reconstruction in Bohemia (ALRB - Beneš, J. - Kuna, M. - Peške, L. - Zvelebil, M. 1992). Konkrétně se jedná o středočeský transekt. Tato data byla zapůjčena M. Kunou z Archeologického ústavu Akademie věd České republiky.

Data byla získána metodou analytických povrchových sběrů (k tomuto termínu např. Kuna, M., Zvelebil, M., Foster, P., Dreslerová, D. 1993). Základní jednotkou sběru byl sektor, zpravidla čtverec o straně zhruba 100 m. Jednotlivé sektory byly zkoumány v rámci větších polygonů sběru, které zpravidla respektovaly existující jednotky zemědělského využití krajiny. Náhodný výběr těchto polygonů sledoval vytvoření reprezentativního vzorku nálezů a komponent ve zkoumaném území projektu jako celku, nezávisle na předchozím subjektivním odhadu jejich výskytu (Kuna, M. 2001). Tato reprezentativnost je u vybraných dat důležitá pro jejich použití jako testovacího souboru (k celkovému přehledu problematiky viz kapitola 3.3).

Další hledisko, které je nutné v tomto případě zohlednit, je, že trénovací soubor, na jehož základě byly predikční modely navrženy, pocházel z tradičních výzkumů odkryvem. Jak konstatoval M. Kuna (2001), mají tato data poněkud jiné prostorové vlastnosti. Staré výzkumy odkryvem jsou prováděny v naprosté většině v intravilánech obcí nebo na jejich okrajích. Povrchové sběry se v podobných místech provádějí jen zřídka, jsou častější na zemědělsky obdělávaných polích, kde se zřídka provádějí výzkumy odkryvem (Kuna, M. 2001). Do obou souborů mohou být vneseny

modernějšími hledisky falešné struktury. Jde o hlediska výběru lokace moderních zastavěných periferií v případě záchranných výzkumů a možností moderních metod obdělávání půdy v případě povrchových sběrů. Fakt, že oba dva soubory, a to jak testovací, tak trénovací, mohou být zatíženy různými chybami, které vyplývají z toho, že byly vytvořeny různými metodami, opět vytváří ze souboru dat z ALRB velmi příhodný testovací soubor.

Samotný středočeský transekt probíhá šikmo přes východní polovinu zájmového území a alespoň částečně obsahuje všechny typy terénu na zájmovém území obsažené (Viz obrázek 44).

K nevýhodám zvoleného souboru patří skutečnost, že u dat z povrchových sběrů je možné určit druh komponenty jen s krajními obtížemi, a i to je možné pouze pro některé archeologické kultury nebo specifický druh faktu (artefaktu nebo ekofaktu).

4.9.2 Test I - Kwammeho koeficient

Test I byl proveden tak, že výsledné predikční modely rozdělené na jednotlivé kategorie (viz kapitola 4.8) podle stupně předpovězené hodnoty pravděpodobnosti. U těchto kategorií byla spočtena plocha a ta byla následně porovnána s procentuálním zastoupením lokalit na uvedených kategoriích. Pomocí zvolené metody je možné porovnat jak přesnost, tak spolehlivost modelu (viz. kapitola 3.3). Výsledné predikční mapy byly rozděleny na kategorie, u nichž byla vypočítána plocha a její procentuální zastoupení v rámci zájmového území. Dále byly v geografických informačních systémech odečteny počty jednotlivých komponent pro různá období a různé kategorie. Byl spočten procentuální podíl těchto komponent na jednotlivé kategorie stejně tak, jako jejich očekávaný počet vzhledem k procentuálnímu zastoupení konkrétní kategorie v rámci zájmového území. Dále byl přidán poměr pozorovaných a očekávaných komponent. Další z pozorovaných kritérií je takzvaný Kwammeho koeficient (Kwamme gain), kdy je zjišťován poměr mezi přesností a spolehlivostí (k těmto termínům viz kapitola, termíny v originálním jazyce tamtéž). Tento koeficient se počítá pomocí vzorce

$$K_i = 1 - \frac{P_a}{P_s}$$

kde p_a je procento plochy a p_s je procento komponent.

Všechny sledované hodnoty jsou zobrazeny pro každou predikční model v tabulkách 82 - 90.

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	58,16	9,78	9,00	42,86	0,77
Střední	176,91	29,76	8,00	38,10	0,22
Malý	359,42	60,46	4,00	19,05	-2,17
Celkem	594,49	100,00	21,00	100,00	0,00

Tab. 82: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu I MCE pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	81,91	13,78	9,00	42,86	0,68
Střední	227,90	38,34	10,00	47,62	0,19
Malý	284,68	47,89	2,00	9,52	-4,03
Celkem	594,49	100,00	21,00	100,00	0,00

Tab. 83: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu II Logit pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	55,78	9,38	8,00	38,10	0,75
Střední	179,45	30,19	8,00	38,10	0,21
Malý	359,28	60,43	5,00	23,81	-1,54
Celkem	594,51	100,00	21,00	100,00	0,00

Tab. 84: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu III vážených Booleovských vrstev pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	56,63	9,53	20,00	42,55	0,78
Střední	178,37	30,00	16,00	34,04	0,12
Malý	359,49	60,47	11,00	23,40	-1,58
Celkem	594,49	100,00	47,00	100,00	0,00

Tab. 85: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu I MCE pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	58,16	9,78	16,00	42,11	0,77
Střední	176,91	29,76	14,00	36,84	0,19
Malý	359,42	60,46	8,00	21,05	-1,87
Celkem	594,49	100,00	38,00	100,00	0,00

Tab. 86: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu II Logit pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	53,63	9,02	22,00	46,81	0,81
Střední	248,02	41,72	15,00	31,91	-0,31
Malý	292,86	49,26	10,00	21,28	-1,32
Celkem	594,51	100,00	47,00	100,00	0,00

Tab. 87: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu III vážených Booleovských vrstev pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	57,92	9,74	19,00	50,00	0,81
Střední	179,32	30,16	12,00	31,58	0,04
Malý	357,25	60,09	7,00	18,42	-2,26
Celkem	594,49	100,00	38,00	100,00	0,00

Tab. 88: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu I MCE pro dobu římskou

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	58,16	9,78	16,00	42,11	0,77
Střední	176,91	29,76	14,00	36,84	0,19
Malý	359,42	60,46	8,00	21,05	-1,87
Celkem	594,49	100,00	38,00	100,00	0,00

Tab. 89: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu II Logit pro dobu římskou

Archeologický potenciál	Plocha		Komponenty		Kwammeho koeficient
	Km	%	počet	%	
Velký	58,95	9,92	15,00	39,47	0,75
Střední	177,98	29,94	13,00	34,21	0,12
Malý	357,57	60,15	10,00	26,32	-1,29
Celkem	594,51	100,00	38,00	100,00	0,00

Tab. 90: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu III sčítání vážených Booleovských vrstev pro dobu římskou

Za kritickou hodnotu pro potvrzení nebo zavržení modelu se považuje, když je tento koeficient větší než 0,5 (Kvamme, K. 1988a, 329). Vzhledem k tomu mohou být modely prohlášeny za platné.

Testování modelů tímto způsobem je výhodné z toho důvodu, že je možné následný koeficient porovnat i s projekty, které mají rozdílný rozsah jednotlivých kategorií ať už z technických důvodů, či proto, že preferují spolehlivost před přesností.

Pro srovnání je možné uvést Kwammeho koeficienty pro další podobné projekty, hodnoty zjištěny nebo dopočítány z Wescot, K.L., et al. 2000, Goláň, J. – Macháček, J. 2004, Dresler, P. – Macháček, J. 2008, Hudak, J. et. al. 2011, Hill, J. – Devitt, M. – Sergejeva, M. 2005, 31, Brooks, M. J. et. al. 2003, Verhagen, P. - Gazenbeek, M. 2007 34, Verhagen, J. 2007, Soonius - Ankum, 1990, Heunks, E., D.et. al., 2003)

Projekt	Archeologický potenciál		
	Velký	Střední	Malý
Upper Chesapeake Bay	0,79	0,52	
U.S 301	0,67	0,36	-11,67
Goláňův model	0,70	0,23	-2,30
Pohansko u Břeclavy	0,69	0,18	-1,94
MN/model	0,73		
Upper Chesapeake Bay	0,79	0,52	
Santa Cruz county, Arizona	0,71		
Savannah River site	0,67	-0,93	-0,67
Argonne region	0,79	0,05	-8,58
Ikaw	0,66	0,13	-1,52
EDE	0,40	-2,42	-1,17
Limes of Gelderland	0,18	0,16	-6,59

Tab. 91 Kwammeho koeficienty pro další podobné projekty

4.9.3 Test II Negativní zjištění – index K

Možnost použití negativních zjištění do testování je zpracována několika autory. Například J. Altshul (1988) pracuje s termínem hrubá a plýtvací (waste) chyba, který sleduje poměr lokalit, jež spadají mimo území označené jako s vyšším potenciálem a negativních zjištění naopak nalezených uvnitř území s predikovaným vyšším potenciálem. Tento druh testování je primárně zaměřen na památkovou péči, kdy při špatné předpovědi může být potenciální lokalita definitivně ztracena a v případě plýtvavé chyby ochranné úsilí vyplývá nadarmo. Další metoda, kterou navrhli Wansleben a Verhart (1992) není v našem případě použitelná, protože s negativními zjištěními pracuje jako s plošným fenoménem ve formě například rozsáhlejších polygonů z povrchových sběrů. Ovšem je otázka, do jaké míry lze skutečně prohlásit území, kde byl proveden povrchový sběr, za prokazatelně bez nálezů.

Zpracování testování pomocí negativních zjištění je ovšem pro účely naší práce nutné, protože jeden z testovaných předpokladů je, že zpracování negativních zjištění do vah zpřesní jednotlivé modely tím, že odstraní z rozhodovacího procesu falešné struktury vnesené tam skutečností, že místa pozitivních zjištění jsou z různých důvodů preferována archeology.

Pro účely práce byla tedy navržena metoda, která srovnává poměry pozorovaných a očekávaných bodů, a to jak pro pozitivní tak negativní zjištění. Jejím smyslem je úspěšnost celého modelu reprezentovat jako jednu hodnotu, která má za úkol vyčerpat co největší množství hledisek kvality modelu a zároveň poskytnout platformu na případné srovnání kvality jednotlivých metod.

Principem této metody je porovnat poměry mezi pozorovanými a vzhledem k ploše předpokládanými komponentami, a to jak u pozitivních tak negativních zjištění. Vzorec je následující.

$$K_i = \frac{\frac{k_o}{k_e}}{\frac{n_o}{n_e}}$$

Kde k_o je počet pozorovaných komponent na kategorii, k_e je počet očekávaných komponent vzhledem k ploše kategorie, n_o jsou pozorovaná negativní zjištění na kategorii a n_e je počet očekávaných negativních zjištění v závislosti na ploše kategorie.

Pro uvedenou metodu platí, že čím je výkon modelu lepší, tj. kategorie je menší a je na ní více komponent, a v případě negativních zjištění naopak, číselník roste a jmenovatel klesá a výsledná hodnota koeficientu tedy roste. Lze říci, že koeficient stoupá spolu s výkonem modelu.

Další krok je stanovit hraniční hodnoty, při kterých může být model potvrzen či zavržen. Jako kritérium do výpočtu těchto hraničních hodnot byly pro čitatele ve výpočtu zvoleny požadavky navržené P. Dresslerem a J. Macháčkem (2008), kteří navrhli hranice tak, že v kategorii s malým potenciálem bylo 50 – 60 procent, ve středním potenciálu 20 - 30 procent a ve velkém potenciálu 10 – 20 procent plochy zájmového území a zároveň musí do kategorie s malým potenciálem patřit 10 – 20 procent bodů, 20 - 30 procent do středního potenciálu a 50 – 60 procent do velkého potenciálu. Tato kritéria byla zkombinována s požadavkem, aby negativní zjištění byla minimálně rovnoměrně rozložena v rámci studovaného území, tj. v žádném případě

nepreferovala kategorii s nejvyšším potenciálem a byla minimálně v rámci území rozložena rovnoměrně. Hraniční hodnota jmenovatele byla zvolena 1.

Pokud má model splnit tyto podmínky, tak je minimální hodnota pro vypočtený index 2,5. Z tabulek 92 – 100) je patrné, že všechny modely toto hledisko splnily, i když některé s velmi malým přesahem.

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	9,00	2,05	22,00	22,99	4,58
Střední	8,00	6,25	86,00	69,93	1,04
Malý	4,00	12,70	127,00	142,08	0,35
Celkem	21,00	21,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 92: Test I. Index K pro metodu I MCE pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	9,00	2,89	31,00	32,38	3,25
Střední	10,00	8,05	119,00	90,09	0,94
Malý	2,00	10,06	85,00	112,53	0,26
Celkem	21,00	21,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 93: Test I. Index K pro metodu II Logit pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	8,00	1,97	18,00	22,05	4,97
Střední	8,00	6,34	77,00	70,94	1,16
Malý	5,00	12,69	140,00	142,02	0,40
Celkem	21,00	21,00	235,00	235,01	1,00

Tab. 94: Test I. Index K pro metodu III vážených Booleovských vrstev pro období mladší neolit

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	20,00	4,48	27,00	22,39	3,70
Střední	16,00	14,10	71,00	70,51	1,13
Malý	11,00	28,42	137,00	142,11	0,40
Celkem	47,00	47,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 95: Index K pro metodu I MCE pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	24,00	6,55	46,00	32,75	2,61
Střední	13,00	18,95	94,00	94,74	0,69
Malý	10,00	21,50	95,00	107,51	0,53
Celkem	47,00	47,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 96: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu II Logit pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	22,00	4,24	20,00	21,20	5,50
Střední	15,00	19,61	99,00	98,04	0,76
Malý	10,00	23,15	116,00	115,76	0,43
Celkem	47,00	47,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 97: Test I. Index K pro metodu III vážených Booleovských vrstev pro období mladší bronz

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	19,00	3,70	21,00	22,89	5,60
Střední	12,00	11,46	78,00	70,89	0,95
Malý	7,00	22,84	136,00	141,22	0,32
Celkem	38,00	38,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 98: Test I. Index K pro metodu I MCE pro dobu římskou

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	16,00	3,72	31,00	22,99	3,19
Střední	14,00	11,31	96,00	69,93	0,90
Malý	8,00	22,97	108,00	142,08	0,46
Celkem	38,00	38,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 99: Test I. Kwammeho koeficienty pro metodu II Logit pro dobu římskou

Archeologický potenciál	Komponenty		Negativní zjištění		Index K
	Zjištěné	Očekávané	Zjištěné	Očekávané	
Velký	15,00	3,77	22,00	23,30	4,22
Střední	13,00	11,38	76,00	70,36	1,06
Malý	10,00	22,86	137,00	141,35	0,45
Celkem	38,00	38,00	235,00	235,00	1,00

Tab. 100: Test I. Index K pro metodu III sčítání vážených Booleovských vrstev pro dobu římskou

Pokud bychom se rozhodli sledovat výkon modelu i co se týče úspěšnosti předpovědi pro kategorii s malým potenciálem, například kdybychom chtěli sledovat ekvivalent hodnoty J. Altshulovy (1888) hrubé (Gross) chyby například z důvodů památkové péče, je podobnou metodou stanovená dolní mez pro kategorii s nejmenším potenciálem 0,4. Za validní se požadují modely dosahující menších hodnot, než tato zvolená hodnota. Jak je patrné z (tabulek 92 – 100) toto hledisko už některé modely nesplňují.

4.10 Porovnání modelů.

4.10.1 Nepřímé porovnání

Za nepřímé porovnání lze považovat metodu, kdy nejsou porovnávány přímo modely, ale nějaké z nich derivované hodnoty, například výsledky testování.

Poté, co byla vyvinuta metoda, která způsobila, že jsou modely vzniklé různými metodami alespoň částečně kompatibilní, a převzetí nebo vytvoření platformy, na jejímž základě lze rozdílné modely otestovat, bylo přistoupeno ke srovnání těchto modelů.

Co se týče Kwammeho koeficientu, tak dosáhl celkově nejlepších výsledků model I. vytvořený pomocí MCE a nejhorších model vytvořený metodou Logit (viz tabulka 101).

Model/metoda	MCE	Logit	Booleyan	Metoda s nejlepšími výsledky	Metoda s nejhoršími výsledky
Mladší neolit	0,772	0,678	0,754	MCE	Logit
Mladší bronz	0,776	0,727	0,807	Booleyan	Logit
Řím	0,805	0,768	0,749	MCE	Booleyan
Celkem	2,353	2,173	2,310	MCE	Logit

Tab. 101. Souhrn výsledků testování predikčních modelů pomocí Kwammeho koeficientu pro jednotlivá období pro kategorii s nejvyšším potenciálem. Za validní se považují hodnoty větší než 0,5.

Stejným způsobem byl porovnán i výsledek testu vytvořený na základě negativních zjištění indexu k. V případě testu kategorie s nejvyšším

potenciálem nejlépe dopadla metoda součtu vážených Booleovských vrstev a nejhůře metoda Logit.

Model/metoda	MCE	Logit	Booleyan	Metoda s nejlepšími výsledky	Metoda s nejhoršími výsledky
Mladší neolit	4,578	3,249	4,974	Booleyan	Logit
Mladší bronz	3,704	2,609	5,500	Booleyan	Logit
Řím	5,595	3,192	4,217	MCE	Logit
Celkem	13,877	9,049	14,690	Booleyan	Logit

Tab. 102: Souhrn výsledků testování predikčních modelů pomocí souborného koeficientu k zahrnujícího negativní zjištění pro jednotlivá období a kategorie s nejvyšším potenciálem. Za validní se považují hodnoty vyšší než 2,5

V případě kategorie s nejnižším potenciálem vyšla nejlépe metoda MCE a nejhůře Metoda vážených Booleovských vrstev. Naopak pro všechny tři sady modelů a jednotlivé komponenty nejhorších výsledků dosáhla metoda Logit.

Model/metoda	MCE	Logit	Booleyan	Metoda s nejlepšími výsledky	Metoda s nejhoršími výsledky
Mladší neolit	0,352	0,263	0,400	Logit	Booleyan
Mladší bronz	0,401	0,526	0,431	MCE	Logit
Řím	0,318	0,458	0,451	MCE	Logit
Celkem	1,072	1,248	1,282	MCE	Booleyan

Tab. 103: Souhrn výsledků testování predikčních modelů pomocí souborného koeficientu zahrnujícího negativní zjištění pro jednotlivá období a kategorie s nejnižším potenciálem. Za validní se považují hodnoty nižší než 0,4

Pokud bychom hodnotili celkový výkon jednotlivých modelů v rámci všech testů pro všechna tři období, dosáhly nejlepších výsledků modely vzniklé metodou MCE a relativně nejhorších výsledků modely vzniklé metodou Logit.

4.10.2 Přímé porovnání

Pro přímé porovnání dvou modelů současná archeologie dosud nabízí pouze omezené prostředky. Prakticky jediný v literatuře zmiňovaný postup je Kappa index používaný Hobbsem, E. (2002) pro porovnání modelu vzniklého v první fázi práce a dalšího vzniklého po jeho validaci. Tato metoda založená na porovnání skutečného a očekávaného stupně shody ovšem předpokládá naprosto totožný formát modelu vzniklý stejným postupem. Pro naše účely je tento postup nepoužitelný (vysvětleno v kapitole 4.8). Pro porovnání dále musela být navržena nová metoda.

Nová metoda spočívá v aplikaci nástroje „BAND COLLECTION STATISTIC“ v softwaru ESRI Arcview. Tento soubor vytvoří matici korelačních koeficientů, které ukazují vztah mezi dvěma soubory dat. V případě souborů rastrových, představuje korelační matice hodnoty buněk z jedné rastrové vrstvy, které se vztahují k hodnotám buněk jiné vrstvy. Korelace mezi dvěma vrstvami je mírou jejich podobnosti. Pro tento účel byly výsledné vrstvy s modely reklasifikovány tak, aby kategorie s nejvyšším potenciálem dosahovaly hodnoty jedna, kategorie se středním potenciálem hodnoty 0 a kategorie s nejnižším potenciálem hodnoty -1 . Následně na ně byl aplikován již zmíněný nástroj. Zůstával ovšem problém rozdílnosti ploch u některých kategorií vzniklých modelů (důvod rozdílů viz. kapitola 4.8), které se do finálního výpočtu promítají jako negativní korelace a neoprávněně snižují shodnost modelů. Ten byl vyřešen tím, že byl spočten celkový objem plochy rozdílu mezi kategoriemi v procentech ku celkové ploše u jednotlivých modelů a o toto množství byly posíleny výsledné výsledky korelace. Z výše uvedeného postupu je tedy zřejmé, že se nejedná o platný statistický test, ale o pouhé pomocné matematické vyjádření rozdílnosti ploch jednotlivých modelů, jehož primárním cílem je zjistit až do jaké míry jsou modely vzniklé z jednotlivých metod podobné.

Predikční model	MCE	Logit	Booleyan
MCE	1,000	0,584	0,569
Logit	0,584	1,000	0,820
Booleyan	0,569	0,820	1,000

Tab. 104: Matice shodnosti jednotlivých predikčních modelů pro mladší neolit

Predikční model	MCE	Logit	Booleyan
MCE	1,000	0,732	0,936
Logit	0,732	1,000	0,901
Booleyan	0,936	0,901	1,000

Tab. 105: Matice shodnosti jednotlivých predikčních modelů pro mladší dobu bronzovou

Predikční model	MCE	Logit	Booleyan
MCE	1,000	0,477	0,759
Logit	0,477	1,000	0,898
Booleyan	0,759	0,898	1,000

Tab. 106: Matice shodnosti jednotlivých predikčních modelů pro dobu Římskou

Při porovnání všech modelů pro jednotlivá období se prokázalo, že největší shody celkově dosahují metody sčítání vážených Booleovských vrstev spolu s metodou Logit. Nejmenší shodnosti dosahují metody Logit a MCE.

4.10.3 Porovnání technické náročnosti modelů

Technická náročnost jednotlivých metod je značně rozdílná. Nejjednodušší a časově nejméně náročná byla metoda součtu vážených Booleovských vrstev. Metoda je dostupná pokud má uživatel přístup prakticky k jakýmkoliv geografickým informačním systémům. Používané operace patří mezi základní postupy. Druhá v pořadí náročnosti je metoda Logit, která na uživatele klade větší nároky a vyžaduje hlubší obeznámení s geografickými informačními systémy.

Nejnáročnější, a to jak na čas, tak na použité prostředky, je metoda MCE. Tato metoda vyžadovala specifický druh geografických informačních systémů a to IDRISI, které obsahují moduly potřebné k tvorbě modelů. Vzhledem k tomu, že tvorba samotných vrstev a následná úprava modelů do jednotného formátu probíhaly v programu ESRI ArcGIS 9.3, bylo nutné

importování vrstev z jednoho programu do druhého. Tyto požadavky zvyšovaly i samotnou technickou i časovou náročnost metody. Do poslední verzi softwaru ESRI ArcGIS 10 už je možné integrovat algoritmy umožňující metodu MCE a FUZZY, ale pořád tyto nástroje kvalitativně nedosahují metody použité v této práci.

4.11 Problematické aspekty tvorby modelů

4.11.1 Heterogenita zájmového území

Heterogenita zájmového území je jedním z nejčastějších problémů, se kterým se predikční modelování může potýkat. Tento problém se může vyskytnout jak v případě nízké homogenity samotného zájmového území, tak i v případě, že naše metoda spočívá v tvorbě modelu pro trénovací území a jejího přenesení na jiné, i mírně odlišné území testovací.

4.11.1.1 Modelový příklad

Pro ilustraci problematičnosti heterogenity prostředí pro predikční modelování, a zároveň k otestování, jakým způsobem se s ním vypořádaly jednotlivé metody tvorby modelů, byl navržen test. Území bylo rozděleno na dva geomorfologické celky. Hranice byla stanovena jako poslední labská terasa. Území na sever této hranice, zasahující do oblasti Kokořínska, je geomorfologicky velmi odlišné (území I.) od území, ležícího na jih od této hranice, které lze charakterizovat jako Labskou nížinu, soutok Labe s Vltavou (území II.). Rozdělení si neklade nárok na přesnost z hlediska geomorfologie a jeho účelem je rozčlenit území na zjevně rozdílné celky. Pro tato území byla spočítána plocha, procento plochy vůči celkové ploše zájmového území, přiřazeno množství komponent, procentuální podíl komponent, dále plocha, kterou na oddělených územích zabírá kategorie s největším archeologickým potenciálem, jeho procentuální podíl rozloh vůči celkové ploše území, ale i jeho procentuální podíl vůči samotným odděleným územím. Tyto hodnoty je možné vidět pro všechny tři modely v tabulce 107 Srovnání je provedeno pro predikční modely pro dobu římskou.

Metoda	Plocha		Komponenta				Kategorie s vysokým potenciálem	
	Km	%	Počet spadajících pod území I.	% Počet spadajících pod území I.	Počet spadajících pod kategorií s vysokým potenciálem na území I.	% spadajících pod kategorií s vysokým potenciálem na území I.	Km	% z plochy kategorie na vybraném území
MCE	209,97	35,32	7,00	18,42	0,00	0,00	0,42	0,20
Logit	209,97	35,32	7,00	18,42	2,00	28,57	18,62	8,87
Booleyan	209,97	35,32	7,00	18,42	1,00	14,29	5,28	2,52

Tab. 107: Charakteristiky výkonu modelů pro území rozdělená na základě geomorfologie konkrétně pro severní oblast

Z výsledků tohoto srovnání je zřejmé, do jaké míry všem modelům klesá přesnost i spolehlivost pro takto vybrané území. Pro metodu MCE na území I se vyskytuje pouze 0,1 % kategorie s nejvyšším archeologickým potenciálem, což je v příkrém rozporu s tím, že do tohoto území I spadá celých 18% komponent testovacího souboru. To by ještě nebyl důvod ke znepokojení nad výsledky testu, protože by se mohly vysvětlit tím, že se prostě lidské aktivity více koncentrovaly na té menší, vhodné části území. Ovšem tato možnost je vyvrácena faktem, že rámci území I dokonce nedošlo ani k jednomu případu, že komponenta testovacího souboru připadla do kategorie s nejvyšším potenciálem.

Metoda sčítání vážených Booleovských vrstev dosahuje o něco lepších výsledků, neboť se území s nejvyšším archeologickým potenciálem vyskytuje na 2,5% kategorie s nejvyšším potenciálem a spadá do něj jedna lokalita testovacího souboru.

Metoda Logit i při celkově nízkém výkonu všech modelů dosahuje nejlepších výsledků. Na 8,8% podílu kategorie s nejvyšším archeologickým potenciálem na území I se nachází 2 lokality, což je 28 % komponent testovacího souboru spadajících pod území I. 2. tedy 28 % všech vyskytujících se na území I.

Na první pohled se může zdát paradoxní, že v tomto testu dopadl nejlépe model, který v celkovém srovnání měl nejhorší výsledky a naopak. Vysvětlení je ovšem nasnadě, pokud uvážím genezi jednotlivých modelů. Metoda Logit kombinovaná s indexem významnosti totiž pracuje s každou kategorií izolovaně a počítá archeologický potenciál na základě poměru plochy kategorie a výskytu komponent z trénovacího souboru. Naproti tomu MCE i metoda sčítání vážených Booleovských vrstev uchopuje hodnoty (každá v jiné fázi metody) jako spojitou proměnnou a z toho důvodu preferuje body rastru, kde se v trénovacích datech prostě vyskytlo více dat pro patřičnou konfiguraci hodnoty environmentálních proměnných. Teoreticky, by metoda definování vlastních křivek pro metodu FUZZY (viz kapitola 4.7.2.2) měla tento problém eliminovat, a některé průběhy takto definovaných funkcí skutečně měly dva vrcholy, ale je zřejmé, že množství komponent trénovacího souboru koncentrovaných v konfiguraci environmentálních proměnných, které byly typické pro Území II (tedy to obsahující Labskou nížinu) prostě převážilo a způsobilo, že se veškerá plocha kategorie s vysokým archeologickým potenciálem koncentrovala právě tam.

V případě metody sčítání vážených Booleovských vrstev je tento výsledek naprosto předvídatelný, protože metoda už přímo ze samotné logiky mechanismu tvorby preferuje hodnoty, na kterých se koncentruje většina trénovacího souboru. Je možné si představit postupy, jakými lze problém při tvorbě modelů pomocí této metody eliminovat nebo alespoň zmírnit. Prvním je možnost, že při studiu hodnot trénovacího souboru, konkrétně při tvorbě histogramů, bude odhalena další izolovaná koncentrace četností komponent mimo námi zvolený interval (k postupu v metodě viz kapitola 4.7.4). Zde můžeme postupovat dvěma způsoby, a to jednoduše přidat další interval na tu samou binární vrstvu, nebo s tímto intervalem vytvořit vrstvu novou. Oba postupy ovšem sebou nesou určité riziko, které spočívá v tom, že tím zmenšíme přesnost binární vrstvy a tím i přesnost budoucího modelu. Riskujeme, že na základě intervalu splňujícího nějaký okrajový požadavek (daný extrémem v rámci menší části zájmového území) případnou na binární vrstvě do kategorie vhodná i oblasti, které za normálních podmínek nebo v normální konfiguraci terénu minulí lidé za vhodné nepožadovali a celý

postup zvětší pouze částečně spolehlivost modelu, ale značně zmenší jeho přesnost.

4.11.2 Prostorová nereprezentativnost dat

Prostorová nereprezentativnost dat trénovacího i testovacího souboru je problém, který se nevztahuje pouze na predikční modelování, ale potýká se s ním archeologie jako celek.

Pro predikční modely vzniklé v rámci tohoto projektu je problém obzvláště naléhavý, protože data trénovacího souboru sestávají z klasických výzkumů odkryvem, o kterých lze říci, že jsou takovou nereprezentativností zasaženy více než data pocházející z povrchových sběrů, která ovšem mohou být ovlivněna zase jinými hledisky. Tento fakt je dán tím, že naprostá většina klasických výzkumů odkryvem je vyvolána potřebou záchranných výzkumů a ty se většinou koncentrují v intravilánech současných obcí.

Tato skutečnost si musí zvláště naléhavě uvědomit badatelé, kteří pracují s oblastmi, které nejsou více archeologicky probádány, a vždy se kriticky postavit ke zdrojům, z nichž pocházejí data, která používají. Pokud by totiž data byla získána v rámci nějaké specifické aktivity, například v rámci současné těžby specifické suroviny, mohlo by v extrémním případě dojít k tomu, že model by predikoval pouze místa, která jsou k takové moderní těžbě vhodná, a nikoliv předměty archeologického zájmu. A to i tehdy pokud bychom nesledovali environmentální proměnné přímo relevantní k těžené surovině. Například hodnota sklon svahu by nás neinformovala o tom, jakou relevanci má sklon svahu k umístění sídelních areálů minulých lidí, ale o tom, zda místo bylo dostupné těžkou mechanizací určenou k těžbě.

Pokud tedy přebíráme již hotový trénovací soubor dat, je tedy nutné se kriticky zamyslet nad jeho původem a vždy se snažit, aby byl jeho původ maximálně diverzifikován. Touto metodou se mohou falešné struktury omezit na mizinu.

Do tohoto projektu pro trénovací soubor byla data získána převzetím starších dat (k získání dat viz kapitola 4. 3). Problém prostorové

nerepresentativnosti dat byl už řešen v rámci výběru zájmového území a k jeho zmírnění došlo právě tím, že bylo vybráno jedno z nejméně archeologicky probádaných míst v celé České republice. Tomuto zmírnění také značně pomáhá časové rozmezí výzkumů, ze kterého jsou data extrahována. Ta pokrývají škálu od těch úplně nejstarších, co byla v literatuře dohledatelná a určitelná jejich lokace, až po moderní výzkumy.

Testovací soubor je možné prohlásit za dostatečně prostorově reprezentativní z důvodu samotné metodiky projektu ALBR, ze kterého jsou data získána (k metodice například Kuna, M. 2001)

Problém prostorové reprezentativnosti dat ovlivňuje všechny tři testované metody stejně. Pokud mu chceme předcházet, musíme se jím zabývat už ve fázi sběru dat.

4.11.3 Znalost mechanismu tvorby modelu

I když může tento požadavek znít banálně, ukázal uvedený projekt, jak je důležité, aby byl zainteresovaný archeolog přítomen u kompletní metodiky tvorby modelu. Některé organizace, zabývající se archeologickým modelováním, mají tendenci pověřit samotným technickým provedením specializované odborníky, kteří ovšem zase nechápou archeologický kontext (myšleno v širším slova smyslu jako soubor archeologické teorie a metody). Tento projekt poukázal na důležitost pochopení mechanismů, jimiž jsou modely vytvářeny. Toto pochopení má značný význam pro interpretaci samotného modelu. Jako příklad lze uvést problém řešený v kapitole 4. 11. 1., kde by bez znalosti mechanismů tvorby modelů různými metodami nebylo možné vysvětlit, proč jednotlivé modely měly při testování tak rozdílnou výkonnost.

4.12 Zlepšování modelů

Práce na predikčním modelování je považována za nikdy nekončící proces (např. Verhagen, P. 2009). Vzniklé modely se musí neustále konfrontovat s novým zjištěním ať už v teoretické rovině, metodologické rovině nebo konfrontací s nově získanými nezávislými daty.

V teoretické rovině může tento proces nabývat například přidání nové environmentální proměnné (v širším slova smyslu), která vychází z nově vyvinuté teorie týkající se našich vědomostí, jakým způsobem minulí lidé strukturovali své areály.

Důležitým faktorem je rozvoj technologických možností archeologie, kdy může dojít například k přidání úplně nové kvality k dosud sledovaným entitám (v terminologii E. Neústupného např. 1986), stejně jako k tomu došlo v posledních třiceti letech s postupným rozvíjením našich znalostí ekofaktových vlastností artefaktů. Tato nově přidaná fakta mohou velmi radikálně změnit výkon a podobu současných modelů.

Metodologický aspekt modelů se během uplynulých 20 let velmi rychle rozvíjel. V této práci jsou aplikovány spíše konzervativní metody proto, že jsou v současné době jejich různé varianty nejpoužívanější. Dalším důvodem je, že jsou to metody, které umožňují přímo nahlédnout do samotného mechanismu tvorby modelu. V budoucnu je možné tyto metody dále konfrontovat s dalšími ke srovnání jejich výkonu.

Do kvality a možností modelů může vstoupit i získání nových archeologických dat. Přínos takových dat může nabývat jak kvantitativní, tak kvalitativní podoby. Pod kvantitativní podobou si lze představit případ, pokud dojde k nějakému signifikantnímu zahuštění sítě námi známých komponent, obzvláště vysoký dopad na modely bude mít v případě, kdy k tomu dojde v místě s konfigurací environmentálních proměnných, které je za současných vědomostí považováno za konfiguraci s malým archeologickým potenciálem.

Kvalitativně může do podoby našich modelů zasáhnout takový druh specifické komponenty, která má potenciál ovlivnit kompletně celou strukturu sítě osídlení. Jako konkrétní případ si můžeme představit odhalení nějakého druhu nadkomunitního areálu datovaný do námi sledovaných časových období. Například relevantní ekvivalent středověkých center (Dresler, P. – Macháček, J. 2008), která zásadním způsobem ovlivňovala síť sídelních areálů ve studovaném území.

To je jedna z možností, jakým způsobem se můžou rozvíjet zde vytvořené modely. Současné modely vzniklé v rámci tohoto projektu do určité míry interpolují místa vhodná pro takové areály pomocí nepřímých indicií, jako je studium vrcholů a lokálních maxim. Tomu nevyhnutelně napomáhá fakt, že predikce míst s velkým archeologickým potenciálem je ovlivněno geomorfologií území a zvolenými metodami extrakce těchto fenoménů.

Další možností zlepšování modelů je vývoj nových metod eliminace falešných struktur, jež jsou latentně obsaženy v datech, která máme k dispozici. Práce sice navrhuje jednu z metod takové eliminace, ale v žádném případě tato metoda nevyčerpává všechny možnosti, ale ani možné falešné struktury, které archeologická data obsahují.

4.13 Aplikace modelů

Primárním důvodem vzniku tohoto projektu jsou problémy akademicky zaměřená archeologie. Samotné modely měly za úkol otestovat možnosti, efektivitu a náročnost jednotlivých metod nutných k jejich vzniku. Tento projekt měl také poskytnout platformu pro aplikace některých nových autorem navržených metod a to jak ve fázi tvorby modelu, tak jeho testování. Tento účel byl splněn.

Vzhledem k tomu, že všechny modely mohou být pro testování prohlášeny za platné, rozšiřují se možnosti jejich použití i na památkovou archeologii. Modely jsou dostatečně přesné i spolehlivé. Samotné mapy predikující místa s archeologickým potenciálem nejsou však jedinou možností, jak může tento projekt obohatit památkově zaměřenou archeologii. Také výčet metod, příklady jejich aplikace a ohodnocení úspěšnosti, náročnosti a jejich porovnání mezi sebou může být pro památkově zaměřené archeology přínosem.

5 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá prediktivním modelováním, jež v posledních letech velmi dynamicky rozvíjí. Potřeba takového modelování je vyvolána jak akademickou větví archeologie, tak i archeologií památkově zaměřenou.

Zároveň se v poslední době objevuje velké množství studií, jež zpracovávají predikční modelování z teoretické stránky nebo řeší v částečném průniku s archeologií krajiny primárně výběr environmentálních proměnných vstupujících do modelu. Metodologií modelování spolu s několika variantami postupů a jejich vlivem na uchopení archeologických jevů se žádná práce nezabývá. Tato práce se tedy pokouší zaplnit tento hiát.

V rámci studie bylo vytvořeno devět prediktivních modelů, bylo použito tři různých metod. Metody nebyly zvoleny náhodně, ale se záměrem, aby každá z nich uchopila archeologické proměnné rozdílně a tak aby i mechanika samotné tvorby modelu byla naprosto odlišná. To bylo provedeno za účelem objektivního srovnání výkonu jednotlivých metod.

Zvolené metody byly multi-criteria evaluation, Logitový model, což je metoda ze skupiny lineární regrese, a metoda sčítání vážených Booleovských vrstev. Bylo rozhodnuto, že každý model bude aplikován na tři různé datové soubory, aby se předešlo náhodnému výkyvu výkonu modelů, pokud by byl testován pouze v jednom případě. Jako datový soubor byly vybrány sídelní komponenty mladšího neolitu, mladší doby bronzové a doby římské. Výběr byl proveden na základě toho, že uvedené skupiny byly nejpočetněji zastoupeny jak v trénovacím, tak testovacím souboru dat. Pro všechny datové soubory byl každou ze zmíněných metod vytvořen prediktivní model.

Pro metodu multi-criteria evaluation a sčítání vážených Booleovských vrstev byl vytvořen specifický systém přidělování vah na základě poměru indexu významnosti nalezených komponent a negativních zjištění. Následně byly upraveny do vzájemné kompatibility a srovnatelnosti pro tento případ zvláště vyvinutou metodou. Všechny modely byly testovány standardní metodou pomocí Kwammeho koeficientu a všechny se ukázaly jako plně validní. Druhý test byl navržen tak, aby do své mechaniky integroval negativní zjištění a byl tak do jisté míry schopen postihnout i J. Altshulovu (1988) „plýtvací“ chybu“. I tento test prokázal platnost navržených postupů. V případě testu pomocí Kwammeho koeficientu dosáhla nejlepších výsledků metoda multi-criteria evaluation. Pro test pomocí negativních zjištění nejlepší výsledky

zaznamenalo sčítání vážených Booleovských vrstev. Nejhorších výsledků bylo dosaženo v obou případech metodou Logit.

Následným srovnáním bylo zjištěno, že největší podobnosti dosahuje metoda sčítání vážených Booleovských vrstev spolu s metodou Logit, zatímco nejmenších shodnosti dosahují metody Logit a MCE.

Dále došlo k poukázání na nejčastější problematické aspekty tvorby modelů a došlo k posouzení, jak úspěšně se s nimi celý projekt, respektive jednotlivé použité metody vyrovnaly.

Práce je doplněna návrhy, jakým způsobem lze navržené modely iterativně vylepšovat, a možnosti jejich použití v archeologii.

6 ABSTRACT

This dissertation deals with the archaeological predictive modeling - a field, which is becoming very perspective in archaeology. The thesis is divided into three parts. The first part deals with a general introduction of the prediction model. It illuminates the difference between the inductive and deductive approaches in modeling and gives a summary of the current debate about both methods in contemporary archaeology.

The next part contains the definition of prediction itself. The preliminary findings point out the difference between archaeological academic prediction methods and cultural heritage oriented branch of worldwide archaeology. This chapter reviews some of the prediction model definitions discovered so far and the features, which such predictive model should have. It also describes the nature of the archaeological data and qualities needed for successful predictive modeling along with examples of predictive models already used in the world.

Another part of this chapter describes nonarchaeological variables already used in prediction. We have attempted to classify them into groups depending on what purpose or dimension they concern. By these dimensions we mean their practical features, social significance and symbolic meaning. At the end of this chapter we will analyze the importance of model testing. It summarizes the most commonly used archaeological data, methods and terms used for such tests.

The second part attempts to list archaeological projects related to predictive modeling for the past fifteen years: both in Europe and worldwide along with a brief description of these projects with an emphasis on specific and non-standard procedures used in creating these models.

The third part deals with the creation of predictive models for the district of Melník. These models have been designed to test the performance and complexity of those methods. The investigated methods were selected assuming the criteria of the potential outcome. There are three selected

methods: Multicriteria Evolution combined with fuzzy logic model of the group, Logit linear regression and Boolean overlay approach. For the creation of the model, a group of archaeological variables were chosen according to statistical significance. Thirteen variables were selected based on the general model of past human space structuring. These included the altitude, slope, slope orientation, amount of sunlight, the distance to the peaks, the distance to the local maximum, distance to the nearest watercourse, the distance to edge, distance to the crest line, ratio of vertical and horizontal distance from the water flow, vertical distance above the water flow and scope of the flood land. This part describes the methods of creating predictive model.

We created the predictive models and evaluate the importance of nonarchaeological variables by designing specific weights based on the ratio of negative findings and the results of archaeological components. All nine models developed (three for each method) were subsequently tested by using the Kwame Gain methods specifically created for this purpose. All proposed methods use negative findings. At the end of the work some common problems associated with the creation of models are listed and compared how different methods were solved and suggestions for further iterative improvement of the generated models

7 АННОТАЦИЯ.

Данная диссертация посвящена предиктивному моделированию в археологических исследованиях с использованием географических информационных систем (ГИС). Область пространственного моделирования становится очень перспективной и вызывает растущий интерес в мировой археологии.

Диссертация состоит из трех частей. Первая часть представляет собой введение в проблему предиктивного моделирования. Она освещает разницу между индуктивным и дедуктивным методами в моделировании и дает краткую информацию о актуальном подходе к данным методам в современной археологии и содержит определение понятия предикции. Предварительные исследования указывают на разницу между академическими методами в археологии предикции и подходами ориентированными в области охраны мирового культурного наследия. В этой главе рассматриваются некоторые из предикционных моделей в современной науке и особенности, которые такие модели прогнозирования могут иметь. Она также изучает характер археологических данных, качества, необходимые для успешного предиктивного моделирования, а также примеры предиктивных моделей используемых в мировой археологии.

Следующий раздел содержит перечень неархеологических переменных, вступающих в предикционное моделирование. Он изучает специфику их применения в других известных археологических исследованиях, их вклад в предикционное моделирование с точки зрения теоретических моделей, их разновидность в рамках набора данных, отдельных археологических компонентов и технической реализации в рамках предикционного моделирования. В общей сложности, было использовано тринадцать неархеологических переменных. К их числу относятся высота, наклон, наклон ориентации, количество солнечного света, расстояние до вершины горы, расстояние до локального максимума, расстояние до ближайшего водотока, расстояние до края,

расстояние до линии гребня, соотношение вертикального и горизонтального расстояния от воды, вертикальное для таких исследований.

Во второй части содержится описание методов создания предикционных моделей. Часть этой главы описывает неархеологические переменные уже используемые в предикции. Мы попытались классифицировать их в группы в зависимости от того, какой цели или измерения они касаются. Под этими измерениями мы имеем в виду их практическую функцию, социальное и символическое значение. В конце этой главы мы будем анализировать важность модели тестирования. В нем обобщаются наиболее часто используемые археологические данные, методы и термины, употребляемые в уже существующих археологических проектах, связанных с предикционным моделированием осуществляемым в течении последних пятнадцати лет: как в Европе, так и во всем мире, наряду с кратким описанием этих проектов с акцентом на особенности, теорию прикладного статистического анализа и нестандартные методы и.используемые при создании этих моделей.

Третья часть посвящена созданию самой модели предикции, интерпретации результатов моделирования и оценке вероятности обнаружения археологических местообитаний в археологической области Мельник. Она начинается с описанием предварительной теоретической модели используемой в качестве основы на которой создан предиктивный модель. Она также содержит определение исследуемой области, а также список археологических данных и переменных, используемых для создания предикционных моделей. Были использованы три выбранных метода: метод многокритериальной эволюции в сочетании с нечеткой логической модели группы, метод линейной регрессии и логит логический подход наложения. В рамках создания модели археологические группы переменных были выбраны на критерии статистической значимости.

Последняя часть описывает тестирования моделей созданных с помощью нами развитой методологии, сравнивает их эффективность

между собой, а также осуществляет интерпретацию различия предикционных моделей с точки зрения отдельных компонентов, контролируемой территории и изучаемых археологических периодов. Для фактического расчета прогнозных моделей и оценки значения переменных, исходя из соотношения отрицательных выводов и результатов археологических компонентов был использован неархеологический удельный вес. Все девять моделей, разработанных (три для каждого метода) впоследствии были протестированы с использованием методов Кваме Гейн. Специально для этой цели был предложен метод с использованием отрицательных результатов.

В конце работы были приведены некоторые общие проблемы связанные с созданием модели где мы сравнили различные методы решения и предложения по дальнейшему улучшению результатов итерационной модели.

8 SEZNAM LITERATURY

Altschul, J. H. 1988. Models and the Modelling Process. In W. J. Judge and L. Sebastian (eds), *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modelling*, 61 – 96. Denver

Arnese, A. 2007: Applying Ecological Niche Factor Analysis for Predictive Modelling in the Kaulonia Field Survey in: Posluschny, A – Lambers, K – Herzog, I (eds.), *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Berlin, Germany, April 2–6, 2007. *Kolloquien zur Vor – und Frühgeschichte*, Vol. 10 (Bonn 2008). 428 pp., extensively illustrated,

Balík, M. 2003: Vliv geografických faktorů na pravěké a středověké osídlení Bílinského levobřeží. In: Neustupný, E. (ed.): *Příspěvky k prostorové archeologii* 1, 230–247,.

Banning, E. 2002: *Archaeological Survey, Manuals in Archaeological Method, Theory, and Technique.*, New York 2002

Bečvář, L. – Cejpková, M. – Ernée, M. – Knechtová, A. – Krušinová, L. Sklenářová, Z. – Vachůt, P. – Volfík, P. 2003: *Státní archeologický seznam ČR, uživatelská příručka verze 2.0*, Národní památkový ústav, Praha 2003, ISBN 80–86234–37–1

Bell, T – Lock, G. 2000, Chisholm, M. 1979: Topographic and cultural influence on walking the Ridgeway in later prehistoric times. In Lock, G. (ed) 2000“ *Beyond the map. Archaeology and spatial technologies*. Amstrdam – Berlin – Oxford – Toky – Washington DC: IOS Press, 85 – 100.

Beneš, J. – Kuna, M. – Peške, L. – Zvelebil, M. 1992: Rekonstrukce staré kulturní krajiny v severní části Čech: československo–britský projekt po první sezóně výzkumu, *Archeologické rozhledy* 44, 374 – 386.

Beneš, J. -Hrubý, P. - Kuna, M. 2004: Vyhledávání a vzorkování vrstev. In: Kuna, M. (ed.): *Nedestruktivní archeologie*, Praha, 353–378.

Binford, L. 1962: Archaeology as anthropology, *American Antiquity* 28, No. 2, 217–225 (přetištěno v: Binford, L. R., *An archaeological perspective*, New York – London 1972).

Binford, L. 1964: Consideration of Archaeological Research Design, *American Antiquity* 29 (1964): 425–441.

Bloemers, J.H.F., 2002: 'Past and Future-Oriented Archaeology: Protecting and Developing the Archaeological – Historical Landscape in the Netherlands', in: Fairclough, G. and S. Rippon (eds.), *Europe's Cultural Landscape: archaeologists and the management of change*. EAC, Brussels, pp. 89–96

Bouzek, J. – Koutecký, D. – Neustupný, E. 1966: The Knovíz settlement of North–West Bohemia – Knovízské osídlení severozápadních Čech. *Fontes Archaeologici Pragenses* 10, Praha

Brooks, M. J. et. al. 2003: 25 Years of Discovering the Past: The Savannah River Research Program – A Silver Anniversary Retrospective

Burn, G. – Fronaberge, K. – Whitley, T, 2007: Predictive Modeling of Cultural Resources in the Theban Necropolis, Luxor, Egypt in: Posluschny, A – Lambers, K – Herzog, I (eds.), *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Berlin, Germany, April 2–6, 2007. *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte*, Vol. 10 (Bonn 2008). 428 pp.,

Clarke, D. L. (ed) 1977: *Spatial archaeology*, London – New York – San Francisco (Academic Press).

Čtverák, V. 1987: Knovízské osídlení am Unterlauf des Berounka – Flusses. In: *Die Urnenfelderkulturen Mitteleuropas. Symposium Liblice 21.–25.10.1985*, Praha, 195–199.

Dalla Bona, L. 2000: "Protecting Cultural Resources through Forest Management Planning in Ontario Using Archaeological Predictive Modeling. In

Wescottt, K. L. Brandon, R. J. (ed) "Practical Application of GIS for Archaeologist. A Predictive modeling Toolkit. Taylor & Francis London 73 – 99

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

De Silva, M. Pizziolo, G. 2001: Setting up a „Human Calibrated“ anisotropic cost surface for Archaeological tanding the past – CAA 2000 – Computer application and quantitative methods in archaeology. Proceedings of the 28th Conference , Ljublana, April 2000. BAR int. Series 931, 279–286

Deeben, J. – Hallewas, D., – Kolen, J. – Wiemer, R. 2000: Beyond the Crystal Ball: Predictive Modelling as a tool in Archaeological Heritage Managemen and Occupation History. In : Mapiing the Future of the Pas. New Information Technologies for Managigng the European Archeological Heritage. 56 – 108

Della Bona, L. 1994: Cultural Heritage Resource Predictive Modelling Project, volume 4., A Predictive Model of Prehistoric Activity Lokations for Thunder Bay District, Ontario. Report for the Ontario Ministry of Natural Resources.

Demek, J. – Netopil, R. 1984: Fyzická geografie I. Praha : SPN, 1984.

Diamond, J. 1997: Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies,

Dresler, P. – Macháček, J. 2008: Hospodářské zázemí raně středověkého centra na Pohansku u Břeclavi in Počítačová podpora v archeologii 2, 2008, str. 127–134

Dreslerová D. 1995. A settlement–economic model for a prehistoric microregion: settlement activities in the Vnoř–stream basin during the Hallstatt period. In: M.Kuna and N.Venclová (eds.), Whither Archaeology. Papers in honour of Evžen Neustupný. Praha: Institute of Archaeology 145–160.

Dreslerová, D. 1996: Modelování přírodních podmínek mikroregionu na základě archeologických dat. *Archeologické rozhledy* 48, 605–614, 709–712.

Dreslerová, D. 2001: Využití GIS při zkoumání struktury mikroregionů. In: *Archeologia przestrzeni, Polska Akademia Umiejętności – Akademia věd České republiky, Krakow*, 55 – 68.

Goláň, J. – Macháček, J. 2004: Velkomoravské hradisko Pohansko a jeho zázemí. In: Hrib, H. – Kordiovský, E. (eds.) "Lužní les v Dyjsko–Moravské nivě, Břeclav, 513–526.

Heunks, E., – de Jager, D.H. –. Verhagen, .P 2003: Toelichting Limes–kaart Gelderland; provincie Gelderland. RAAPrapport 860, RAAP Archeologisch Adviesbureau, Amsterdam.

Hill, J. – Devitt, M. – Sergejeva, M. 2005:, Predictive Modelling and Cultural Resource Preservation in Santa Cruz County, Arizona (Tucson 2005)

Hobbs, E. – Johson, C. M – Gibbon G.E.2002: A Predictive Model of Precontact Archaeological Site Location for the State of Minnesota. Chapter 7: Model Development and Evaluation. Saint Paul: Minnesota Department of Transportation. <http://www.mnmodel.dot.state.mn.us/chapters/chapter7.htm>, 25–03–2011

Hodder, I.– Orton, C. 1976. *Spatial Analysis in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hole, B. 1980: Sampling in Archaeology: A Critique, *Annual Review of Anthropology* 9 (1980): 217–234.

Hudak, J. et. al. 2011: Mn/Model: Minnesota Archaeological Predictive Model, <http://www.mnmodel.dot.state.mn.us/index.html>, 1. 4 . 2011

Isard, W., 1956: Location and space economy: a general theory relating to industrial location, market, land use, trade and urbanstructure. *The Regional Science Studies Series, Vol. 1*. The M.I.T. Press, Cambridge (Massachusetts).

Jedlička, K 2010: Geomorfologický informační systém, nepublikovaná disertační práce ,

Jedlička, K. – Mentlík, P 2002: Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS. In: Balej, M., Oršulák, T. (eds.) Geoinformatika z XX. Sjezdu ČGS v Ústí nad Labem 2002, s. 46–58.

John, J. – Chvojka, O. – Rytíř, L. 2003: Predikční mapa archeologických lokalit středního Pootaví. In: Neustupný, E. (ed.): Příspěvky k prostorové archeologii 1, 72–99,

Judge, W. – Sebastian, L.: Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modelling (Denver 1988).

K. Popper, Logika vědeckého bádání. Praha 1997

Kamermans, H. 2000: Land evaluation as predictive modelling: a deductive approach. In“Lock, g. (ed.)“ Beyond the map. Archaeology and spatial techonologies . IOS Press Amstredam – Berlin – Oxford – Toky – Washington, DC, 124 – 146.

Kincaid, CH. 1988: Predictive modeling and its relationship to cultural resource management applications. In: Judge, W. J. Sebastian, L. (ed.): Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling

Kodym, O. a kol. 1967: Regionální geologie ČSSR. Atlas map 1 : 1 000 000. Praha.

Kohler, T, A. 1988: Predictive Locational Modeling: History and Current Practice. In Quantifying the present and predicting the past: Theory, method, and application of archaeological predictive modeling, edited by W.J. Judge and L. Sebastian, U.S. Government Printing Office, Washinton, D.C..

Koukolík, F. – Drtilová J. 2002: Základy stupidologie – Život s deprivanty II. Praha, Galén, 2002.

Králová, A 2003: Predikce sídelních areálů chamské kultury In Sedmdesát neustupných let. Plzeň : Aleš Čeněk, 2003, s. 93 – 97.

Kruřová, M. 2002: Kulturní vrstva a stopy nenalezené minulosti. In: E. Neustupný (ed.), Archeologie nenalézaného. Plzeň – Praha, 108 –118.

Křivánková, D. – Kuna, M 2004: Archiv 3.0 – systém archeologické databáze Čech – uživatelská příručka, Praha 2004

Kuiper, J. – Wescott, K.1999: A GIS Approach for Predicting Prehistoric Site Locations, Presented at the Nineteenth Annual Esri User Conference, San Diego, California, USA July 26–30, 1999 <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap378/p378.htm#REFERENCES>, 23. 3 2011

Kuna, M. – Adelsbergerová, D. 1994: Prehistoric location preferences: An application of GIS to Vinořský potok project, Bohemia. In: G. Lock – Z. Stancic (eds.): The impact of GIS on archaeology: A European perspective. Taylor & Francis, 117–131.

Kuna, M. – Danielisová, Alžběta 2009: Geomorfometrie a analýza reliéfu v archeologii. Rekonstrukce a experiment v archeologii: Živá archeologie. Roč. 10,

Kuna, M. – Křivánková, D. – Krušinová, L. 1995: Archiv 2.0 – systém archeologické databáze Čech – uživatelská příručka, Archeologický ústav Akademie Věd v Praze, 1995

Kuna, M. 1991a: The structuring of prehistoric landscape. *Antiquity* 65, No.247, 332–347.

Kuna, M. 1994a: Archeologický průzkum povrchovými sběry. Zprávy ČAS, supplément 23. Praha.

Kuna, M. 1994b: The State Archaeological Database. *Památky archeologické – Supplementum* 1, 221–228.

Kuna, M. 1996: GIS v archeologickém výzkumu regionu: vývoj pravěké sídelní oblasti středních Čech. *Archeologické rozhledy* 48, 580–604.

Kuna, M. 1997a: Archeologická databáze Čech. In: Macháček, J. (ed.): *Počítačová podpora v archeologii*, 105–109. Brno.

Kuna, M. 1997b: Geografický informační systém a výzkum pravěké sídelní struktury In: Macháček, J. (ed.): *Počítačová podpora v archeologii*, 235–258. Brno.

Kuna, M. 1998: Keramika, povrchový sběr a kontinuita pravěké krajiny – Ceramics, surface survey, and the continuity of prehistoric landscapes. *Archeologické rozhledy* 50, 192–223.

Kuna, M. 2000: Session 3 discussion: Comments on archaeological prediction, in: Lock, G. (ed.), *Beyond the Map. Archaeology and spatial technologies*, Amsterdam etc. (IOS Press), 180–186.

Kuna, M. 2001: Povrchový sběr a intenzita využití krajiny v pravěku. In: Kozłowski, J.K. – Neustupný, E. (eds.), *Archeologia przestrzeni. Metody i wyniki badań osadniczych w dorzeczech górnej Łaby i Wisły*, Kraków (PANU), 27–54.

Kuna, M. 2002: Intruze jako doklad „nenalezených“ fází pravěkého osídlení. In E. Neústupný (ed.), *Archeologie nenalezaného*. Plzeň – Praha, 119–132

Kuna, M. 2004c: Práce s prostorovými daty In: *Nedestruktivní archeologie, teorie, metody a cíle, Non-destructive archaeology theory methods and goals* 379–440, ACADEMIA, Praha

Kuna, M. 2006: Burial mounds in the landscape. In: Šmejda, L. (ed.), *Archaeology of burial mounds*. Plzeň (KAR ZČU), 83–97. Kuna, M. 2006: Burial

mounds in the landscape. In: Šmejda, L. (ed.), *Archaeology of burial mounds*. Plzeň (KAR ZČU), 83–97.

Kuna, M. 2008: Analýza polohy pravěkých mohylových pohřebišť pomocí geografických informačních systémů. In: Macháček, J. (ed.): *Počítačová podpora v archeologii 2*, Brno – Praha – Plzeň, 79–92.

Kuna, M., Zvelebil, M., Foster, P., Dreslerová, D. 1993: Field survey and landscape archaeology research design. *Methodology of a regional field survey in Bohemia*, *Památky archeologické* 84, 110–130.

Kung, H. 2011: <http://www.sfu.ca/geog355fall01/hkung/project.html>
23.11. 2011

Kunow, J – Müller, J. 2003 (eds.): *Landschaftsarchäologie und geographische Informationssysteme, Prognosekarten, Besiedlungsdynamik und prähistorische Raumordnungen*, Wünsdorf 2003

Kvamme, K. L. 1985: Determining Empirical Relationships Between the Natural Environment and Prehistoric Site Locations: A Hunter–Gatherer Example. In: Carr, C.(ed) *For Concordance in Archaeological Analysis*, 208–238. Westport Publishers, St. Louis,.

Kvamme, K. L.1988a: Development and Testing of Quantitative Models. In *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*, edited by W. J. Judge and L. Sebastian, pp. 325–428. U.S. Department of the Interior Bureau of Land Management, Denver.

Lévi–Strauss, C. 2000: *Totemismus dnes*. Praha 2000

Madry, S.– Cole, M. – Gould, S. – Resnick., B. – Seibel, S. – Wilkerson, M 2006: 'A GIS based archaeological predictive model and decision support system for the North Carolina department of Transport', in Mehrer. M & Westcott. K (ed.), *GIS and archaeological site location modelling*, 2006, Taylor & Francis, London)

Meloun, M. – Militký, J. 2002: Kompendium statistického zpracování dat. Academia Praha, 2002.

Mueller, J. 1975 (ed): Sampling in Archaeology (1975).

Munda, G., 2008: Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy, New York 2008

Nance, J.1983: Regional Sampling in Archaeological Survey: The Statistical Perspective, in ed. Michael B. Schiffer, Advances in Archaeological Method and Theory, Vol. 6 (1983), pp. 289–356.

Neustupný, E. – Venclová, N. 1998: The Loděnice region in prehistoric times. In: Neustupný, E. (ed.): Space in prehistoric Bohemia, 84–105. Praha: Institute of Archaeology.

Neustupný, E. 1967: K počátkům patriarchátu ve střední Evropě – The beginnings of patriarchy in Central Europe (Rozpravy ČSAV 77/2). Praha: Academia.

Neustupný, E. 1967d: Základní prehistorické modely. Dějiny a současnost 9, 32–34

Neustupný, E. 1967d: Základní prehistorické modely. Dějiny a současnost 9, 32–34

Neustupný, E. 1973b: Jednoduchá metoda archeologické analýzy, Památky archeologické 64, 169–234.

Neustupný, E. 1976. Paradigmata ve středoevropském neolitu a eneolitu. Sborník prací filozofické fakulty brněnské univerzity E 20–21:125–132.

Neustupný, E. 1979: Vektorová syntéza sídlištní keramiky. Archeologické rozhledy 31, 55–74

Neustupný, E. 1983a. Demografie pravěkých pohřebišť – The demography of prehistoric cemeteries. Praha: Archeologický ústav. 171 p.

Neustupný, E. 1984. Archeologická prospekce s využitím pravděpodobnostních metod – Prospecting by means of probabilistic methods. In: Nové prospekční metody v archeologii (Výzkumy v Čechách, Supplementum 1984). Praha 105–130.

Neustupný, E. 1986: Nástin archeologické metody. Archeologické rozhledy 38, 525–549.

Neustupný, E. 1986a: Nástin archeologické metody. Archeologické rozhledy 38, 525–548.

Neustupný, E. 1986b: Sídlní areály pravěkých zemědělců – Settlement areas of prehistoric farmers. Památky archeologické 77, 226–234.

Neustupný, E. 1991: Community areas of prehistoric farmers in Bohemia. Antiquity 65, 326–331.

Neustupný, e. 1993: Some field walking theory. Památky archeologické 84, 150–152.

Neustupný, E. 1994a: Settlement area theory in Bohemian archaeology. Památky archeologické – Supplementum 1, 248–258.

Neustupný, E. 1995a: The significance of facts. Journal of European Archaeology 3.1, 189–212

Neustupný, E. 1995b: K teorii terénního výzkumu v archeologii. Archeologické

Neustupný, E. 1995c: Pravěk. Praha, Fortuna

Neustupný, E. 1996a: Polygons in archaeology. Památky archeologické LXXXVII, 112–136 (Český překlad Polygony v archeologii).

Neustupný, E. 1996b: Databáze nalezišť okresu Chrudim, Archeologické rozhledy 48, 126–134

Neustupný, E. 1996c: Téz e o pravěku a učebnice pravěku. *Archeologické rozhledy* 48, 311–322.

Neustupný, E. 1996d: On prehistoric warfare. *Journal of European Archaeology* 4, 367–373

Neustupný, E. 1997a: Syntéza struktur formalizovanými metodami – Vektorová syntéza In: Macháček, J. (ed.): *Počítačová podpora v archeologii*, 235–258. Brno.

Neustupný, E. 1997b: Šňůrová sídliště, kulturní normy a symboly, *Archeologické rozhledy* 49, 304–322.

Neustupný, E. 1997c: Uvědomování minulosti, *Archeologické rozhledy* 49, 217–220.

Neustupný, E. 1998(ed): *Space in prehistoric Bohemia*, Praha (ARÚ AVČR).

Neustupný, E. 1998: K variabilitě laténské keramiky. *Archeologické rozhledy* 50, 77–94

Neustupný, E. 1998: *Space in Prehistoric Bohemia*. Praha, Archeologický ústav AV ČR.

Neustupný, E. 2000b: Dvě archeologie – Two archaeologies. *Acta historica et museologica Universitatis Silesianae Opaviensis*. Opava: Slezská univerzita 5/2000

Neustupný, E. 2000f: Predikce areálů archeologického zájmu, in: Pavlů, I. (ed), in memoriam Jan Rulf, *Památky archeologické – Supplementum* 13, 319–324.

Neustupný, E. 2001a: Hlavní problémy prostorové archeologie. In: *Archeologia przestrzeni*, Polska Akademia Umiejętności – Akademia věd České republiky, Krakow, 7 – 26.

Neustupný, E. 2001a: Hlavní problémy prostorové archeologie. In: J.Kozłowski i E.Neustupný (eds.), *Archeologia przestrzeni – Metody i wyniki studiow osadniczych w dorzeczach górnej Laby i Wisły*, 7–26.

Neustupný, E. 2003a: Predikce živých areálů minulosti, In: *Příspěvky k prostorové archeologii 1*, 155–171.

Neustupný, E. 2003b: The Non-Practical Dimensions of Prehistoric Landscapes In: Kunow, J – Müller, J. (eds.): *Landschaftsarchäologie und geographische Informationssysteme, Prognosekarten, Besiedlungsdynamik und prähistorische Raumordnungen*, Wünsdorf 2003.

Neustupný, E. 2003c: *Příspěvky k prostorové archeologii*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2003, 246 s.

Neustupný, E. 2007. *Metoda archeologie*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. 206 s.

Neustupný, E. 2010: *Teorie archeologie*, Plzeň , Aleš Čeněk , 318 s.

Novák, R. 2005: Kontinuita pohřbívání na pravěkých pohřebištích in: Neustupný, E. – John, J. (ed.) 2005: *Příspěvky k archeologii 2*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2005, 238 s.

Orton, C. 2000: *Sampling in Archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge: CambridgeUniversity Press

Plainerová, I. – Pavlů, I. 1979: Březno, osada z mladší doby kamenné v severozápadních Čechách, Ústí nad Labem

Podobnikar, T. – Veljanovski, T. – Snačič, Z. – Oštir, K. 2001: *Archaeological Predictive Modelling in Cultural Resource Management*, in“ Konečný, M. et al. (ed)“ *GIS in EUROPE“ integrative – interoperable – interactive*. Proceedings of 4th Agile Conference on Geographic Information Science, Brno, April 19 – 21 2001 2001 Masaryk univerzity Brno, 535 – 544.

Popper, K. 1997: *Logika vědeckého bádání*. Praha 1997

Rulf, J. 1981: Poznámky k zemědělství středoevropského neolitu a eneolitu, *Archeologické rozhledy* 33, 123–131.

Rulf, J. 1983: Přírodní prostředí a kultury českého neolitu a eneolitu, *Památky archeologické* 68, 35–95.

Sentz, K. – Ferson, s. 2002: Combination of Evidence in Dempster–Shafer Theory (Albuquerque 2002).<http://www.sandia.gov/epistemic/Reports/SAND2002–0835.pdf> [5 3 2012].

Shennan, S. 1997. *Quantifying Archaeology*. 2nd Edition. Edinburgh: Edinburgh University Press

Sivanandam, S. 2007: *Introduction to fuzzy logic using MATLAB* Berlin, 2007

Sklenář, K. 1982: Pravěké nálezy na Mělnicku a Kralupsku I, *Archeologický místopis okresu Mělník v pravěku a rané době dějinné*. Mělník.

Sklenář, K. 1994: Pravěké nálezy na Mělnicku a Kralupsku II. *Archeologický místopis okresu Mělník v pravěku a rané době dějinné*. Mělník.

Smejtek, L. 1987: Vývoj osídlení Příbramska v mladším pravěku a jeho vztah k přírodnímu prostředí. *Vlastivědný sborník Podbrdsko* 38–39, 313–367.

Smejtek, L. 1994: Změny přírodního prostředí a vývoj mladobronzové sídelní struktury v mikroregionu Hříměždického potoka. In: Beneš, J. – Brůna, V.: *Archeologie a krajinná ekologie*. Most, 94–111.

Smrž, Z. 1987: Vývoj a struktura osídlení v mikroregionu Lužického potoka na Kadaňsku – The development of settlement in the microregion of the stream Lužický potok in the area of Kadaň. *Archeologické rozhledy* 39, 601–621.

Smrž, Z. 2002: Archeologie znovu nalézaného. In: E. Neustupný (ed.): *Archeologie nenalézaného*, 206–216. Plzeň – Praha.

Soonius, C.M. – Ankum, L. A., 1990: Ede; II. Archeologische Potentiekkaart. RAAP–rapport 49. Stichting RAAP, Amsterdam.

Stančič, Z. – Kvamme, K., 1999: Settlement Pattern Modelling through Boolean Overlays of Social and Environmental Variables. In Barcelo, J.A., Briz, I., Vila, A. (eds.), *New Techniques for Old Times*, CAA 98, BAR International Series 757: 231–237.

Stančič, Z. – Veljanovski, T. 1998: Archeološki napovedovalni modeli in GIS in: Krevs, M. (ed.) *geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997 – 1998: Zbornik referato simpozija Ljubljana, 29. september 1998*. ZRZ SAZU Ljubljana 175 – 185.

Stančič, Z. and Veljanovski, T., 2000. Understanding Roman settlement patterns through multivariate statistics and predictive modelling. In Lock, G. (ed.), *Beyond the map – Archaeology and Spatial Technologies*. NATO Science Series, IOS Press: 147 –157.

Šaldová, V. 1981: Rovinná sídliště pozdní doby bronzové v západních Čechách – Die Flachlandsiedlungen der spätbronzezeit in Westböhmen. *Památky archeologické* 72, 93–152.

Šilhavý, J. 2010: Hydrologické analýzy v distribuovaném prostředí, nepublikovaná diplomová práce.

Šíp, M. 2007: Databáze v archeologii, nepublikovaná diplomová práce obhájená na katedře archeologie ZČU v Plzni.

Šmejda, L. 2003: Možnost využití techniky „multi–criteria evaluation“ v prostorové archeologii. In: Neustupný, E. (ed.): *Příspěvky k prostorové archeologii* 1, 230–247,.

Šmejda, L. 2005: Continuity of funeral areas. In M. Gojda (ed.), *Ancient Landscape Settlement Dynamics and Non–destructive Archaeology*, 305–312.

Vasilenko, Y. nedatováno: Logit, Probit Models Yana Vasilenko, rukopis

Vencl, S. 1994: Archeologie žízně. *Archeologické rozhledy* 46, 283–305

Verhagen, P. – Berger, J.. 2007: The hidden reserve. Predictive modelling of buried archaeological sites in the Tricastin–Valdaine region (Middle Rhône Valley, France) In. Verhagen (ed) Case studies in a archaeological predictive modelling

Verhagen, P. – van Leusen, M. – Ducke, B. – Millard, A. – Kamermans, H. 2011. The Bumpy Road to Incorporating Uncertainty in Predictive Modelling. In: Jerem, E., Redö, F. & Szeverényi, V. (eds.): On the Road to Reconstructing the Past. Proceedings of the 36th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, CAA 2008. Budapest, April 2–6, pp. 569–576.

Verhagen, P. – Gazenbeek, M. 2007: The use of predictive modeling for archeological survey af roman pottery kilns in the archone region. In. Verhagen (ed) Case studies in a archaeological predictive modelling

Verhagen, P. – Kamermans, H. – van Leusen, M. – Ducke, B. 2010:.. New developments in archaeological predictive modelling. In: T. Bloemers, H. Kars, A. van der Valk & M. Wijnen (eds.): The Cultural Landscape & Heritage Paradox. Protection and Development of the Dutch Archaeological–Historical Landscape and its European Dimension (Landscape & Heritage Studies Proceedings), pp. 431–444.

Verhagen, P. 2006: Quantifying the qualified: the use of multi–criteria methods and Bayesian statistics for the development of archaeological predictive models' in: Mehrer, M. & K. Wescott (eds.), GIS and Archaeological Site Location Modeling. CRC Press, Boca Raton, pp. 191–216.

Verhagen, P. 2007: Case studies in archaeological predictive modelling. Amsterdam University Press..

Verhagen, P. 2009: Testing archaeological predictive models: a rough guide, In Kamermans, H. Leusen, M. Verhagen, P. (eds) Archaeological prediction and riskmanagement, alternatives to current practice. Leiden unoverity press (63 – 71)

Vries De, P. 2007: Archaeological Predictive Models for the Elbe Valley around Dresden, Saxony, Germany in: Posluschny, A – Lambers, K – Herzog, I (eds.), *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Berlin, Germany, April 2–6, 2007. *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte*, Vol. 10 (Bonn 2008). 428 pp.,

Wansleben, M. – Verhart, L. B. M. 1992: The Meuse Valley Project: GIS and site location statistics'. *Analecta Praehistorica Leidensia* 25, pp. 99–108.

Warren, R. E. 1990a: Predictive modelling in archaeology: a primer. In: Allen, K. M. S., Green, S. W., Zubrow, E.B. W. (ed): *Interpreting space“ GIS and Archaeology*. Taylor & Francis London – New York – Philadelphia, 201–215.

Warren, R. E. 1990b: Predictive modelling of archaeological site location: a case study in the Midwest. (K. M. Allen, S. W. Green, & E. Zubrow, Eds.) *Interpreting Space GIS and archaeology*, 201–215. Taylor and Francis.

Wescot, K.L., Kuiper, J. A. 2000: Using GIS to Model Prehistoric Site Distribution in the Upper Chesapeake Bay. In Wescott, K.L. Brandon, R. J. (ed): *Practical Application of GS for Archaeologist. A Predictive Modelling Toolkit*. Taylor & Francis London, 59 – 75.

Wheatley, D. 1995: Cumulative viewshed analysis: a GIS based Method for investigating intervisibility, and its archaeological application. In: Lock, G. – Stančič, Z. (eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*. London (Taylor & Francis), 171–185.

Whitley, T. – Burns, G. 2007: Conditional GIS surfaces and their potential for archeological predictive modeling in: Posluschny, A – Lambers, K – Herzog, I (eds.), *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*. Berlin, Germany, April 2–6, 2007. *Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte*, Vol. 10 (Bonn 2008). 428 pp., extensively illustrated,

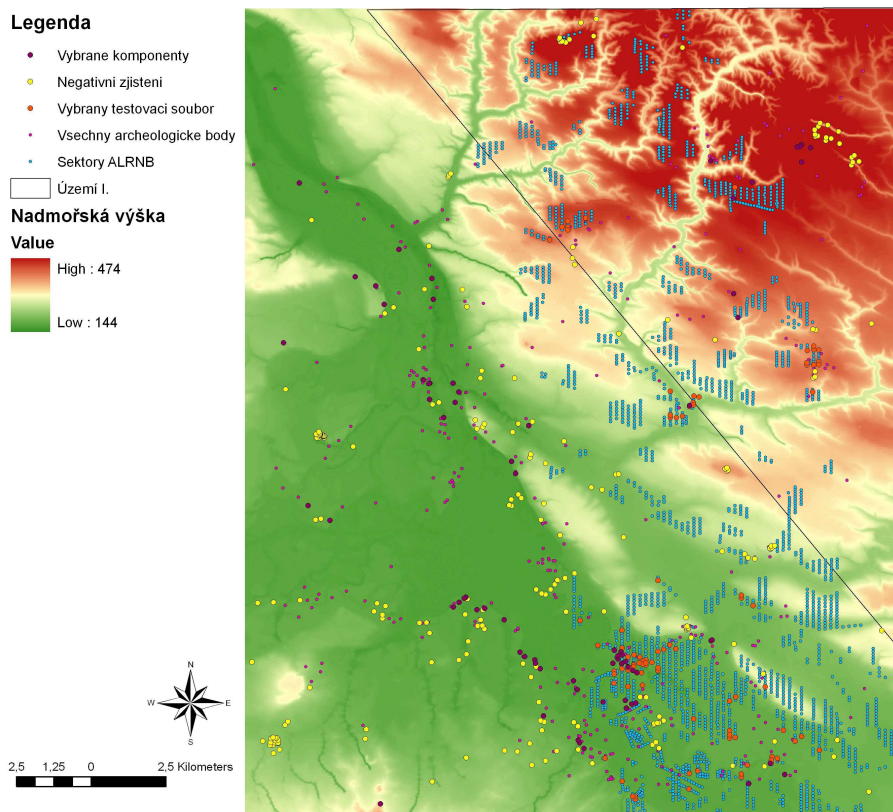
Whitley, T. 2004a: Re-thinking Accuracy and Precision in Predictive Modelling. Paper Prepared for the Computer and Quantitative Applications in Archaeology 2004 Conference, Prato, Italy, 2004.

Whitley, T. 2004b: Risk, Choice, and Perception: Elements of an Immersive GIS. Paper Prepared for the 69th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Montreal, Quebec, 2004.

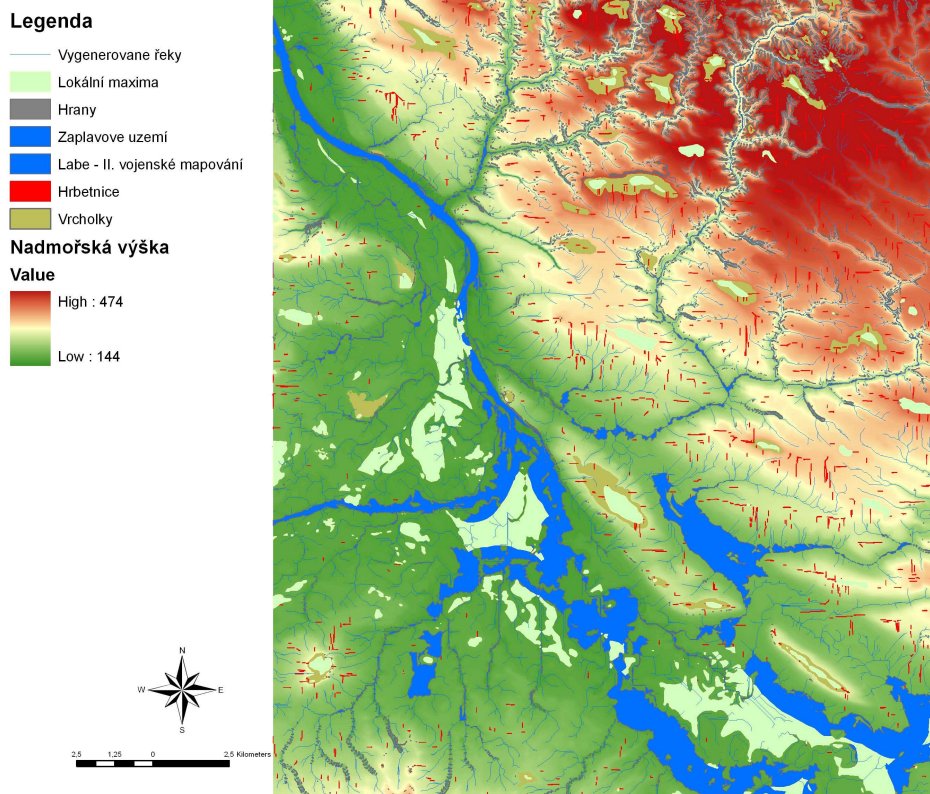
Willey, G.R., 1953: Prehistoric settlement in the Virú Valley, Peru. Bureau of American Ethnology Bulletin 155. United States Government Printing Office, Washington.

Zeidler, J. 2012: Rethinking Logistic Regression for Predictive Archaeological Modeling: Improving Predictive Accuracy Using the Generalized Additive Model (GAM), http://www.cemml.colostate.edu/assets/pdf/esri_poster_final2_web.pdf.

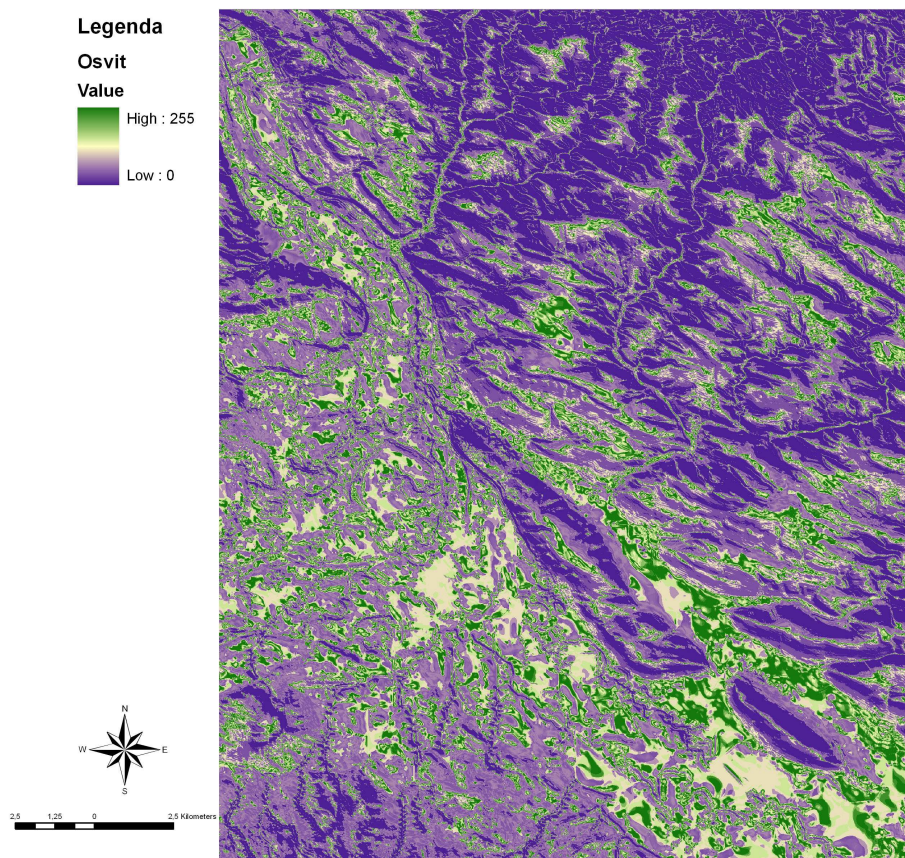
9 OBRÁZKOVÉ PŘÍLOHY



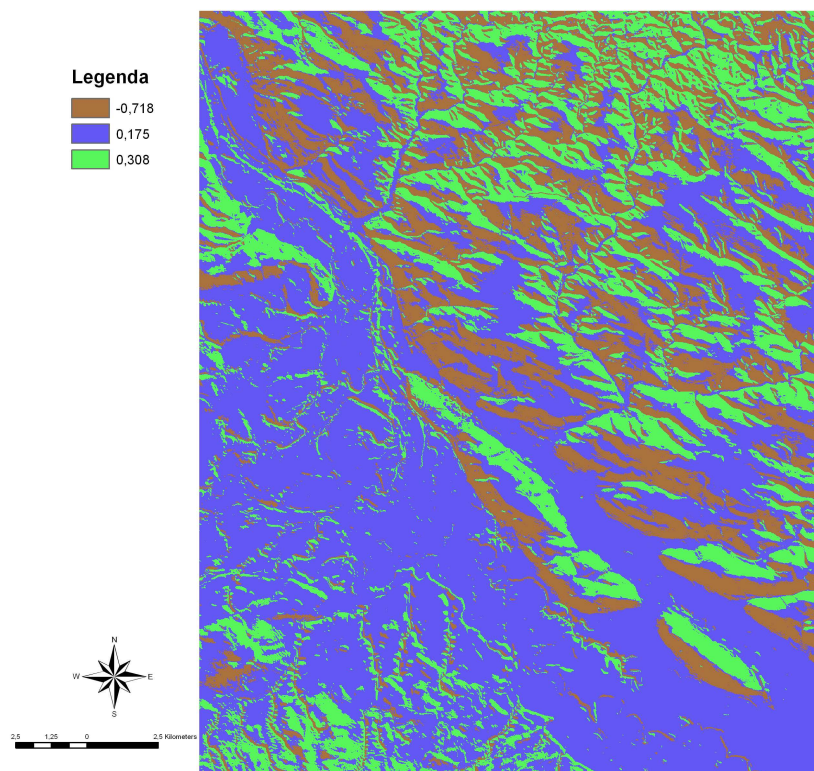
Obr. 32: Rozložení archeologických bodů na zájmovém území



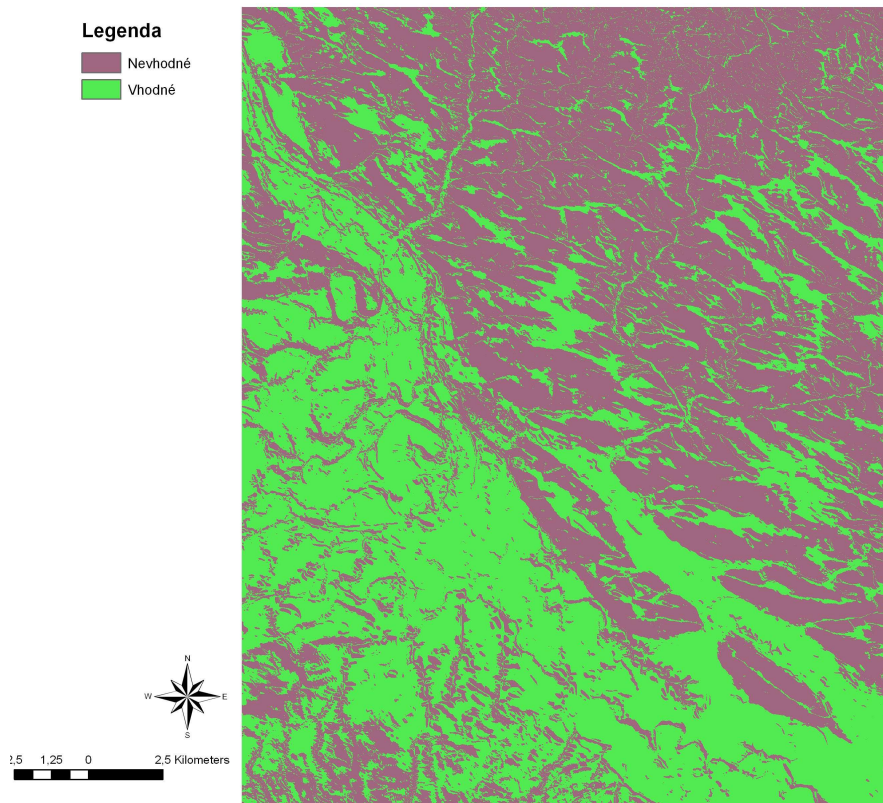
Obr. 33: Rozložení identifikovaných jevů, od kterých byly odvozené sledované proměnné



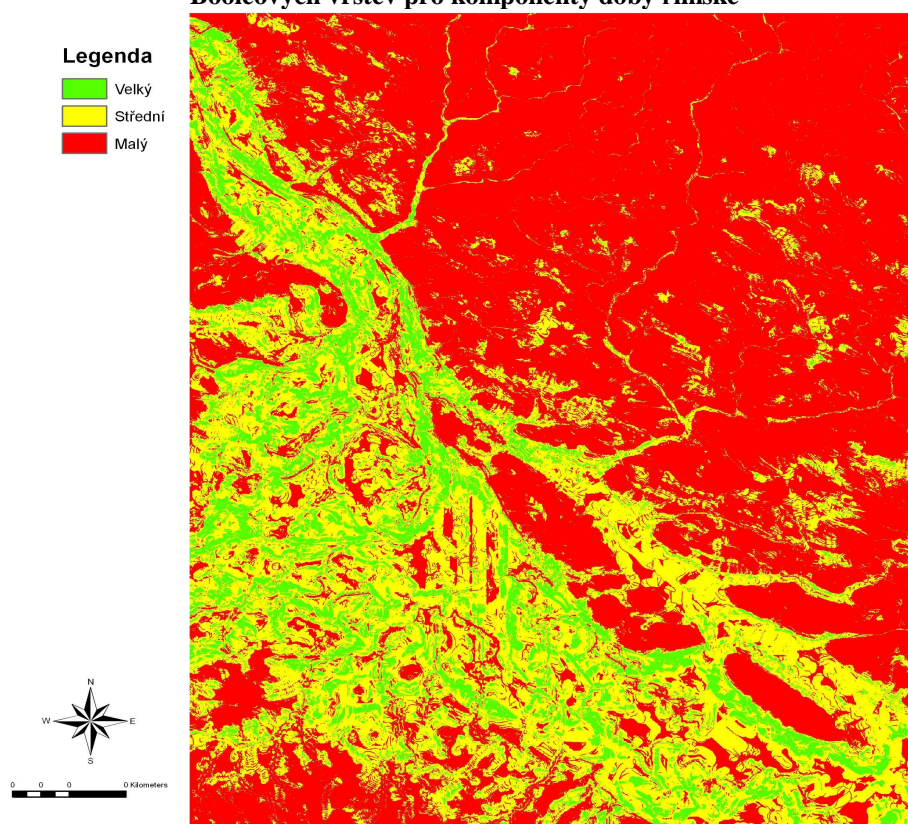
Obr. 34: Ukázka rastru množství dopadlého slunečního svitu po aplikaci nástroje FUZZY v rámci metody MCE pro komponenty doby římské



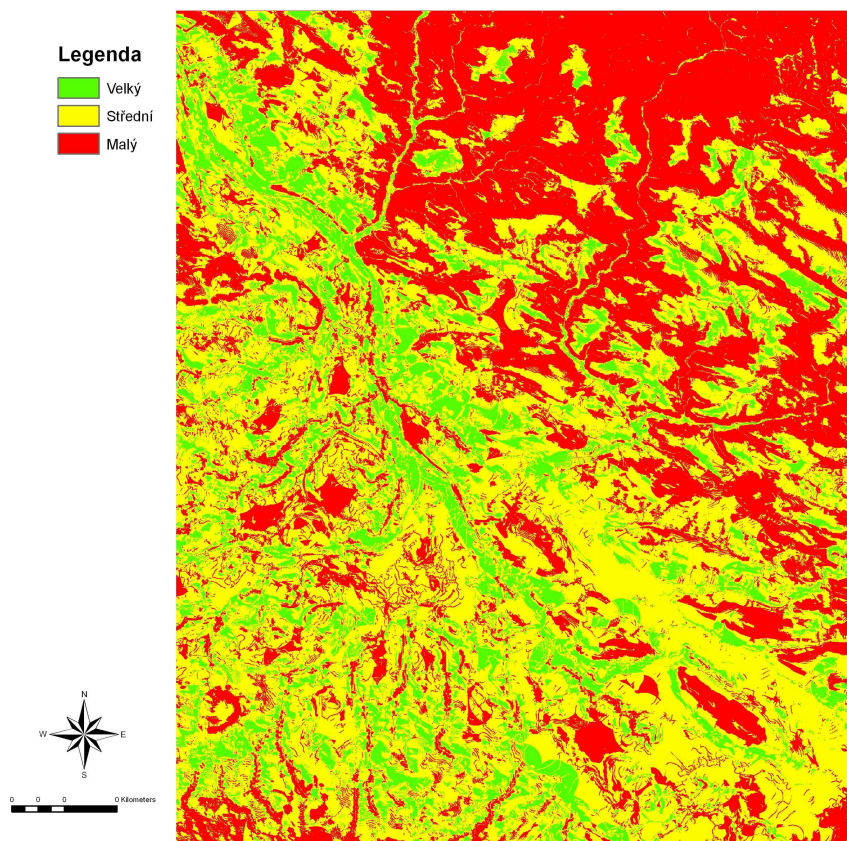
Obr. 35: Ukázka rastru množství dopadlého slunečního svitu po aplikaci indexu významnosti rámci metody Logit pro komponenty doby římské



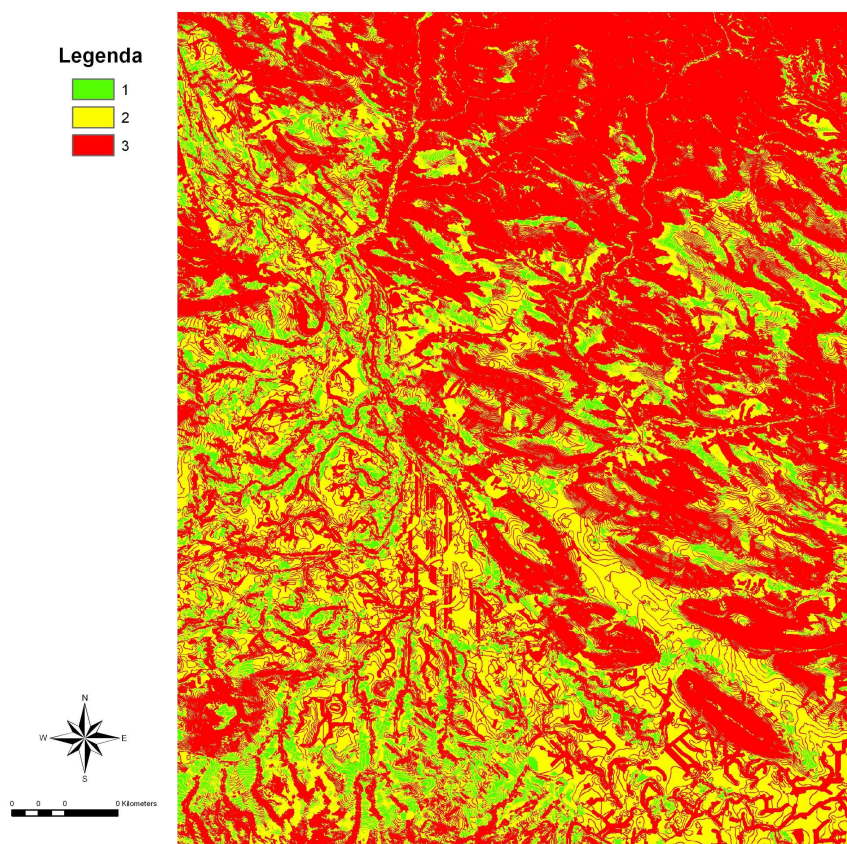
Obr. 36: Ukázka binární vrstvy pro množství dopadlého slunečního svitu pro metodu vážených Booleových vrstev pro komponenty doby římské



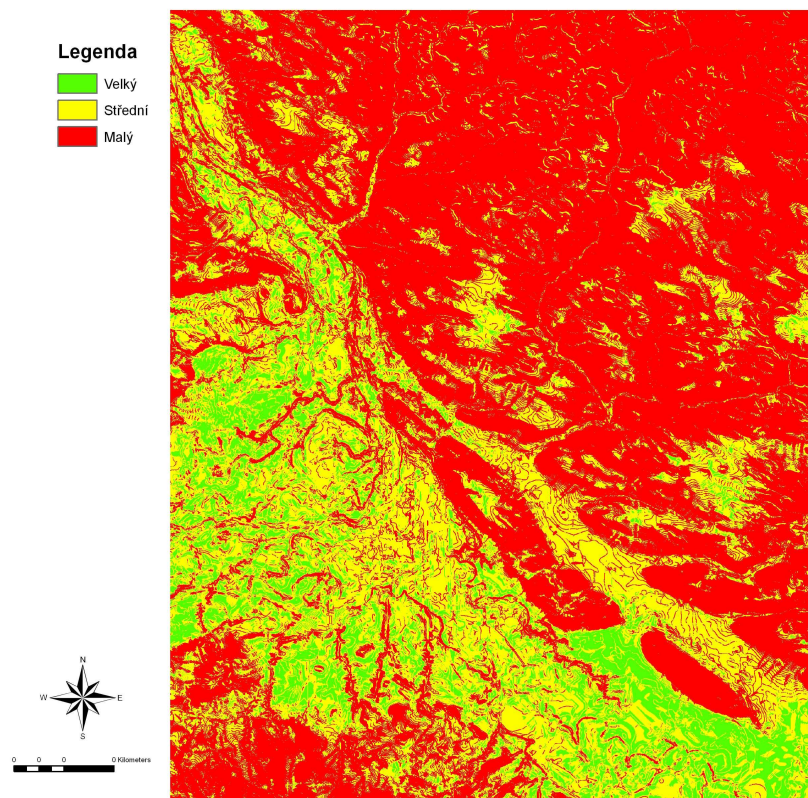
Obr. 37: Mapa archeologických potenciálů pro mladší neolit – metoda MCE



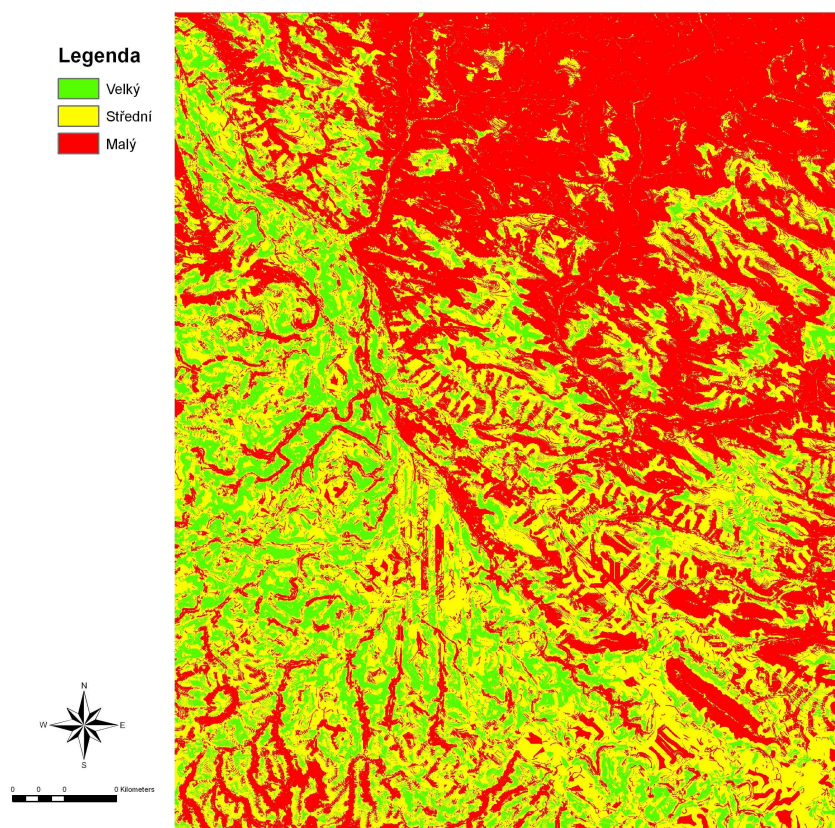
Obr. 38: Mapa archeologických potenciálů pro mladší neolit – metoda Logit



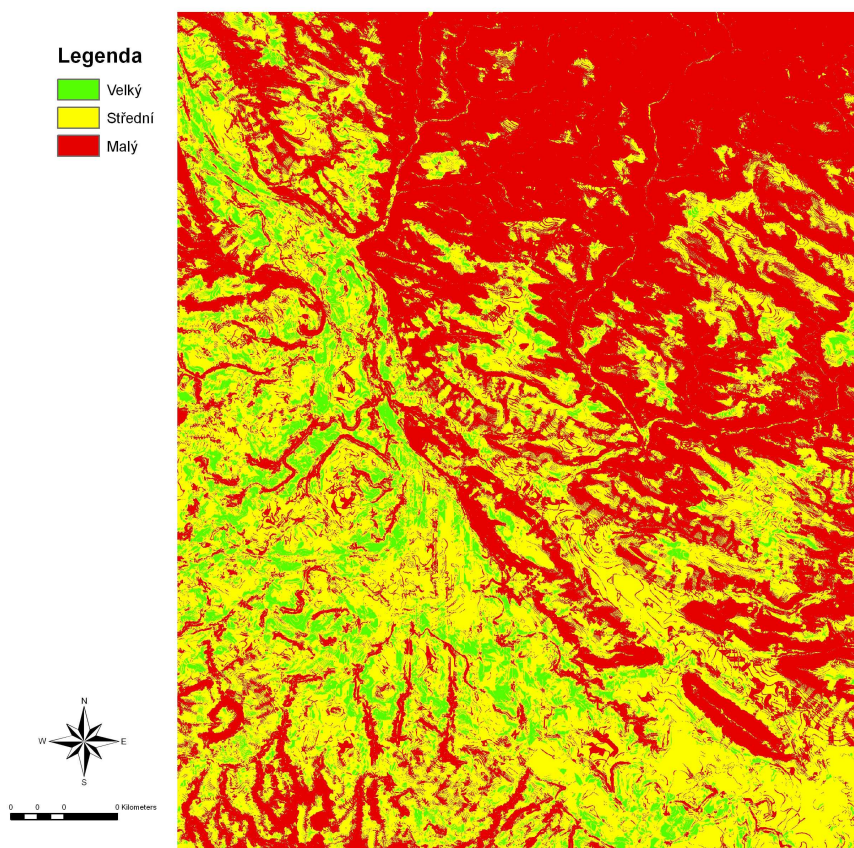
Obr. 39: Mapa archeologických potenciálů pro mladší neolit – metoda vážených Booleových vrstev



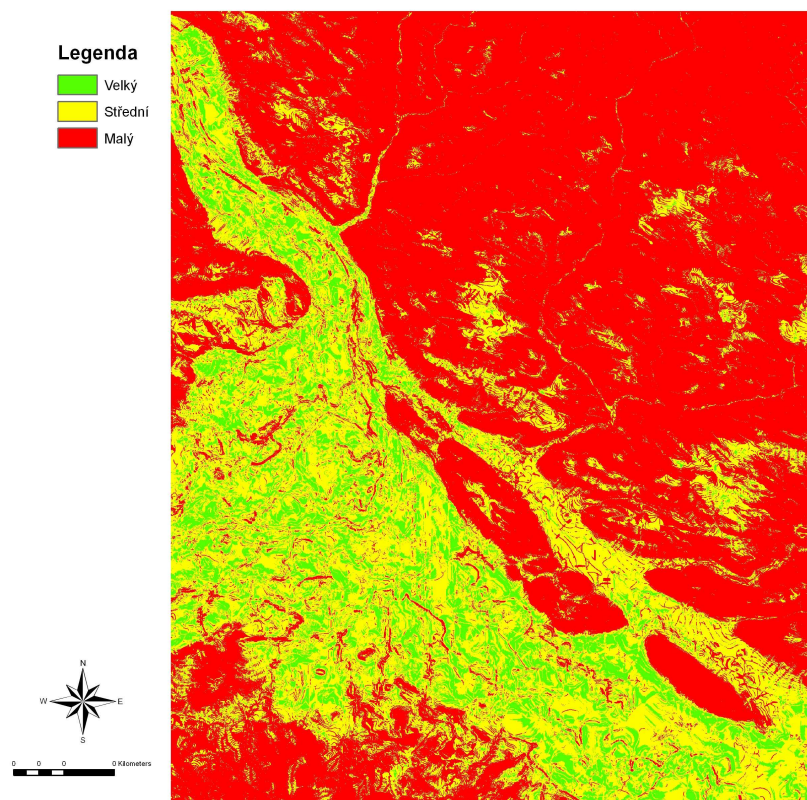
Obr. 40: Mapa archeologických potenciálů pro mladší dobu bronzovou – metoda MCE



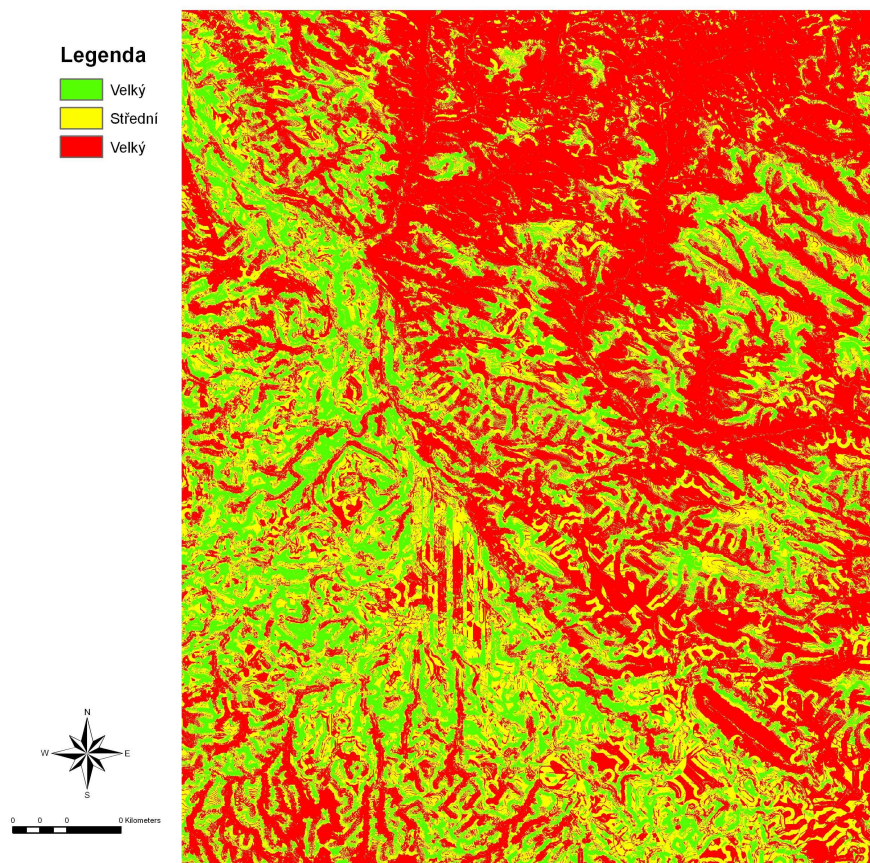
Obr. 41: Mapa archeologických potenciálů pro mladší dobu bronzovou – metoda Logit



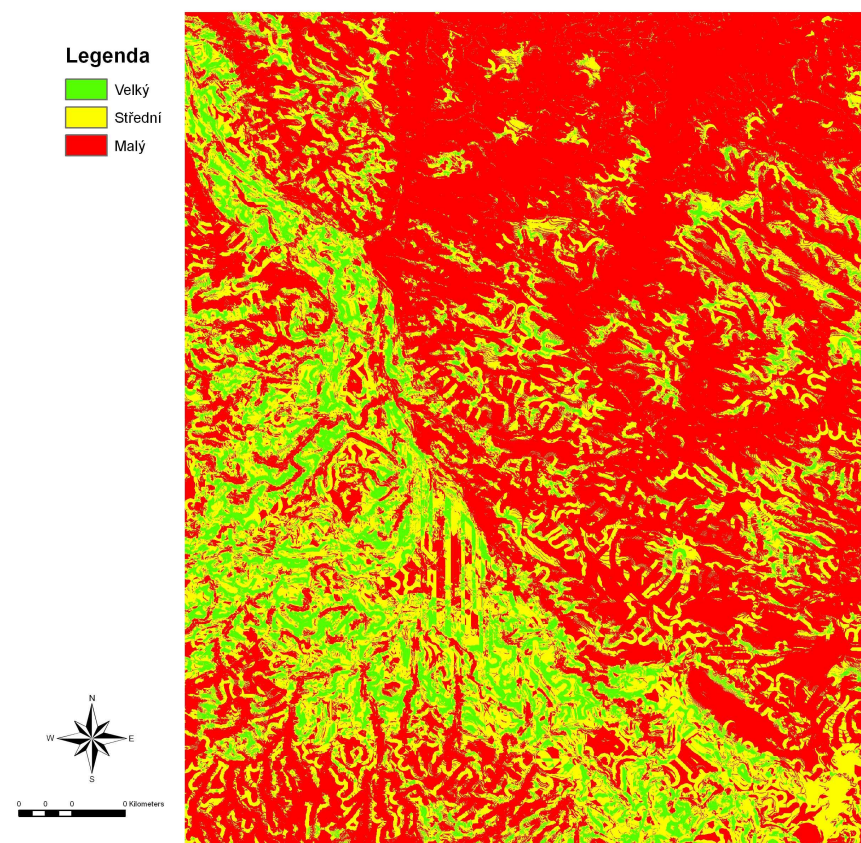
Obr. 42: Mapa archeologických potenciálů pro mladší dobu bronzovou – metoda vážených Booleových vrstev



Obr. 43: Mapa archeologických potenciálů pro dobu římskou – metoda MCE



Obr. 44: Mapa archeologických potenciálů pro dobu římskou – metoda Logit



Obr. 45: Mapa archeologických potenciálů pro dobu římskou – metoda vážených Booleových vrstev