

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**MOŽNOSTI INTERPOLACE JEZERNÍCH PÁNVÍ  
RŮZNÝCH GENETICKÝCH TYPŮ**

POSSIBILITIES OF INTERPOLATING LAKES BASINS OF  
VARIOUS GENETIC TYPES

Bakalářská práce

Jana Kuchařová

srpen 2009

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem všechny použité prameny řádně citovala.

Jsem si vědoma toho, že případné použití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Praze dne 24. 8. 2009

.....

Jana Kuchařová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D za věnovaný čas, cenné rady a připomínky. Dále pak bych chtěla poděkovat RNDr. Jiřímu Žaloudíkovi, CSc. z Biologického centra AV ČR - Hydrobiologický ústav za poskytnutá data a také za umožnění přístupu do chráněné zóny NP Šumava a Mgr. Aleši Zbořilovi za zapůjčení diplomové práce k prostudování. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu v průběhu celého studia.

## Možnosti interpolace jezerních pánví různých genetických typů

### Abstrakt

Cílem této práce je pokusit se najít co nejvhodnější interpolační metodu pro jednotlivé typy jezerních pánví. K tomuto účelu byla zvolena jezera Prášilské, Plešné, Laka, Čimice a Labiště pod Opočínkem. Hlavním účelem práce je, aby v budoucnu byly interpolační metody počítány především softwarově, nikoliv ručním způsobem. Bude použito co nejvíce interpolačních metod, se snahou docílit co možná nejpřesnějšího výsledku a stanovit nejvhodnější z nich pro jednotlivá jezera. Pro výpočet jednotlivých batymetrických profilů budou použity stejné interpolační metody, ale nepředpokládá se, že bude nalezena pouze jedna vhodná interpolační metoda pro všechny typy jezerních pánví.

**Klíčová slova:** Interpolace, batymetrický profil, jezerní pánve

## Possibilities of interpolating lakes basis of various genetic types

### Abstract

The goal of this work is to try to find the most suitable interpolation method for particular types of lake basins. The chosen lakes for this objective are Prášilské, Laka, Čimice and Labiště pod Opočínkem. The main ambition of this work is to use software counting of interpolation methods instead of counting by hand. As much as possible interpolation methods will be used to reach the most accurate outcome and to set the most feasible method for each lake. The same interpolation methods will be used for each bathymetric profile, but one suitable method is not supposed to be found for all the types of lake basins.

**Keywords:** Interpolation, bathymetric profile, lake basins

# OBSAH

<b>1 Úvod</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Obecná charakteristika jezer</b> .....	<b>7</b>
2.1 Glaciální jezera .....	7
2.2 Fluviální jezera .....	8
2.3 Antropogenní jezera .....	8
<b>3 Přehled použitých pojmů</b> .....	<b>10</b>
3.1 Jednotlivé metody interpolace v softwaru ArcGis .....	10
<b>4 Metodika</b> .....	<b>12</b>
4.1 Terénní mapování .....	12
4.2 Počítačová interpolace .....	13
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>15</b>
5.1 Prášílské jezero .....	15
5.1.1 Výpočet interpolace .....	15
5.1.2 Porovnání s ruční interpolací .....	20
5.2 Plešné jezero .....	22
5.2.1 Výpočet interpolace .....	22
5.2.2 Porovnání s ruční interpolací .....	27
5.3 Jezero Laka .....	29
5.3.1 Geografické zvláštnosti jezera Laka .....	29
5.3.2 Výpočet interpolace .....	30
5.3.3 Porovnání s ruční interpolací .....	35
5.4 Jezero Labiště pod Opočínkem .....	37
5.4.1 Výpočet interpolace .....	37
5.4.2 Porovnání s ruční interpolací .....	41
5.5 Čimické jezero .....	43
5.5.1 Výpočet interpolace .....	43
<b>6 Diskuse</b> .....	<b>47</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>48</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>49</b>
<b>SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ</b> .....	<b>61</b>

# 1 Úvod

Jezerní pánve byly zatím vždy interpolovány ručně a jelikož softwary v oboru geografie jdou rychle kupředu, je tedy nutné začít zpracovávat data z terénu jinak než ručním způsobem. Z tohoto důvodu bylo vybráno 5 odlišných typů jezer, aby mohla být nalezena vhodná interpolační metoda a data bylo možné použít i k pozdějšímu zpracování.

Není zrovna častý jev, aby bylo více typů jezerních pánví pohromadě v jedné lokalitě. Přesto by se dalo říci, že tato práce se bude věnovat především šumavské lokalitě, jelikož jezero Čimice leží v jejím předhůří. Jediné Labiště pod Opočínkem vybočuje z vymezené lokality a to jen proto, že na Šumavě nenajdeme žádné fluviální jezero. Tato práce se zaměřuje na více typů jezer, konkrétně ledovcových, fluviálních, antropogenních a jezer zarůstajících rašelinou.

Podkladová data jsou brána z jednotlivých měření během let 1994 až 2005, pouze jezero Plešné bylo mapováno později, konkrétně letos v červnu. Bylo to především proto, aby se tato práce opírala o vlastní terénní měření a nevycházela pouze z dat, které byly naměřeny dříve někým jiným. Plešné jezero bylo vybráno hlavně z důvodu starších dat. Na všech jezerech byla prováděna podrobná měření batymetrická a půdorysná.

Data budou zpracována softwarem ArcGis, se snahou využít všechny interpolační metody, které tento program nabízí. Nabídka interpolačních metod tohoto softwaru je široká a vzhledem k tomu, že vyžaduje před samotným výpočtem zadání více parametrů, je předurčena k lepším a přesnějším výsledkům než v případě ruční interpolace. Samotné zpracování podkladových dat je náročnější, jelikož stačí zadat pouze jeden parametr jinak a celý výsledek může být rázem úplně jiný.

Po porovnání jednotlivých výsledků budou vybrány ty nejkvalitnější a bude navržena vhodná interpolační metoda pro jednotlivá jezera.

## 2 Obecná charakteristika jezer

### 2.1 Glaciální jezera

V České republice se nachází celkem pět jezer ledovcového původu, přičemž většina jich je situována v centrální části Šumavy (Mechové jezírko leží v Krkonoších). Jsou to pozůstatky po ústupu svahových ledovců würmského stáří, v té době obklopující temena a úbočí některých nejvyšších hor tohoto pohoří. Z výzkumu šumavských ledovcových jezer vyplývá, že všechna mají stejnou modelaci – jezerní stěnu, jezerní pánev a jezerní potok, jsou hrazeny morénovými valy, různě rozšířenými, které v několika obloucích uzavírají jezerní oblast. Nejspodnější moréna je zpravidla vzdálená několik set metrů od centrální části jezerní pánve. Střední morénový pás u všech jezer leží mezi 1 000 – 1 100 m n. m., přičemž hladina jezer se nachází ve vysokých polohách (900 – 1 100 m n. m.) pod nejvyššími vrcholy pohoří (1 300 – 1 456 m n. m.). Expozice karů, které nejsou vázány na určitou horninu, je mezi S a JV (Kunský, 1933). Z předchozího rovněž vyplývá, že jezera jsou částečně vyhloubená ledovcem (karová) a částečně zahrazená morénovým valem. S výjimkou jezera Laka se všechna ostatní vyznačují velkou hloubkou. Vedle nesporného krajinářského a estetického významu představují důležitá refugia pro ohrožené druhy vodní flóry (šídlatka ostnovýtrusná). Šídlatka se vyskytuje především v Plešném jezeře v hloubce okolo 0,5 m. Probíhá pravidelný monitoring populace. (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003).

Z pěti ledovcových jezer na území České republiky byla vybrána jezera Plešné, Prášílské a Laka, jelikož každé z nich je něčím jedinečné.

Plešné jezero se nachází v území, které je jedno z nejstarších a nejpevnějších částí Českého masívu, a které nebylo od mladšího proterozoika překryto mořskou transgresí ani postiženo vnitřní deformací hornin (Votýpka, 1981). V okolí Plešného jezera jsou zachovány kvartérní glacienní a fluviální sedimenty. Samotný kar jezera je velmi výrazně glaciálně modelovaný, leží v severovýchodním svahu Plešného. Základy karu byly vytvořeny v pleistocénu ještě před nástupem würmského ledovce, extraglaciálním zvětráváním ve vrcholové části hlavního hřebene. Teprve v niválním klimatu se zde na kratší dobu usadil ledovec, který přispěl k přehloubení, vyklizení a zahrazení nynější jezerní pánve (Vránek, Janský, 2003).

Prášílské jezero leží v silně tektonizované oblasti, jejíž východní hranicí je významná zóna prášílského zlomu směr SSZ-JJV. V okolí jezera jsou zachovány i glacienní sedimenty. Pravděpodobně v době würmského zalednění vyhloubil ledovec kar Prášílského jezera, na západní straně jezera se nachází 150 m vysoká jezerní stěna. Jezero je hrazeno přes 200 m širokou morénou S-J směru, která je snad nejzřetelnější ze všech šumavských jezer, což je umocněno odlesněním okolí jezera (Zbořil, Janský, 2003).

Jezero Laka je také jedinečné, jelikož má jako jediné z uvedených glaciálních jezer plovoucí ostrůvky. V jezeře probíhají velmi intenzivní zazemňovací procesy, v jižní části a v pruhu podél hráze je jezero značně mělké. Laka leží v dosti širokých a plochých zbytcích piedmontních plošin, jejichž rozbrázdění v okolí příliš nepokročilo. Pánev je protáhlá a

v poměru k ploše celé firnové oblasti a celkovému množství firnu je nepatrná. (Šobr, Janský, 2003)

## 2.2 Fluviální jezera

Jezera fluviálního typu se vyskytují v říčních nivách. Jejich existence je svědectvím předchozího vývoje říčních koryt, a to především v úsecích středních a dolních toků. Po výtoku z pramenných horských oblastí, kde říční toky zpravidla zahlubují svá koryta a unášejí množství plavenin, ztrácejí v podhorských oblastech svoji rychlost, ukládají unášený materiál, často překládají své koryto nebo se rozlévají do různých ramen. V dalším průběhu toku v rovinách či nížinách vytvářejí často zákruty, které během dalšího vývoje koryta zůstávají stranou od hlavního říčního proudu. Zvláště u velkých řek, unášejících značné množství plavenin, bývá vývoj říčních koryt velmi dynamický a řeky mohou přeložit svůj tok i během jednoho nebo několika období záplav. (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003)

Poříční jezera se u nás nejčastěji nacházejí v místech, kde se větší sklon říčního koryta mění na velmi pozvolný a řeka začíná vytvářet rozsáhlejší říční nivu. Přitom dochází k procesu divočení a meandrování toku, které může v konečné fázi vést až k odškrcení meandru od současného koryta vodního toku a vzniku poříčního jezera. Ta se mohou rovněž vytvořit i při jednorázové změně koryta toku např. při povodňové situaci či pouhým vybředěním vodního toku při vyšších stavech vody a její akumulaci v depresních polohách. Fluviální jezera jsou nejrozšířenějším typem přírodních jezer v České republice a vyskytují se zejména podél toku Labe (mezi Hradcem Králové a Mělníkem), ale i podél ostatních větších toků jako je Morava, Dyje a Lužnice. Poříční jezera se často vyskytují v územích zvláštní ochrany, přičemž bývají chráněny jako přírodní památky, ale i národní přírodní rezervace. Mezi nejznámější patří národní přírodní rezervace Libický luh, Polanská niva, Křivé jezero a další. Vesměs se jedná o ochranu ohrožené mokřadní a vodní vegetace a organismů často vázaných na ekosystém lužního lesa. Mnohá mrtvá ramena jsou též významnými ornitologickými lokalitami. (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003).

Pro účely této práce bylo zvoleno jezero Labiště pod Opočínkem z nejhojnější oblasti fluviálních jezer v České republice – nivě řeky Labe.

## 2.3 Antropogenní jezera

Antropogenními jezery můžeme nazývat všechny vodní plochy, které vznikly v důsledku činnosti člověka. Jedná se o vodní díla vybudovaná za účelem určitého využití či jezera vzniklá jako důsledek těžební činnosti. Jsou to jezera mnohdy neprávem opomíjená a vzhledem k vysoké kvalitě některých důlních a lomových vod by mohla být v budoucnu efektivněji využita, např. k vodohospodářským či rekreačním účelům. Nezanedbatelný je rovněž i jejich ekologický význam, kdy až na výjimky pozitivně ovlivňují své okolí. (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003).

Antropogenní jezera je potřeba dělit do kategorií z hlediska jejich velké variability. Vzhledem k výběru převažující šumavské lokality pro tuto práci, bylo vybráno jako vhodné antropogenní jezero Čimice (někdy nazývané Žichovické jezero). Jedná se o jezero vzniklé těžbou vápence a díky tomu je morfometrie pánve závislá na způsobu těžby. Podle rozdělení (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003) spadá do skupiny jezer vzniklých těžkou vápence, břidlic a drob.

Tuto skupinu jezer nalezneme v lomech, v nichž se těží zpevněné sedimenty mořského původu, kterými jsou nejčastěji vápence, břidlice a droby. Tyto horniny se sice liší svou barvou a základními fyzikálními a chemickými vlastnostmi, ale lomové vody se shodují v několika parametrech. Jezera jsou si podobná svou velikostí, která často dosahuje úctyhodných rozměrů, hloubkou, která může dosahovat až několika desítek metrů a barvou a průhledností jezerních vod. Nejznámější jezera vázána na vápence se nalézají v lomech Velká a Malá Amerika u Mořiny na Karlštejnku, podobná jezera menších rozměrů však najdeme i na jiných místech v Českém krasu. Další jezera se vyskytují už spíše výjimečně v čočkách krystalických vápenců u Rabí, Hejnic a v druhohorních vápencích severně od Valašského Meziříčí. Pro modravé až zelenavé zabarvení vody a mimořádnou průhlednost až několik metrů jsou jezera, podobně jako zatopené pískovny, vyhledávaná především k rekreaci. Kvalita vody některých jezer je však natolik dobrá, že by se dala využít k vodárenským účelům pro sídla v nejbližším okolí. Jediným zjevným nežádoucím faktorem je přítomnost velkého množství vápenatých solí, které se projevují ve vysoké tvrdosti vody. Jezera jsou převážně oligotrofní s výskytem jen několika menších druhů ryb a korýšů. Vzhledem k uvedeným charakteristikám by bylo zapotřebí alespoň některá z nich ochránit před masovou rekreací, která s sebou přináší eutrofizaci a tím i znehodnocení kvalitní vody (Hrdinka, Janský, Šobr, 2003).

### 3 Přehled použitých pojmů

*Interpolace* - předpovídá hodnotu buňky výstupního rastru z hodnot vstupních bodů. Může být použita pro zjištění pravděpodobné hodnoty dané veličiny v místě, pro které nejsou dostupná data. Základním předpokladem je, že interpolovaná veličina se šíří v prostoru spojitě bez výrazných diskontinuit; výsledkem je spojitý rastr. Další nutnou podmínkou je relativně rovnoměrné rozložení vstupních bodových dat.

*Pixel* – základní informační jednotka, nejmenší jednotka digitální rastrové grafiky.

Rastr- systém pod určitým úhlem protínajících se čar, které ohraničují jednotlivé buňky (pixels).

*Rastrový model* – definuje hodnotu sledovaných jevů v konkrétních polohách prostoru. Objekty jako takové neexistují, je zaznamenán atribut, který vyjadřuje stav v této poloze.

*Semivariogram* - základní geostatistický nástroj pro vizualizaci, modelování a využití prostorové autokorelace regionalizované proměnné. Jak vyplývá z názvu, semivariance je míra variance.

*TIN (Triangulated irregular networks)*

1. Trojúhelníková (triangulated) – TIN je reprezentován povrchem, jež je tvořen trojúhelníky, které byly vytvořeny triangulací

2. Nepravidelná (irregular) – trojúhelníky jsou tvořeny třemi body, které leží v jejich vrcholech a jsou nepravidelně rozmístěné.

3. Síť (network) – každý trojúhelník má v sobě uloženy informace o sousedním trojúhelníku. Vytváří tak trojúhelníkovou síť.

*Vektor*- úsečka, která v digitální databázi propojuje dva body s danými souřadnicemi.

*Vektorový model* – používá k vyjádření geometrických dat tři základní tvary: body, linie, plochy. Vektorový model zrcadlí takové chápání reálných objektů v prostoru, kdy objekty samy definují prostor, který zaplňují, a prostor mimo ně definovaný není.

#### 3.1 Jednotlivé metody interpolace v softwaru ArcGis

*IDW (Inverse Distance Weighted, vážená vzdálenost)* - interpolační metoda, kde interpolovaná hodnota buňky je vypočítána z hodnot bodů ležících v určené vzdálenosti od středu kružnice (vyhledávací poloměr). Předpokládá se, že vliv na interpolované hodnoty každého naměřeného bodu se vzdáleností klesá.

*Kriging (geostatistická metoda)* - vychází ze zjištění, že prostorová variabilita řady geoprostorových prvků je příliš nepravidelná, než aby mohla být modelována pomocí vyhlazovacích matematických funkcí. Základ spočívá v nalezení průměrné hodnoty změn v závislosti na změně vzdálenosti mezi měřenými body – vyhodnocování strukturálních funkcí. Je tedy možnost výběru modelu semivariogramu a jeho parametrů.

*Natural neighbor (nejbližší soused)* - metoda je založena na principu, že okolo každého hledaného bodu se vytvoří trojúhelník ze tří nejbližších naměřených hodnot (*Delauneyovská triangulace*, hledání konvexní obálky) a z těch se na základě vzdálenosti vypočítá hledaná hodnota. Tato metoda je velice efektivní, pokud jsou naměřené hodnoty rozmístěny pravidelně.

*Spline* - jedná se o interpolaci vektorových bodových dat metodou minimální křivosti. Je to matematické funkce, které vytváří plochu s minimálním zakřivením povrchu. Do funkce vstupuje parametr - počet vstupních bodů. Čím více vstupních bodů zvolíme, tím větší vliv na interpolovanou hodnotu budou mít vzdálené body a tím plynulejší bude povrch. Typické je pro tuto metodu, že:

- využívá matematicky definované křivky,
- interpolovaný povrch musí procházet vstupními body a jeho zakřivení bude minimální,
- je nevhodná pro povrch s náhlými výraznými změnami.

*Topo to raster* – kombinuje výpočetní přesnost lokálních interpolačních metod jako IDW a prostorovou kontinuitu globálních interpolačních metod, jakými jsou Kriging nebo Spline. Algoritmus je primárně přizpůsoben pro práci s vrstevnicovými daty a základní úvaha vychází z předpokladu, že hlavním faktorem, který modeluje tvar terénu, jsou hydrologické procesy. Podle typu interpolace se jedná o diskrétní spline metodu s modifikací kritéria „*roughnesspenalty*“, která dovoluje modelovat náhlé změny v reliéfu terénu. Byl specificky navržen pro vytvoření hydrologicky korektního DMT (digitální model terénu).

*Trend* - tato metoda je používána spíše k získání dat, u kterých existuje určitý prostorový trend, než k vytváření povrchových modelů. Trend povrchy mohou být použity k popisu a odstranění hrubých rysů z datových sad. Protože výsledný povrch je ideální matematický model, je velmi hladký a zbaven lokálních detailů. Trend pro výpočet používá polynomickou funkci, přičemž přizpůsobuje povrch bodům použitím polynomické regrese.

Vlastnosti trend:

- polynomická funkce proložená vybranými body v sousedství,
- citlivé na volbu velikosti sousedství,
- interpolovaný povrch nemusí procházet vstupními body.

Zdroj: ŠTYCH, Přemysl, et al. *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. 2008. vyd. Praha : [s.n.], c2008. 178 s.

## 4 Metodika

### 4.1 Terénní mapování

Základem je zmapování břehové linie, po které následuje měření hloubek podél vytyčeného profilu. Dříve se používal teodolit pro měření úhlů, pásmo pro měření délek a olovnice pro měření hloubek (Švambers 1912, Kuchař 1947), v současné době se používají modernější přístroje – totální geodetická stanice a sonary. Pro měření břehové linie je vhodné zřídit základní polygonové body, na kterých bude možno umístit teodolit nebo totální stanici s výhledem na ostatní body. Je důležité vhodně zvolit rozmístění jednotlivých profilů, tak aby rovnoměrně pokryly plochu jezera a výsledky měly odpovídající hodnotu. Měření probíhá pomocí totální geodetické stanice s vnitřní pamětí, ze které jsou poté výsledky převedeny do počítače pro další zpracování. Pracnější způsob zaměření břehové linie je mapování ortogonální metodou. Ta využívá polygonového pořadu a pravoúhlých souřadnic. Tato metoda byla využita při měření jezera Laka (1999), Prášílské (1994) a Plešné (1999). Polygonové body je třeba pečlivě volit, při větším počtu bodů totiž narůstá riziko chyby a při měření musí být vidět na sousední dva body, aby byly zajištěny správné výsledky.

Na stejných jezerech byly také měřeny horizontální úhly a to pomocí teodolitu, délková měření se prováděla pásmem. Při měření se využilo i geodetické totální stanice, které zaměřila body na břehové linie jezera. Pro mapování totální stanicí je třeba znát souřadnice alespoň jednoho trigonometrického bodu v okolí, pokud v okolí žádný není, lze použít k určení zeměpisných souřadnic přístroj GPS, vzhledem k tomu, že je nutné naměřené hodnoty zadat do totální stanice, nastane občas chyba popř. odchylka od výsledku, z důvodu převodu souřadnic. Další metoda je založení místního souřadného systému, kdy se za  $x$  a  $y$  dosadí hodnota nula a za hodnotu nadmořské výšky se buď zvolí skutečná nebo také nulová. Po nastavení souřadného systému je možné přejít k samotnému měření polohopisu. Pokud jsou správně zvoleny body, je možné zaměřit celou vodní plochu pomocí pár bodů. V případě, že se na břehové linii nachází nepřístupné místo (strmé skály apod.), lze měřit pomocí viditelné laserové stopy. Použití laserového paprsku je limitováno vzdáleností od překážky. Tímto způsobem bylo zmapováno jezero Čimice.

Měření hloubek probíhá pomocí echolotu. Dříve se využívala olovnice, ale takový způsob měření byl časově velmi náročný. Přesnost měření echolotem závisí na měřené hloubce, pokud se jedná o hodnoty do 50 m, tak je přesnost 10 cm, což pro následnou interpolaci bohatě postačuje. Echolot funguje na principu odrazu vysílaných vln. V okamžiku, kdy vlna narazí na dno, odrazí se zpět a její hloubka je zaznamenána. Při měření je nutné dbát na to, aby sonda echolotu byla neustále ponořena pod vodou a její spodní plocha, ze které vychází vlnění, musí být vodorovně s vodní hladinou. V případě, že není toto zajištěno, přístroj nebude měřit přesně.

Samotné mapování hloubek probíhá podél příčných profilů, které jsou vytyčeny mezi jednotlivými body zaměřenými na břehu. V praxi to znamená, že se natáhne šňůra, na které jsou jasně umístěny značky v pravidelném intervalu. Vzhledem k velikosti jezer byl na všech jezerech zvolen interval měření po 5 m. Na echolotu se u vyznačených míst odečítají hodnoty,

keré se zapisují popř. ukládají do vnitřní paměti echolotu. Dále je třeba kontrolovat, aby rychlost člunu byla úměrná rychlosti změn hloubky na displeji. Nad rovným dnem je možné se pohybovat rychleji než v oblastech s větší členitostí. Echolot má vždy nepatrné zpoždění, které je dáno zpracováním signálů ze sondy a jejich zobrazením na displeji. V místech s malou hloubkou nepracuje echolot správně, je proto nutné změřit hloubky ručně, nejlépe pomocí cejchované latě, která je opatřena patkou, čímž zabraňuje jejímu proniknutí do bahnitého dna (Česák, Šobr, 2003).

Jezero Plešné bylo měřeno opakovaně letos v červnu. Měřily se však pouze jednotlivé hloubky v profilech, břehovou linii poskytla firma Georeal, která ji zmapovala pomocí GPS v roce 2008. Výsledek byl velmi kvalitní, stačilo tedy jednotlivé body zasadit do břehové linie. Ostatní jezera byla zmapována dříve a data byla připravena k počítačové interpolaci.

## 4.2 Počítačová interpolace

Zdrojová data, kromě jezera Plešného, které bylo nutné zpracovat přímo z naměřených hodnot, byla již upravena pro práci v jednotlivých softwarech, chyběl jim však souřadný systém. Naměřené hodnoty z Plešného jezera byla přepsána do excelovské tabulky a poté uložena ve formátu .dbf4, aby bylo možné s nimi pracovat v softwaru ArcGis. Zakreslení profilových bodů na Plešném jezeře bylo náročnější, k dispozici byly pouze fotografie jednotlivých bodů a hrubý náčrt profilů.

Ostatní podkladová data byla uložena ve formátu .mxd, který je určen pro MapInfo, proto bylo nejprve nutné data převést do programu ArcGis. Jelikož data neměla přiřazený žádný souřadný systém, byl převod poněkud složitější. Nástroj universal translator v programu MapInfo upravil část dat do vhodného formátu pro ArcGis. Bylo možné takto převést pouze obrysové linie jednotlivých jezer, tabulky s podrobnějšími údaji bylo nutné znovu vytvořit. Nástroj Spatial adjustment pomohl datům přiřadit správný souřadný systém (S-JTSK Krovak East North). Tímto byly zakresleny jednotlivé obvodové linie jezer. Ze zdrojových dat a podkladových obrázků (exportovaných map do formátu .jpg) bylo možno k jednotlivým liniím přiřadit body, ze kterých se prováděla batymetrické měření.

Pro lepší orientaci a snadnější zpracování byla vytvořena pro každé jezero vlastní geodatabáze, která obsahovala vrstvu bodů a linií. Další kroky probíhaly výhradně přes nástroj editor. Nejprve byly propojeny jednotlivé body zájmu liniemi a následně pomocí funkce divide byly linie rozděleny po 5 m a byly na nich v tomto intervalu vytvořeny nové body, tak aby k nim mohly být přiřazeny jednotlivé naměřené hodnoty hloubek. Díky kvalitnímu terénnímu mapování je možné takto získat velmi hustou síť bodů a následná interpolace poté dosahuje lepších výsledků.

Výpočet interpolace se nachází v menu ArcToolbox pod záložkou Spatial Analyst Tools, v sekci Interpolation. Interpolace jsou spočítány pro obdélníkovou oblast, která je větší než dané jezero. Výsledek je zobrazen v rastrové podobě a ten není příliš kvalitní pro mapové zpracování. Pro kvalitnější výsledek je nutné převést rastr na vektor, v tomto případě byl využit formát TIN.

Převod do vektorového formátu se nachází v ArcToolbox/3D Analyst Tools/Conversion/From Raster/Raster to TIN. Před samotnou transformací je třeba nastavit správnou rastrovou vrstvu, Z Tolerance na malou hodnotu (podle vstupního rastru do 0,5) a Maximum numbers of point zvolit větší než program nabízí, z důvodu přesnějšího výsledku. V průběhu práce se osvědčila hodnota Maximum numbers of point okolo 15 000 000, výsledky byly potom velmi kvalitní.

Převod byl proveden pro celou oblast, nyní je třeba vyříznout samotné jezero. Záložka pro tuto úpravu se jmenuje Edit TIN, kterou najdeme v ArcToolBox/3D Analyst Tools/TIN Creation. Kromě vyříznutí zájmového území můžeme přes tuto funkci upravovat celý TIN. Pro správný výsledek je třeba nastavit jako okraj polygon jezera a ne pouze jeho břehovou linii. K tomuto účelu slouží tabulka, která se zobrazí po otevření záložky Edit TIN, je třeba zde vyplnit údaje o vrstvě, podle které budeme ořezávat. Je nutné nastavit height\_field a tag\_field na none a sloupec SF\_type na softclip. Pokud by ve sloupci height\_field bylo cokoli zadáno, úprava zájmového území by neproběhla správně. Jediná stinná stránka transformace je, že TIN není zobrazen se souřadným systémem, jelikož všechny rastrové (původní) mapy jsou zobrazeny se souřadným systémem S-JTSK Krovak EastNorth. TIN podporuje mnoho souřadných systémů, tento však mezi ně nepatří. Takže podkladová data v rastrové podobě mají souřadný systém, výsledné mapy nikoliv. Na konečné mapě se to neprojeví, ale další práci je lepší provádět s rastrovou vrstvou a poté transformovat do TINu, zaručí se tím správná poloha objektu v souřadném systému.

Nyní je již možné s výsledkem bez problému pracovat. Pro účely této práce byly výsledky interpolace rozděleny do intervalů, tak aby co nejlépe vystihly skutečný batymetrický profil. Jako vhodná klasifikace se jeví Natural breaks (Jenks), jelikož se nejvíce přibližuje skutečnosti. Ve výjimečných případech byla tato klasifikace upravena ručně (změna intervalů hloubnic), ale většinou byla ponechána. Jednotlivé typy interpolací jsou porovnány níže a jsou rozděleny podle jednotlivých jezer.

Software ArcGis dokáže na základě údajů, spočtených interpolací, vypočítat objem jezera. Jelikož výsledná mapa je v podobě TINu, byla zvolena funkce TIN Polygon Volume, která se nachází v 3D Analyst Tools/TIN Surface/TIN Polygon Volume. Před samotným výpočtem je nutné přidat do tabulky polygonu jezera další sloupec, do kterého vepíšeme největší hloubku. Pro výpočet zvolíme TIN, který byl zvolen jako nejvhodnější pro dané jezero. V kolonce Input Feature Class vybereme polygon jezera a za Height Field dosadíme sloupec s maximální hloubkou jezera. Výsledek se uloží do tabulky polygonu jezera. Výsledek je spočten v m<sup>3</sup> a je uveden v přehledné tabulce u každého jezera, spolu s procentuálním zastoupením jednotlivých hloubkových stupňů. Výsledky byly porovnány s prací (Zbořil 1994, Vránek 1999, Janský, Šobr, Kocum, Česák 2005).

## 5 Výsledky

### 5.1 Prášilské jezero

Jedná se o karové ledovcové jezero, které leží v západní části České republiky, na jižním okraji Plzeňského kraje na území NP Šumava. Nejbližší obcí je Slunečná, která je vzdálena přibližně 3,5 km. Prášilské jezero se nachází v karu zahloubeném v rule a žule prášilského masivu ve východním svahu severního výběžku Polední hory (1 315 m n. m.). Hladina jezera leží podle mapy 1:10 000 ve výšce 1 079 m n. m., podle podrobné turistické mapy 1:50 000 z roku 1991 ve výšce 1 080,4 m n. m.

Prášilské jezero leží v horní levostranné části povodí Jezerního potoka, který spolu s Prášilským potokem vytváří pravý přítok řeky Křemelné. Jedná se o povodí protáhlé ve směru J-S. Západní část rozvodnice je současně rozvodím mezi Prášilským a Jezerním potokem a je tvořeno hřbetem mezi Poledníkem (1 315 m n. m.) a Skalkou (1 238 m n. m.). Celé povodí pak leží na východním svahu tohoto hřbetu. Jezero patří k úmoří Severního moře (Zbořil a Janský, 2003).

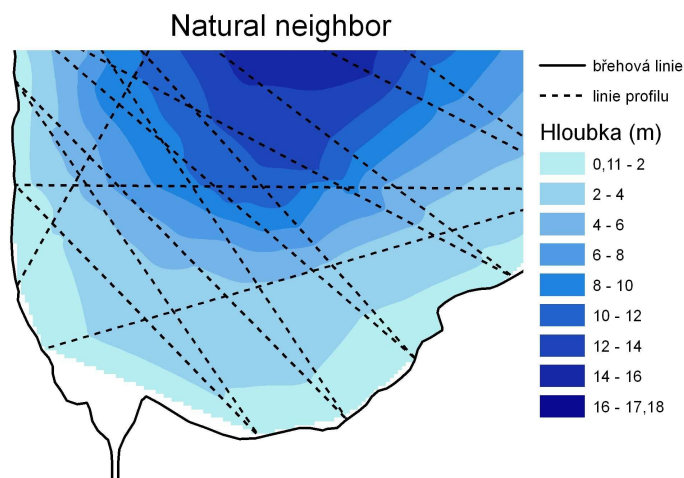
Okolí jezera tvoří les, který byl po vichřici v 19. století obnoven, ale v druhé polovině 20. století byl znovu oslaben oxidy dusíku a síry v ovzduší a působením ostatních vlivů (vítr, kůrovec) podlehl na přelomu 90. let. Část porostů byla ponechána samoobnově (v jezerním karu), ostatní přilehlé plochy jsou vysázeny s upřednostněním listnatých přimíšených dřevin, které by do budoucna měly být stabilizujícím prvkem těchto porostů. Prášilské jezero je jediné, kde přežil velký zooplankton (korýši – buchanky i perloočky). Jejich přežití bylo umožněno zřejmě nižší koncentrací škodlivého hliníku v porovnání s ostatními jezery. Díky jejich přítomnosti a jejich sezónnímu rozvoji dochází k podstatným změnám v druhovém složení jezerního společenstva. Po namnožení perlooček dochází k odfiltrování vláknitých mikroorganismů a na jejich místo okamžitě nastupují řasy. Ryby se však v tomto jezeře nevyskytují. Prášilské jezero bylo využíváno k plavení dřeva. Dokladem toho je kamenná hráz s dobře patrnou výpustí. Hráz byla obnovována v roce 1883, kdy byla hladina o 2-3 m níže.

#### 5.1.1 Výpočet interpolace

Batymetrické mapování zde proběhlo v roce 1994 (Aleš Zbořil, 1994). Společně s měřením hloubek byla zakreslena břehová linie, podkladová data jsou tedy kompletně z této doby. Bylo celkem zaměřeno 33 profilů a 35 profilových bodů na břehové linii. Největší naměřená hloubka měla hodnotu 17,18 m.

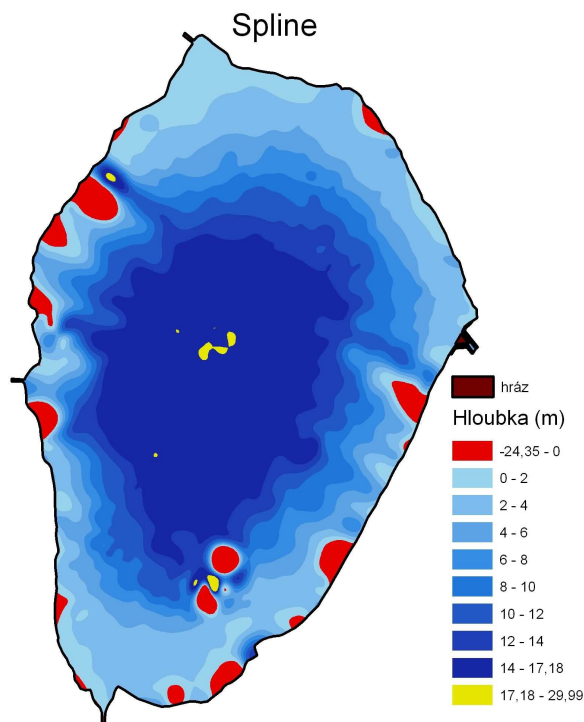
Interpolace Natural neighbor vykreslila hloubnice pouze po hranici jednotlivých hloubkových profilů, ani po opakovaném nastavení se nepodařilo výsledek změnit. Ale oproti ostatním jezerním pánvím, se v případě Prášilského jezera jednalo pouze o jižní oblast (viz obr. 1), místa odtoků a severovýchodní okraj jezera. Tato metoda také dokázala bez problému vykreslit místa s největší hloubkou, která se nachází v prostřední části jezera. Vzhledem

k tomu, že tato metoda nedokáže zobrazit výsledek pro celou oblast zájmu, není interpolace Natural neighbor vhodná pro Prášilské jezero.



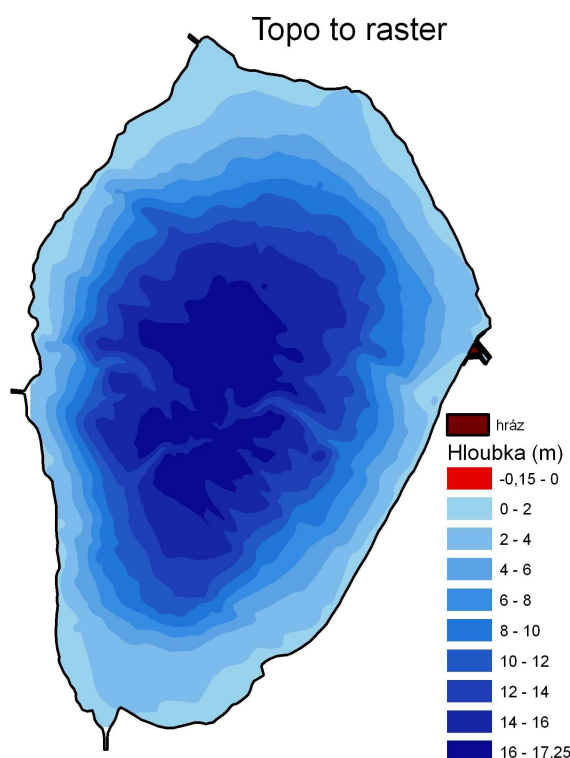
**Obr. 1 Prášilské jezero – jižní část, metoda Natural neighbor**

Jako další byla použita metoda Spline. Ta již neměla problémy s výpočty do krajů jezera, ale výsledek na první pohled vypadal nereálně, jelikož největší hloubky zasahují místy až k okrajům jezera. Tomu také odpovídá rozpětí hodnot od -24,35 m do 29,98 m (viz obr. 2). Místa s nejmenší hloubkou sice odpovídají realitě, ale okraje jednotlivých hloubnic jsou chaotické a místy se objevují lokální oblasti hloubek. Vykreslení hloubkových stupňů tímto způsobem je chaotické a neodpovídá skutečnosti, proto tato interpolační metoda nemůže být použita pro batymetrickou mapu Prášilského jezera.



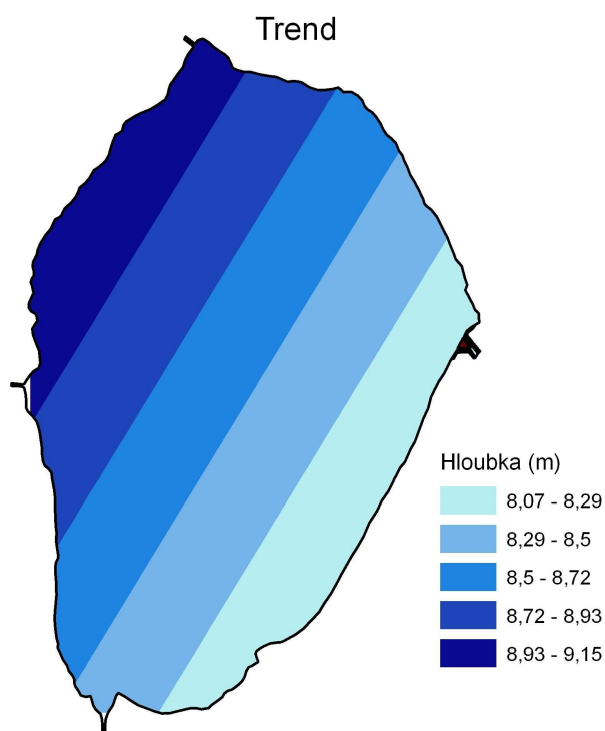
**Obr. 2 Prášilské jezero interpolováno metodou Spline**

Podobných výsledků jako metoda Spline dosahuje i Topo to raster. Přejechy mezi hloubkami jsou plynulé, ale jednotlivé vymezení intervalů není pravidelného tvaru. Největší hloubky nemají oválný jako v předchozím případě (viz obr. 3). Zato rozpětí hodnot se už přiblížilo skutečnosti, Topo to raster počítá s hodnotami mezi -0,15m a 17,25 m. Místa se zápornou hloubkou nejsou již tak rozsáhlá, nacházejí se pouze v ústí v severní části jezera. Opět chybí malá místa u západního a jižního ústí s vypočtenými hodnotami. V tomto případě se nejspíš nejedná o problém funkce, jako spíš o vymezení obdélníku, se kterým tato metoda od začátku počítá. Z více důvodů, výše popsaných, není tato metoda vhodná k zobrazení hloubek Prášilského jezera.



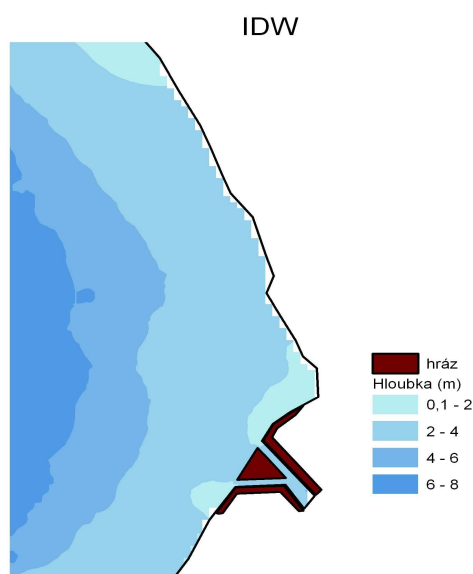
**Obr. 3 Prášilské jezero, metoda Topo to raster**

Metoda Trend dosáhla u všech jezer podobných výsledků, vzhledem k její definici (viz Jednotlivé interpolace v softwaru ArcGis) není určena k zobrazování povrchových modelů. Po výpočtu nevzniknou místa s největšími a nejmenšími hloubkami jako v předchozích případech, ale pouze vzniknou pruhy, které absolutně neodpovídají skutečnosti viz obr. 4.



**Obr. 4 Prášilské jezero, metoda Trend**

Poslední dvě metody IDW a Kriging dosáhly na první pohled podobných výsledků, ale při bližším pohledu je patrné, že v případě metody IDW vznikla bílá místa na mapě, jedná se především o okrajové oblasti podél celé břehové linie. I přesto, že byla metoda IDW převedena do vektorového formátu, tak její okraje jsou rastrového charakteru, pravidelně hranaté, a právě z tohoto důvodu není interpolace vykreslena pro celé zájmové území viz obr. 5. Jednotlivé hloubkové stupně jsou plynulé a spojitější než jak tomu bylo v případě Topo to Raster. Další nevýhodou této funkce je, že výpočet probíhá oproti ostatním velmi dlouho. Zatímco metoda Kriging provede výpočet do 1 minuty, metodě IDW to trvá i 20 minut. Pro všechny tyto nedostatky není možné IDW použít pro výslednou mapu jezerní pánve.



**Obr. 5 Prášilské jezero – východní část u hráze, metoda IDW**

Interpolace Kriging dosáhla podobných výsledků jako IDW, ale v lepší kvalitě. Nevznikla zde prázdná místa podél břehu, hrany jednotlivých hloubek jsou plynulejší. Jediným problémem byl vznik malých oblastí lokálních hloubek. Tento problém není možné odstranit, ale není nijak závažný a proto je možné použít metodu Kriging pro vykreslení jezerní pánve Prášílského jezera.

Všechny uvedené metody měly problémy se zájmovým územím, především s ústím jednotlivých potoků a ústím u hráze. Software ArcGis počítá interpolaci pro větší území než je námi zadané, zvolí jednodušší tvar – obdélník a ten u některých metod (Topo to raster) nebyl zvolen vhodně a vznikla tak prázdná místa na mapě. Výsledek pomocí Kriging (příloha 2) má vzhledové nedostatky (cípy hloubek v místech, kde by neměly být), ale to je nejspíš způsobeno měřením, jelikož podobné problémy nalezneme i u metody IDW. Prášílské jezero je pravidelný charakter, hloubkové stupně se svažují po celé ploše jezera postupně a nejhlubší místa můžeme nalézt ve střední části jezera. Jezerní stěna leží u západního břehu a nejhlubší oblasti jsou blíže právě k západnímu okraji jezera. Batymetrický profil odpovídá karu, který zde zanechal ledovec.

Tab. 1 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (Kriging)

Hloubnice	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 2	11,64	4993,72	41478,43
2 - 4,0	11,65	4998,01	41514,06
4 - 6,0	11,64	4993,72	41478,43
6 - 8,0	11,65	4998,01	41514,06
8 - 10,0	11,64	4993,72	41478,43
10 - 12,0	11,65	4998,01	41514,06
12 - 14,0	11,64	4993,72	41478,43
14 - 16	11,65	4998,01	41514,06
16 - 17,18	6,84	2934,46	24373,92
Celkem	100	42901,40	356343,89

Tab. 2 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (IDW)

Hloubnice	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 2	11,64	4993,72	40730,43
2 - 4,0	11,65	4998,01	40765,42
4 - 6,0	11,64	4993,72	40730,43
6 - 8,0	11,64	4993,72	40730,43
8 - 10,0	11,64	4993,72	40730,43
10 - 12,0	11,65	4998,01	40765,42
12 - 14,0	11,64	4993,72	40730,43
14 - 16	11,64	4993,72	40730,43
16 - 17,18	6,86	2943,04	24004,36
Celkem	100	42901,40	349917,76

Srovnání těchto dvou metod nabízí zajímavé výsledky. Při stejné ploše jezera vychází objem větší u metody Kriging (tab. 1). Rozdíl mezi těmito interpolačními metodami činí 6 426,13 m<sup>3</sup>. Dřívější výsledky (Zbořil 1994, Šobr 1999) uvádějí objem jezera 349 920 m<sup>3</sup> a plochu 42 044 m<sup>2</sup>. Metoda Kriging má větší objem a plochu než výsledky ruční interpolací. Rozdíl v objemu je 6 423,89 m<sup>3</sup> a co se týče plochy, tak rozdíl činí 857,4 m<sup>2</sup>. Oproti tomu metoda IDW (tab. 2) je výsledkově blíže ruční interpolaci. V ploše je rozdíl pouze 662,58 m<sup>2</sup> a objem je dokonce o 2,24 m<sup>3</sup> menší.

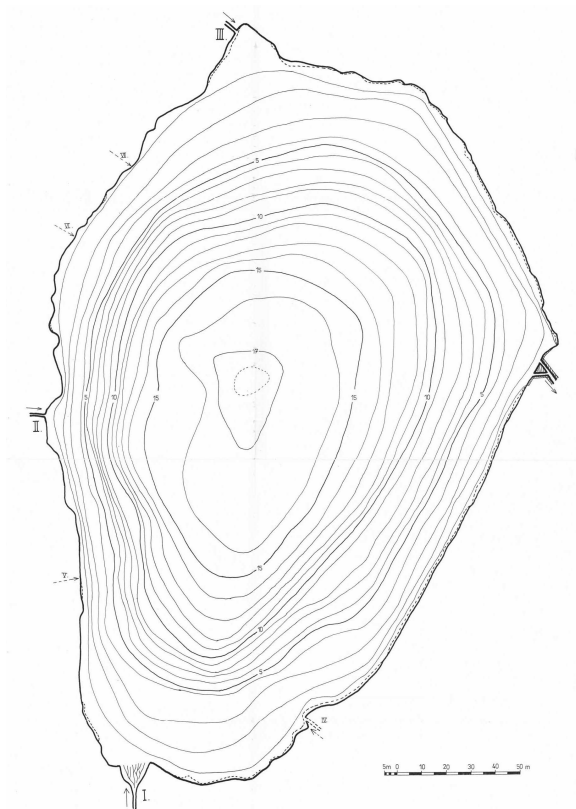
Tab. 3 Vývoj velikosti a objemu Prášílského jezera, dle jednotlivých měření

Prášílské jezero	1906 (Švambers)	1994 (Zbořil)	2009 (data 1994)
Objem (tis. m <sup>3</sup> )	274	350	356
Plocha (m <sup>2</sup> )	37200	42044	42901

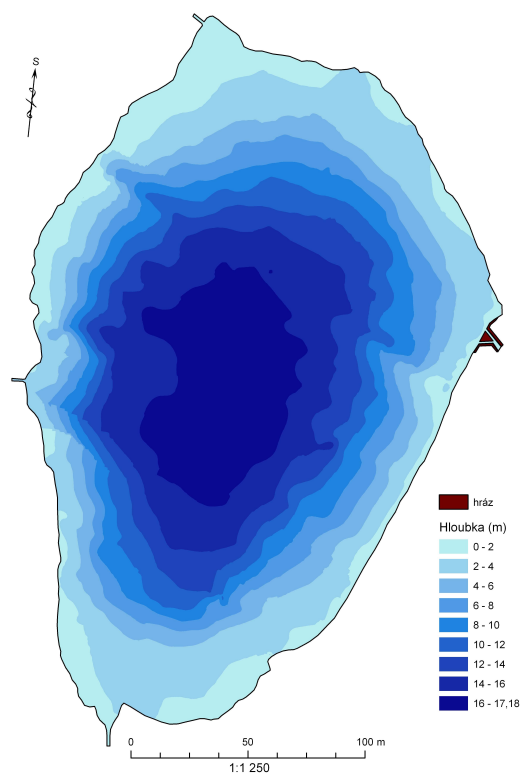
Porovnání s ještě staršími daty (Švambers 1906) nabízí také zajímavé srovnání. Jak je patrné z tabulky 3, zvětšoval se nejen objem, ale i plocha jezera. Poslední data z letošního roku jsou vypočteny na základě měření v roce 1994, ale vzhledem k tomu, že výsledek byl spočten softwarem Arcgis, tak bylo dosaženo jiných hodnot než při ruční interpolaci.

### 5.1.2 Porovnání s ruční interpolací

Výsledek ruční interpolace (obr. 6) je vzhledově hezčí, jelikož jednotlivé hloubkové stupně mají postupný charakter a jsou plynulé. Oproti tomu softwarová interpolace (obr. 7) není tolik kontinuální a hloubky jsou vykresleny s jednotlivými výstupky, které vznikly terénním mapováním. Obě mapy se shodují v zobrazení nehlubších míst jezera, mají i stejný průběh. Počítačová interpolace se matematicky přesněji, nejsou zde zahlazeny drobné výstupky. Pro další využití je pro prezentaci lepší ruční interpolace, ale co se týče faktické přesnosti, tak je vhodnější softwarová interpolace.



**Obr. 6** Mapa Prášílského jezera vypočtena ruční interpolací (Zbořil 1994)



**Obr. 7** Mapa Prášílského jezera spočtena interpolací Kriging

## 5.2 Plešné jezero

Plešné jezero leží na území Jihočeského kraje v 1. zóně ochrany NP Šumava, přibližně 7 km západně od obce Nová Pec, v karu zahloubeném v severovýchodním svahu nejvyšší hory české části Šumavy – Plechého (1 378 m n. m.). Hladina jezera leží podle základní vodohospodářské mapy 1:50 000 ve výšce 1 089,1 m n. m., podle základní mapy ČSSR 1:10 000 ve výšce 1 090 m n. m. Vzhledem ke změnám výšky hladiny v posledních letech, jak je patrné i na řadě kamenů v jezeře a na jeho březích, bylo v říjnu 1998 provedeno nové zaměření nadmořské výšky hladiny. Naměřená hodnota činí 1 087,2 m n. m., a to při stavu na vodočtu 68 cm. Výška hladiny byla změřena i v letošním roce, při zakreslování aktuální břehové linie, a činila 1086,95 m n.m.

Plešné jezero je odvodňováno Jezerním potokem, který z pravé strany ústí do Lipenské přehradní nádrže. Jezero tedy patří stejně jako Prášílské jezero k úmoří Severního moře. Protáhlé povodí se rozkládá v jihozápadní části Trojmezenské hornatiny, přičemž pramennou oblastí zasahuje na severovýchodní svah masivu Plechého (Vránek a Janský, 2003).

Povodí tohoto jezera je asi nejméně poznamenáno činností člověka, proto zde mají lesní porosty v okolí přirozenou druhovou skladbu. V minulosti bylo jezero využíváno k plavení dřeva, což mělo za následek kolísání hladiny jezera. Proto také byla vybudována umělá hráz a byla do ní zasazena stavidla, čímž se zvýšila jezerní moréna cca o 2,5 m. Díky hrázi je možné regulovat kolísání hladiny a lépe tak chránit šídlatku ostnovýtrusnou. Šídlatka stejně jako korýš skákavka se vyskytují v České republice pouze v této lokalitě a proto je kladen velký důraz na jejich ochranu. Z tohoto důvodu je problematické samotné batymetrické měření, jelikož šídlatka se vyskytuje převážně v jižní části jezera .

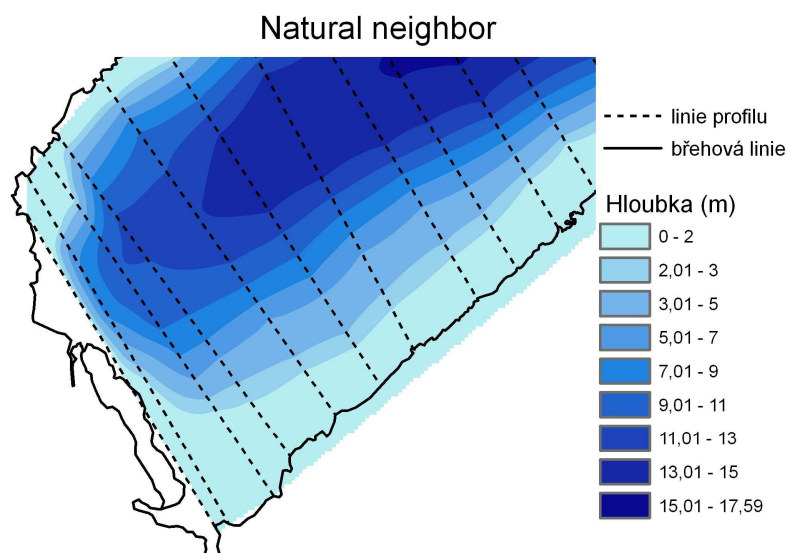
### 5.2.1 Výpočet interpolace

Opakované měření hloubek zde proběhlo letos v červnu, vzhledem k předchozímu měření, které proběhlo v roce 1999 T. Vránkem. Výsledek byl interpolován ručně a vzhledem k tomu, že nevyšel úplně ideálně, proběhlo letos v červnu nové měření, se snahou docílit lepších výsledků. Výška hladiny v době měření byla 1086,95 m n.m., což je 3,5 cm nad hranou jezera (v místě výtoku). Měření se provádělo pomocí echolotu každých 5 m podle jednotlivých profilů, celkem bylo zaznamenáno 27 hloubkových profilů (příloha 11). Největší hloubka, přes kterou probíhal jeden z profilů, byla 17,6 m. Jezero je hlavně z východní části obklopeno kameny v nízkých hloubkách, což místy znesnadňovalo měření.

Aktuální břehovou linii měřila plzeňská firma Georeal koncem roku 2008 s využitím GPS, pro účely této práce ji poskytla k dispozici. Pro přesnější určení jednotlivých profilových bodů na břehu zapůjčilo Biologické centrum AV ČR - Hydrobiologický ústav barevné ortofoto z roku 2009. Díky těmto podkladům nebylo určení profilů až tak obtížné. Stejně jako u ostatních jezer byly na jednotlivé linie vyneseny body, kterým byla přiřazena naměřená hloubka.

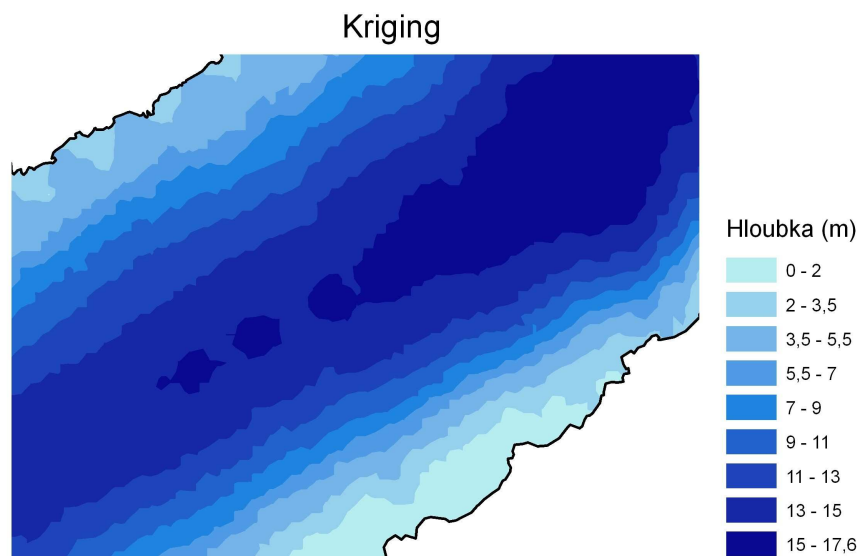
Interpolační metoda Natural neighbor dokázala spočítat pouze oblasti s naměřenými hodnotami, nedokázala dopočítat hodnoty až ke krajům, takže chybí jižní část pod posledním

profilem a severní část nad prvním profilem a dokonce i některá místa při krajích nejsou interpolována (viz obr. 8) . Ani po změně hodnoty u Output cell size nedošlo k výraznému zlepšení, výsledek se pouze stal méně přesným, ale oblast se zvětšila jen nepatrně. Proto tato metoda není vhodná pro tento typ jezerní pánve.



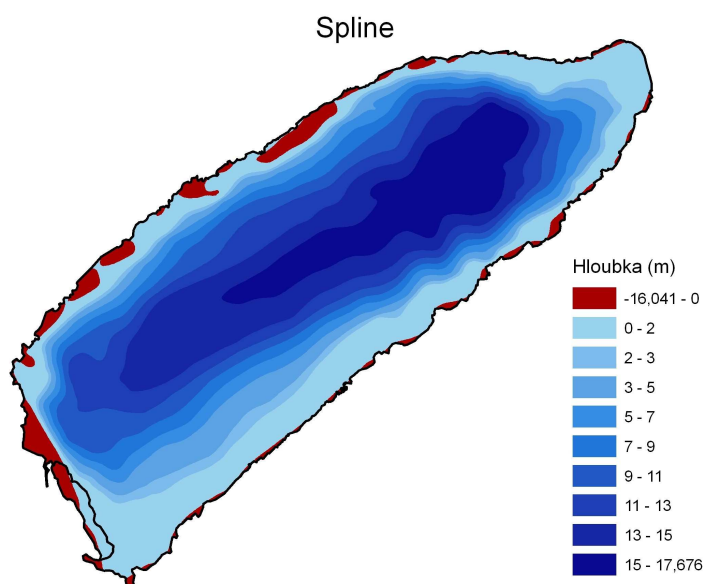
**Obr. 8** Výřez jižního okraje Plešného jezera, použitá metoda – *Natural neighbor*

Dále byla použita interpolace metodou Kriging. V původním nastavení, které se nabízí automaticky, nedokáže tato metoda spočítat jižní okraje jezerní pánve. V případě, že se v Environment settings, v záložce General settings zvolí jako Extent obrysová linie jezera, je interpolace spočítána až do krajů. Přechody mezi jednotlivými hloubkovými stupni nejsou postupné, neodpovídají příliš realitě, stává se totiž, že některá místa, která mají stejnou hloubku, nejsou propojena, případně vznikají velmi malé ostrůvky osamocených hloubek. Ty tam však vůbec nepatří a díky tomu mapa působí nespojitě. Pro odstranění tohoto problému je třeba nastavit jinou hodnotu Output cell size. Po převodu do vektorového modelu je možné mapu upravit a výsledek je již mnohem lepší. Při okraji západního břehu vznikly malé zátoky s nižší hloubkou. Po přiložení vrstvy profilů je možné vidět, že je to způsobeno údaji získaných během měření. Zátoky jsou totiž na místech, kde probíhaly jednotlivé linie měření. Nejhlubší místo je podle metody Kriging na severní straně jezera, blíže k hrázi. Jednotlivé hloubkové stupně mají „kostřbatější“ okraje, jsou spočteny čistě matematicky – mají ostré hrany a nejdou upravit na plynulejší verzi. Vzhledem k tomu, že největší hloubky zakresluje nespojitě (viz obr. 9), jižní konec nehlubších míst jezera je doslova rozdělen na dvě části a přechody mezi hloubkami jsou ostré, není tato metoda vhodná pro interpolování Plešného jezera.

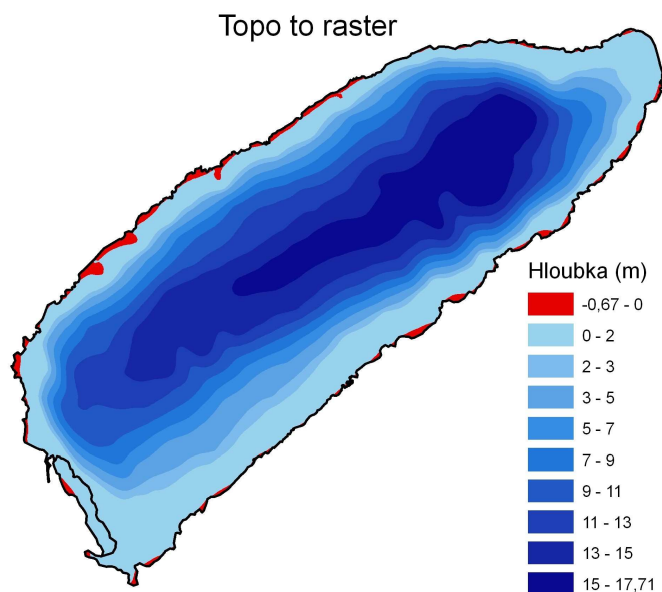


**Obr. 9** Plešné jezero – střední část, oblast největších hloubek, metoda Kriging

Další dvě metody, které přicházejí v úvahu jsou Spline a Topo to raster. Jsou si výsledky velmi podobné, ani jedna z nich neměla problém spočítat interpolaci pro celé zájmové území. Na pěkný výsledek navíc stačí pouze přednastavené parametry. Bohužel metoda Spline (obr.10) uvádí výsledné hodnoty hluboce pod nulou, i když zdrojová data nejsou záporná. Jedná se o poměrně velké oblasti, obzvlášť v jižní a západní části jezera. Stejnou chybu vykazuje i Topo to raster (obr. 11), ale jde „pouze“ o záporné hodnoty do  $-0,63$  m, které jsou především v okrajových oblastech. I přesto výsledek působí spojitě a kdyby nebylo záporných hodnot dal by se použít. Tento problém bohužel nelze ani po několika různých změnách nastavení odstranit. Proto ani tyto dvě metody není možné použít pro mapování této jezerní pánve.

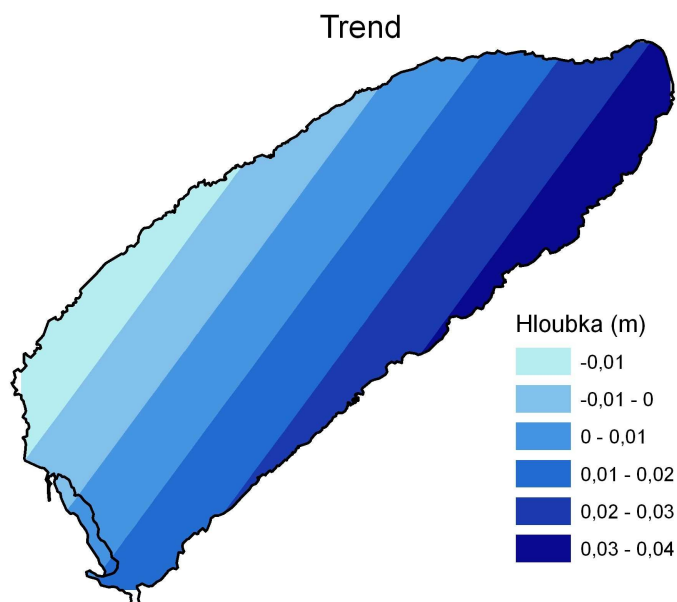


**Obr. 10** Plešné jezero zobrazeno metodou Spline



**Obr. 11** Plešné jezero, interpolace *Topo to raster*

V nabídce interpolačních metod je i metoda Trend, ale jak bylo řečeno výše, není vhodná k vytváření povrchových modelů. Po výpočtu nevznikla interpolovaná mapa jako v předchozích případech, ale pouze jednotlivé barevné pruhy (obr. 12), které neměly žádnou vypovídající hodnotu. Tato metoda není vhodná pro výpočet jakékoliv batymetrického mapy.



**Obr. 12** Plešné jezero, interpolace *Trend*

Pomocí metody IDW je dosaženo lepších výsledků, tato funkce dokáže počítat i za hranici jednotlivých linií bodů. Výsledek je spočten dobře a na rozdíl od metody Topo to Raster má výsledné hodnoty od nuly. Při práci s touto metodou je třeba zvolit za zájmové území linii břehu, aby bylo dosaženo správného výsledku. Vytváří stejné zátočiny jako metoda Kriging,

jsou dokonce výraznější, ale okraje jednotlivých hloubkových stupňů jsou hladší, plynulejší. Mapa působí vizuálně mnohem lépe než Kriging. Nejhlubší místa mají také na jižním okraji oddělenou jednu malou část, ale je není to tak výrazné jako u metody Kriging. S ohledem na ostatní metody je pro Plešné jezero interpolace pomocí IDW (příloha 4) nejvhodnější.

Vzhledově je nejlepší výsledek pomocí funkce Topo to raster, ale s ohledem na záporné hodnoty ji nelze použít. Naopak IDW možná nepůsobí na první pohled jako vhodná interpolační metoda, ale výsledek odpovídá nejpřesněji zájmovému území. Jezero má protáhlý tvar a nejhlubší místa můžeme nalézt v jeho severní části. A to i přesto, že jezerní stěna je na jihozápadě jezera. Východní břeh jezera je postupného charakteru, větší hloubky jsou dále od břehu narozdíl od západního, kde je možné nalézt u břehu hloubky i okolo 3 m. U západního břehu jsou dobře viditelné zátočiny, které vznikly v důsledku měření v terénu.

Tab. 4 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (Kriging)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 2	11,37	8453,587	80276,01
2 - 3	5,68	4223,076	40102,7
3 - 5	11,4	8475,892	80487,82
5 - 7	11,34	8431,2821	80064,2
7 - 9	11,37	8453,587	80276,01
9 - 11	11,37	8453,587	80276,01
11 - 13	11,37	8453,587	80276,01
13 - 15	11,37	8453,587	80276,01
15 - 17,6	14,73	10951,745	103998,7
Celkem	100	74349,93	706033,5

Tab. 5 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (IDW)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 2	11,37	8471,68	81316,96
2 - 3	5,68	4232,114	40622,72
3 - 5	11,4	8494,033	81531,51
5 - 7	11,34	8449,327	81102,4
7 - 9	11,37	8471,68	81316,96
9 - 11	11,37	8471,68	81316,96
11 - 13	11,37	8471,68	81316,96
13 - 15	11,37	8471,68	81316,96
15 - 17,6	14,73	10975,18	105347,3
Celkem	100	74509,06	715188,7

Při posledním měření batymetrického profilu Plešného jezera (Vránek 1999, Šobr 2003) byly dopočteny i hodnoty pro objem a plochu jezera. Objem na základě měření v roce 1999 činil 614 300 m<sup>3</sup> a plocha jezera byla 76 430 m<sup>2</sup>. Plochy spočtené na základě měření v letošním roce

(viz tab. 4 a 5) jsou menší, naopak objemy jsou větší, v případě metody IDW se jedná o rozdíl 100 000 m<sup>3</sup>. A to i přesto, že při letošním měření byla naměřena menší maximální hloubka jezera než v případě předchozího měření. Další zajímavostí je fakt, že při rozdělení obou metod do stejných intervalů, jsou jednotlivé intervaly v obou případech stejně procentuálně zastoupeny i přesto, že výsledná plocha a objem jsou rozdílné.

Tab. 6 Srovnání plochy a objemu Plešného jezera u jednotlivých měření

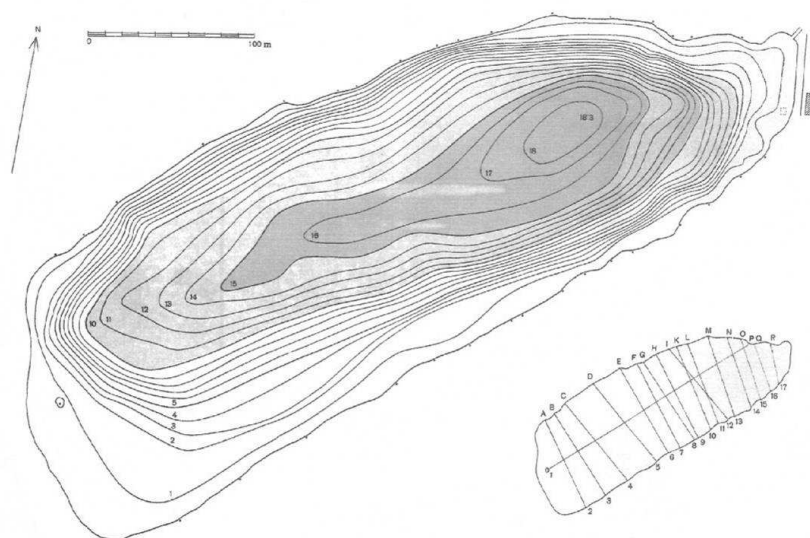
Plešné jezero	1903 (Švambers)	1999 (Vránek)	2009 (data 2009)
Objem (tis. m <sup>3</sup> )	617	614	715
Plocha (m <sup>2</sup> )	74800	76430	74509

Tabulka 6 uvádí hodnoty objemu a plochy, které byly spočteny na základě 3 měření. Švambersovo měření (obr.13) bylo zvoleno záměrně, protože to bylo v podstatě první kvalitnější měření svého druhu na Plešném jezeře. V roce 1999 bylo dokončeno mapování jezera a výsledky uvedl ve své práci T. Vránek (obr. 14). Poslední data pocházejí z měření v letošním červnu, kdy bylo jezero opakovaně zmapováno (obr. 15). Švambersa spočetl větší objem než Vránek, ale plocha byla oproti novějšímu měření menší. Nejnovější údaje pocházejí z výsledků počítačové interpolace a ty uvádějí objem o 100 tis. m<sup>3</sup> větší než u výsledků ruční interpolace. Naopak plocha jezera je menší než v případě výsledků z roku 1999 a dokonce se hodnotou přiblížila k ploše, kterou spočetl Švambersa již v roce 1903.

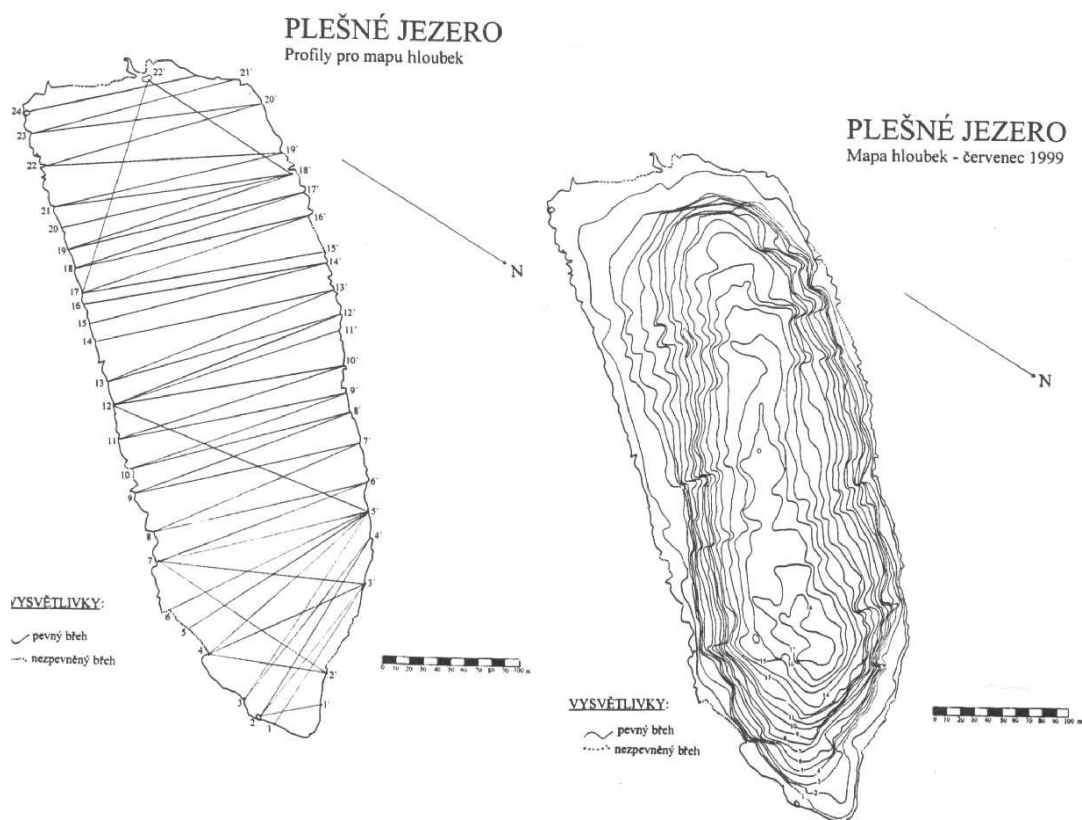
### 5.2.2 Porovnání s ruční interpolací

Výsledek byl porovnán s ruční interpolací (T. Vránek 1999, Šobr 2003). Ruční interpolace zobrazuje hranice jednotlivých hloubek jako vlnité linie (viz obr. 14), což je velká změna oproti Švambersově mapě (obr. 13). Oblast největších hloubek je větší než u nejnovějšího výsledku, jelikož v roce 1999 dosahovaly naměřené hodnoty hloubek přes 18 m, kdežto při letošním měření měla největší naměřená hloubka hodnotu 17,6 m. Mapy se liší v zobrazení jižní části, zatímco nejnovější mapa vykresluje v jižní části hloubky i okolo 3 m, na mapě vzniklé ruční interpolací je v jižní části konstantní hloubka okolo 1 m. Celkově jsou si mapy podobné rozložením hloubek, oblasti s největší hloubkou jsou zobrazeny v severní části a u západního okraje je na obou mapách patrný strmý spád jezerní stěny, kdežto u východního břehu je pozvolný sestup hloubek. Mapa vykreslená počítačovou interpolací má plynulejší hranice, nejsou zde žádné „ostré“ hrany. Po vizuální stránce je lepší softwarová interpolace.

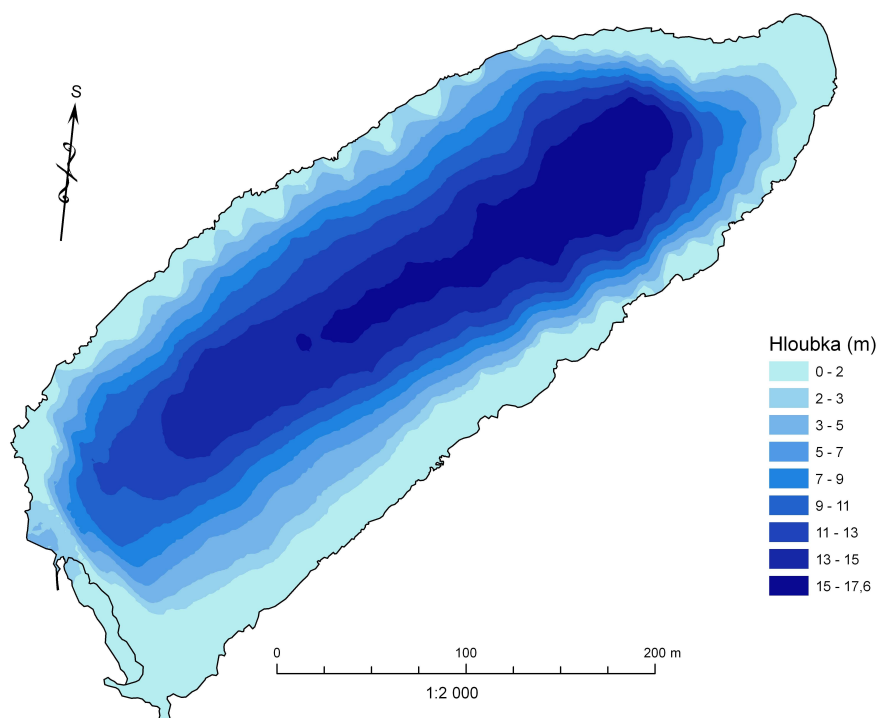
Jezero bylo zmapováno ještě dřív než Vránkem a to Švambersou. Výsledek se příliš neliší od ruční interpolace. Jednotlivé hloubkové stupně mají hladký průběh a profil jezera vypadá velmi podobně jako v případě ostatních dvou interpolací. Místa s největší hloubkou se nacházejí v severní části a západní okraj jezera je strmý. Je viditelný postoupný posun hloubek, na mapě od Švambersy zasahují větší hloubky jižněji než na mapě, která je vykreslena pomocí počítačové interpolace. Rozdílné výsledky také částečně zavinilo rozdílné mapování (rozložení jednotlivých profilů po celé délce jezera) viz obr. 13, 14 a příloha 3.



Obr. 13 Mapa Plesného jezera, ruční interpolace (Švambera, 1903)



Obr. 14 Plesné jezero – vlevo mapa profilů, vpravo výsledné rozložení hloubek (Vránek, 1999)



*Obr. 15 Plešné jezero, použita metoda IDW*

### 5.3 Jezero Laka

Nejmenší šumavské ledovcové jezero nalezneme asi 5,5 km od obce Nová Hůrka na jihu Plzeňského kraje. Jezero Laka se nachází na severovýchodním svahu hory Debrník (1 336 m n. m.). Údaje o nadmořské výšce hladiny jezera se různí. Základní vodohospodářská mapa ČSR 1:50 000, která je zhotovena na podkladu základní mapy ČSSR, udává nadmořskou 1 085 m n. m.. Na turistické mapě Šumavy – Povydíří 1:50 000 se udává nadmořská výška jezera 1 085,6 m n. m. Základní mapa ČSSR 1:10 000 nadmořskou výšku přímo neudává, jezero však podle ní leží mezi vrstevnicemi 1 085-1 090 m n.m. (Šobr a Janský, 2003).

#### 5.3.1 Geografické zvláštnosti jezera Laka

Na rozdíl od ostatních šumavských jezer neleží pánev jezera Laka těsně pod úpatím jezerní stěny. Lineární vzdálenost vrcholu Debrníku a břehové linie jezera je 1 240 m, relativní výška jezerní stěny činí oproti úrovni hladiny 250 m. Jezero má podobu poměrně pravidelného obdélníku a je orientováno od JJZ k SSV. Hráz jezera je vedena přibližně kolmo na odtok a je umělého původu. Byla vybudována kolem roku 1730 majitelem panství Kryštofem Abelem z důvodu zvýšení vodního stavu jezera. Podruhé byla hráze upravena v roce 1888 (Švambers, 1912). Zvýšená hráze jezera poté sloužila k nadlepšení průtoků na potocích a v kanále při plavení

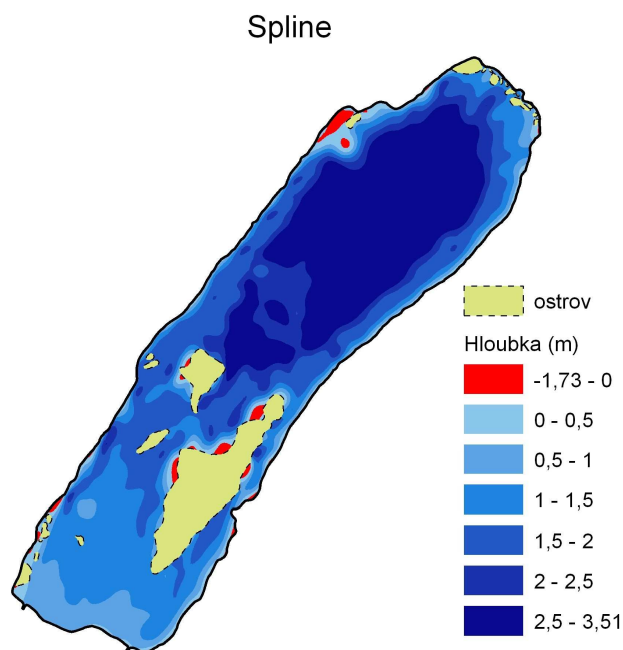
dřeva. To, že dříve mělo jezero menší plochu než dnes, je patrné i podle četných pařezů na dně jezera. Na březích se objevují i větší bloky hornin, které ovšem nedosahují velikosti jako u jiných jezer. Zvláštností jezera jsou malé hloubky jezerní pánve a výskyt četných plovoucích i ke dnu přisedlých ostrůvků, jejichž poloha se s časem mění. K tomu přispívá i skutečnost, že Laka je jediným šumavským jezerem, kde není vyvinut typický kar. Oba přítoky, které od jihovýchodu vtékají do jezera, se podílejí na jeho zanášení. To je největší při letních bouřkových přívalech a při jarním tání sněhu z relativně velkého povodí jezera. Jižní část jezera se pozvolna mění v slat', do níž vstupuje smrkový porost.

Jezero Laka leží v povodí Jezerního potoka, který je pravým přítokem Křemelné. Povodí samotného jezera (sběrná oblast) je považováno za největší ze všech šumavských jezer. Je protaženo ve směru JJV - SSV. Jižní a jihovýchodní rozvodnice je vedena po hřbetu mezi Debrníkem (1 336 m n. m.) a Ždánidly (1 308 m n. m.), přičemž prakticky celé povodí se rozkládá severně od tohoto hřbetu. Stejně jako předchozí dvě jezera i jezero Laka patří k úmoří Severního moře (Janský, Šobr a kol., 2003).

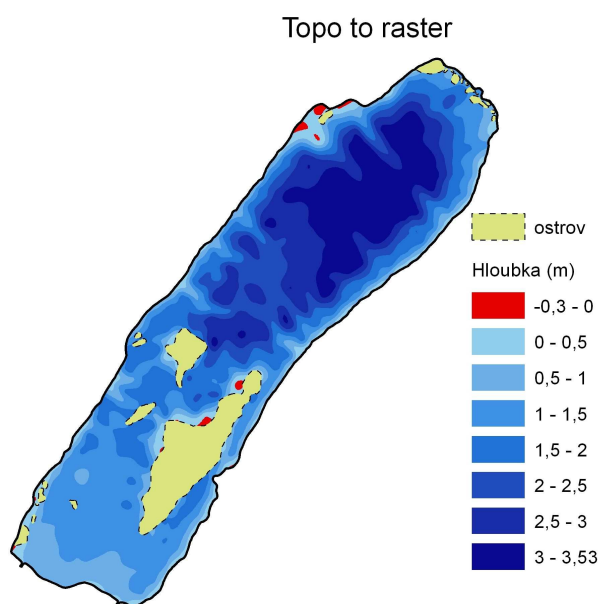
### 5.3.2 Výpočet interpolace

Jezero Laka je odlišné od ostatních jezer, použitých k účelům této práce, tím že jezerní pánev postupně zarůstá a na jeho hladině jsou plovoucí ostrůvky. Celkem zde nalezneme 24 ostrovů, z nichž největší má plochu 1 753 m<sup>2</sup> a nejmenší 0,83 m<sup>2</sup> (viz tab. 7). Nejhlubší naměřené místo mělo pouhých 3,5 m, tento údaj pochází z roku 1999, kdy zde proběhlo poslední měření (Šobr, 1999). Během něj bylo zmapováno 36 profilů po celé délce jezera. Tvar jezera je přibližně obdélníkového tvaru a možná díky tomu zde interpolace probíhaly bez větších potíží a výsledky si byly velmi podobné.

Přesto se jako nevhodné ukázalo použití interpolační funkce Spline (obr. 16) a Topo to raster (obr. 17). Obě metody vykazují stejnou chybu, počítají s hloubkami v záporných hodnotách, i když nejmělkčí místo jezera má hodnoty okolo nuly. V případě první jmenované funkce jde o hodnoty do -1,73 m, týká se to oblasti největšího ostrova a druhého největšího a pak severozápadní části jezera, východního břehu a jihozápadního okraje. Druhá funkce počítá s hodnotami okolo -0,3 m a týká se to menších oblastí v okolí největšího ostrova a v severozápadní části jezera. Co se týče přechodů mezi jednotlivými hloubkovými stupni, tak výsledek podle Topo to raster vypadá poněkud chaoticky a neuspořádaně i po několika úpravách v nastavení a klasifikaci profilů. Metoda Spline již působí lépe, jednotlivé hloubkové stupně jsou spojeny a mají pravidelný tvar, který více odpovídá skutečnému batymetrickému profilu než v případě Topo to raster. Ale vzhledem ke konečnému rozložení intervalů a především těch záporných hodnot, není ani jedna z uvedených metod vhodná k interpolaci této jezerní pánve.

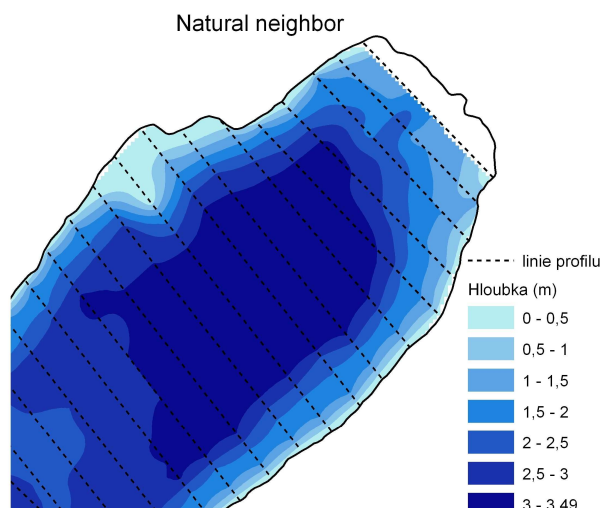


**Obr. 16 Jezero Laka zmapováno metodou Spline**



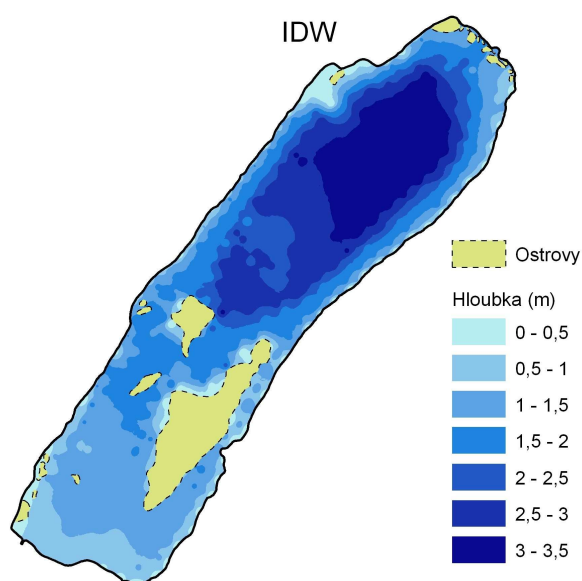
**Obr. 17 Jezero Laka spočteno metodou Topo to raster**

Stejný problém jako u ostatních jezer nastal při výpočtu interpolace pomocí Natural neighbor. Opět byly hodnoty spočteny po poslední měřené profily, takže chybí údaje o jižní a severní části jezera (viz obr. 18 , ostrovy chybí záměrně – pro lepší vyniknutí problému). Vypočtené hodnoty odpovídají reálnému profilu jezera, ale tyto nedostatky jsou bohužel příliš velké na to, aby se tato metoda dala využít pro vykreslení batymetrické mapy.



**Obr. 18 Jezero Laka – severní část, interpolováno metodou Natural neighbor**

Interpolace pomocí IDW na rozdíl od dvou předešlých počítá s reálnými hodnotami (od 0 m do 3,5 m) a k dobrému výsledku stačí základní nastavení. Po výpočtu se objeví některé hloubkové profily roztroušeně, dá se to částečně napravit nastavením vyššího čísla u položky Power před začátkem samotného výpočtu. Zároveň se okraje jednotlivých hloubkových profilů „zvlní“ a vytvoří se místy nové osamocené oblasti hloubek. Čím vyšší číslo v kolonce Power se zadá, tím jsou přechody méně ostré a celkový výsledek začíná být nereálný. Pro kvalitní výsledek stačí ponechat původní parametry, které nabízí software. Jediný problém, který se nepodařilo odstranit, jsou lokální místa hloubek, díky kterým nejsou intervaly spojené v jeden celek. Okraje jednotlivých hloubkových stupňů jsou hladké a nejhlubší místo je v severní části. Naopak mělká část jezera se nachází v jižní části, což odpovídá skutečnosti. Pomocí této interpolační metody by tato jezerní pánev mohla být zobrazována.



**Obr. 19 Jezero Laka interpolováno metodou IDW**

Poslední použitá metoda Kriging přinesla ještě kvalitnější výsledky než v případě IDW. Hodnoty, které tento výpočet uvádí, odpovídají zadaným datům. Spočtena je celá oblast zájmu, nikde není žádné bílé místo. Jednotlivé hloubkové profily jsou kontinuální a přechody mezi nimi jsou plynulé. Nenajdou se tam výrazné osamocené ostrůvky hloubek jako v případě IDW, takže tato metoda se jeví jako nejlepší pro pánve jezera Laka.

Výsledná mapa, která je spočtena metodou Kriging (příloha 6) zobrazuje nejhlubší místa v severní části jezera. Vzhledem k tomu, že ostrůvky vyznačené na mapě se stále pohybují, a proto došlo k mírnému odklonění od skutečnosti, jelikož měřená data jsou starší než data o pozici jednotlivých ostrovů. Takže v okolí největšího ostrova je místo s malou hloubkou částečně také z důvodu, že v době měření byl ostrov trochu více severněji. Celá jižní část je velmi mělká, převážně z důvodu postupného zarůstání jezerní pánve

Tab. 7 Plocha jednotlivých ostrovů na jezeře Laka

Délka pobřeží (m)	Plocha (m <sup>2</sup> )
3,67	0,83
4,65	1,57
5,70	1,78
5,56	1,80
6,91	2,74
6,74	2,80
8,03	3,71
7,10	3,78
9,23	5,68
11,69	7,85
11,16	9,03
11,37	9,56
13,76	10,91
14,96	12,59
18,27	18,27
16,23	19,07
20,26	21,74
25,71	28,25
22,77	29,93
30,84	50,82
42,19	75,48
36,09	77,29
85,12	314,48
249,08	1753,01
Celkem ostrovy	2462,97

Tab. 8 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (Kriging)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 0,5	14,83	3964,786	7112,054
0,5 - 1	14,83	3964,786	7112,054
1 - 1,5	14,83	3964,786	7112,054
1,5 - 2	14,83	3964,786	7112,054
2 - 2,5	14,83	3964,786	7112,054
2,5 - 3	14,83	3964,786	7112,054
3 - 3,5	11,02	2946,186	5284,885
Celkem	100	26734,9	47957,21

Tab. 9 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (IDW)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 0,5	14,29	3851,689	6759,24
0,5 - 1	14,28	3848,994	6754,51
1 - 1,5	14,29	3851,689	6759,24
1,5 - 2	14,28	3848,994	6754,51
2 - 2,5	14,29	3851,689	6759,24
2,5 - 3	14,28	3848,994	6754,51
3 - 3,5	14,29	3851,689	6759,24
Celkem	100	26953,74	47300,49

Výsledky morfometrických charakteristik (tab. 8 a 9) byly porovnány s výsledky ruční interpolace (Šobr, 2003), kdy byla naměřená plocha jezera 25 770,5 m<sup>2</sup> a objem byl 48 800 m<sup>3</sup>. Počítačová interpolace se v obou metodách příliš nelišila, rozdíly mezi jednotlivými metodami činily pouze 218,84 m<sup>2</sup> a 656,72 m<sup>3</sup>. Oproti ruční interpolaci mají tyto softwarové výsledky větší plochu, ale menší objem. Metoda Kriging se výsledkově více přiblížila k ručnímu výpočtu než metoda IDW.

Tab.10 Porovnání změny plochy a objemu jezera Laka

Jezero Laka	1907 (Švambera)	1999 (Šobr)	2009 (data 1999)
Objem (tis. m <sup>3</sup> )	40	49	47,95
Plocha (m <sup>2</sup> )	27800	25770	26734

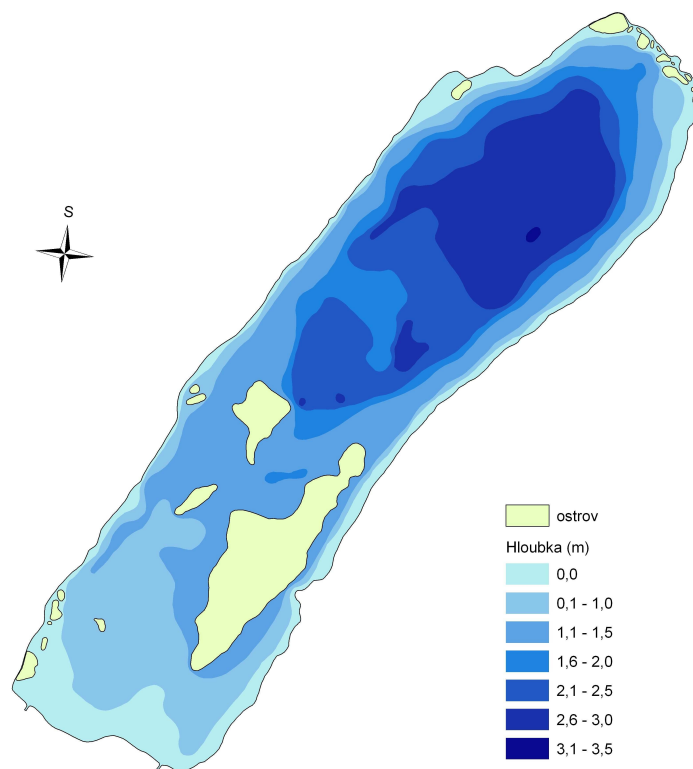
V tabulce 10 jsou srovnány výsledky jednotlivých interpolací z hlediska objemu a plochy jezera. Zatímco objem podle měření z roku 1999 nejprve narostl o 9 tis. m<sup>3</sup> oproti Švamberově měření, po převedení dat do počítače a následného výpočtu, klesl o 1 tis. m<sup>3</sup>, plocha jezera se vyvíjela jinak. Dle výsledků měření z roku 1999 měla plocha hodnotu 25 770 m<sup>2</sup>, což je o

2 030 m<sup>2</sup> méně než v případě výsledků z roku 1907, zatímco podle počítačové interpolace je plocha jezera větší než Švamberův výsledek a to sice o 964 m<sup>2</sup>. Tento rozdíl je možná způsobem tím, že poslední výsledky pocházejí z počítačového měření, kdežto předchozí dva z výsledků ruční interpolace.

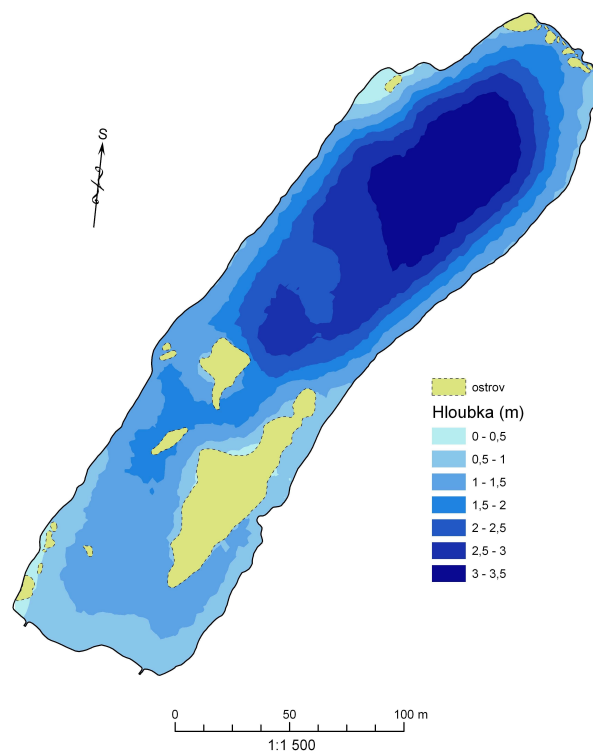
### 5.3.3 Porovnání s ruční interpolací

Výsledek vykreslený metodou Kriging (obr. 21) nemá oproti ruční metodě (Šobr 2003, obr. 20) hloubky nad 3,5 m. Oblast největších hloubek (nad 3 m) se na obou mapách nachází v severní části jezera, ale ruční interpolace znázorňuje jiný průběh těchto hloubek. Podle této mapy je můžeme najít i u západního okraje jezera, kdežto softwarová interpolace je vykreslila spíše k východní straně jezera. Další rozmezí hloubek, které se liší průběhem, jsou hloubky mezi 1,5 až 2 m. Zatímco ruční interpolace ji zobrazuje v podstatě po celé ploše jezera, od severu k jihu, počítačová interpolace ukazuje tyto hloubky v severní části jezera a poté mezi dvěma největšími ostrovy a v jižní části není vůbec. Výsledky softwarové interpolace mají ostré hrany u jednotlivých hloubkových stupňů, ruční interpolace je má naopak hladké, plynulé a jednotlivé stupně na sebe navazují a klesají postupně. Na mapě ruční metodou jsou vidět místa s malou hloubkou podél celé břehové linie, je to částečně způsobeno tím, že tento interval zahrnuje hodnoty od 0 – 1 m. V případě novější interpolace byly nejmenší hloubky rozděleny do dvou intervalů a to 0 – 0,5 m a 0,5 – 1 m, které se nacházejí převážně v jižní části jezera, v okolí největšího ostrova, v severozápadní oblasti a malou částí zasahují také do severní oblasti okolo ostrovů. Ve střední části jezera je tento interval u břehů nahrazen většími hloubkami. Liší se také oblastmi okolo dvou největších ostrovů. Ruční interpolace znázorňuje jejich umístění v hloubkách od 1,5 do 2 m, zatímco na druhé mapě leží nad hloubkami 1 až 1,5 m, místy dokonce ještě v mělčích oblastech.

Z celkového hlediska je možná lepší ruční interpolace, sice zde najdeme i oblast hloubek nad 3, 5 m, která během měření nebyla zaznamenána, ale výsledek je po vizuální stránce lepší. Počítačová interpolace je však matematicky přesnější.



**Obr. 20 Jezero Laka, ruční interpolace (Šobr, 2003)**



**Obr. 21 Jezero Laka zakresleno metodou Kriging**

## 5.4 Jezero Labiště pod Opočínkem

Jezero Labiště pod Opočínkem se nachází v okrese Pardubice, asi 1 km severozápadně od obce Opočíněk, 5 km východně od města Přelouč a přibližně 11 km západně od Pardubic. Z hlediska katastrální příslušnosti patří k obcím Opočíněk a Žvanice. Poloha podle zeměpisných souřadnic je 50°02' s. š. a 15°39' v. d. Jezero leží v bezprostřední blízkosti řeky Labe, na jejím levém břehu v říčním kilometru 121,4 - 121,75. Nadmořská výška hladiny se kromě extrémních povodňových stavů pohybuje v rozmezí od 209 do 210 m n. m. (Klouček, Janský, 2003).

Slepé rameno vzniklo při regulačních pracích na Labi v roce 1913 (Anonym, v rukopisu, a, b). Při regulaci bylo rameno ve své severní části odděleno hrází, ve své západní části bylo poněkud zúženo násypem. Labe bylo s ramenem propojeno zúženým hrdlem na jeho západním konci (Faltysová, Faltys, 1987). Toto aktivní spojení s Labem se v důsledku zanesení sedimenty nezachovalo (Klouček, Janský, 2003).

Opuštěné rameno tvoří typický tvar podkovy. Je poměrně úzké, v nejširším místě dosahuje šířky 51,5 m, délka ramene je 475 m. Severní část ramene, vzdálená cca 20 m od Labe, směřuje ve svém průběhu jižním směrem, pak se ohýbá a mění svůj směr na západní. Západní část jezera je oproti severní značně užší, její vzdálenost od řečiště Labe činí přibližně 35 m. V současnosti již tedy není staré rameno spojeno s Labem, ačkoliv za vyšších vodních stavů se voda z Labe dostává do jezera díky propustku s kanálkem u západního okraje, dnes již značně zanesenému sedimenty. Staré rameno má dosud dobře zachovalou vodní hladinu s typickou vodní a pobřežní vegetací. V oblouku „podkovy“ se udržel zbytek lužního porostu – vysoké stromy s hojným, v letním aspektu až neprůchodným podrostem. Na ostatních místech jsou břehy porostlé stromy s keřovým patrem (Klouček, Janský, 2003).

Labiště pod Opočínkem patří k nejzachovalejším labským ramenům v okolí Pardubic. Zejména z důvodu své geomorfologické zachovalosti byla lokalita v roce 1982 zařazena mezi maloplošná zvláště chráněná území (MZCHÚ) se statutem chráněného přírodního výtvaru. Po roce 1992 byla lokalita podle znění zákona ČNR č. 114/1992, O ochraně přírody a krajiny, převedena na MZCHÚ se statutem přírodní památky.

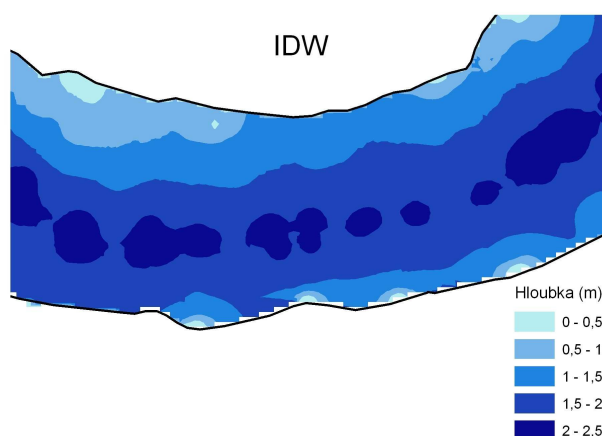
### 5.4.1 Výpočet interpolace

Práce s tímto typem jezera nebyla tak jednoduchá a snadná jako s ostatními. Podkovitý tvar pánve je atypický, většinou se výpočty provádějí na jednodušších tvarech jezer. Nejhlubší naměřené místo je 2,5 m. Poslední měření zde proběhlo v roce 2001, ze kterého také pocházejí použité údaje. Měřilo se zde, podobně jako na ostatních jezerech, echolotem a celkem bylo zmapováno 38 profilů.

Největším problémem byl samotný výpočet a vymezení oblasti zájmu. U každé z použitých funkcí bylo nutné nastavit Extent. Jedná se o definování hranice výpočtu, je třeba zde zadávat pouze liniové prvky, pokud se nastaví polygon, výsledek bývá problematictější. Další problém nastal s určením jednotlivých intervalů. Pokud jsou intervaly zvoleny nevhodně, na výsledné mapě nejsou vidět zřetelně jednotlivé přechody hloubek a v extrémních případech nemusí

výsledek odpovídat skutečnosti. Naopak pokud se hledá se vhodné vymezení, výsledek je poté kontinuální a přechody jsou plynulejší.

Jezerní pánev byla nejprve interpolována pomocí metody IDW. Ke kvalitnímu výsledku nebylo potřeba další nastavení než jaké nabídl ArcGis, bylo pouze potřeba nastavit jako Extent polygon jezera, aby byl výpočet proveden na celé zájmové území. Po vhodném nastavení intervalů působí výsledek spojitě, hodnoty začínají na nule a končí na 2,5 m, stejně jako zadané vstupní body. Jediná nevýhoda je, že výpočet probíhá déle než u ostatních funkcí. To se dá částečně odstranit nastavením Output cell size na větší hodnotu než byla původní, ale nesmí být příliš velká, jinak dochází k rozostření výsledku. Naopak menší číslo výpočet ještě prodlužuje, ale výsledek není o moc lepší než ten, který byl získán po ponechání vstupních parametrů. Výsledná mapa má postupné přechody hloubek, okraje intervalů jsou přirozené, ale nejnižší místo jezera (viz obr. 22) a západní část jižního okraje nemají spočteny hloubku. Vznikla zde bílá místa, která se nepodařilo odstranit ani po opakovaných změnách vstupních parametrů. Vzhledem k tomuto vážnému nedostatku není metoda IDW vhodná pro interpolování této jezerní pánve.

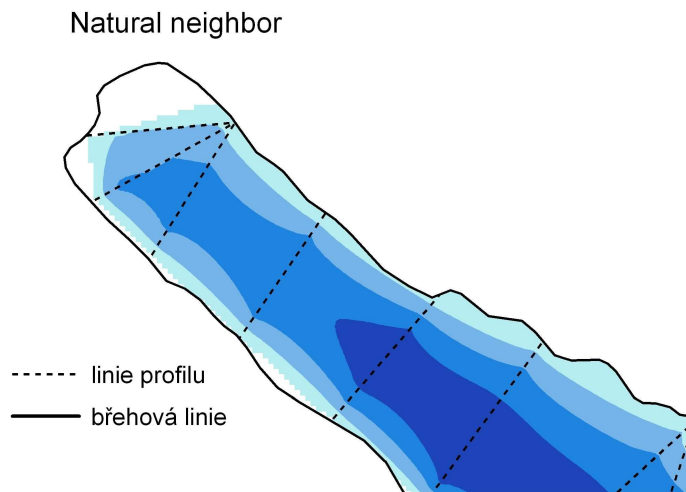


**Obr. 22 Jezero Labiště pod Opočínkem – nejnižší oblast, metoda IDW**

Další použitou interpolační metodou byla metoda Kriging. Největší problém u této funkce byla výsledná nespojitost jednotlivých intervalů, byla nutná úprava rozdělení intervalů. Výsledek byl přesto velmi kvalitní, jediný problém nastal s vymezením intervalů. Jako nejnižší hodnota byla 0,33 m i když zdrojová data začínají na nule. Tuto vlastnost se nepodařilo nijak odstranit, ani po několika změnách nastavení. Co se týče hranic jednotlivých hloubkových stupňů, tak jsou více ostré než např. u metody IDW. Spojitost jednotlivých intervalů byla částečně vyřešena, ale stejně dobrého výsledku jako u IDW se nepodařilo docílit. Kriging ale neměl problémy s výpočet na celé zájmové území a tudíž je nejlepší interpolační metodou pro Labiště pod Opočínkem.

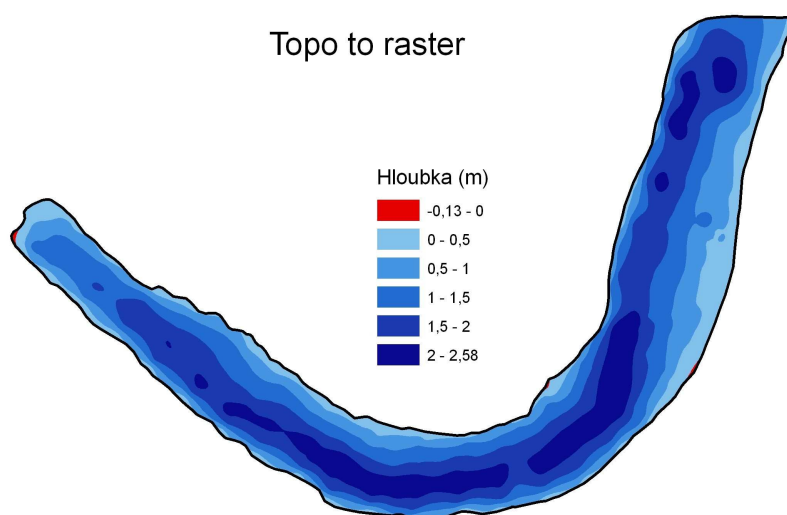
V nabídce interpolačních metod jsme se dostali k metodě Natural neighbor. Podobně jako u ostatních jezer nedokázala dopočítat hodnoty za hranici zadaných bodů. Takže jezero podle této

nemá interpolované západní a východní oblasti, funkce je ukončena podél posledních profilů. Samotný výsledek není špatný, přechody jsou plynulé, působí to jako celek, ale bohužel není možné provést takovou úpravu, aby byly spočtena všechna místa v jezerní pánvi. Proto není možné tuto metodu použít pro další výpočty podobných jezerních pánví.



**Obr. 23 Jezero Labiště pod Opočínkem – západní okraj, metoda Natural neighbor**

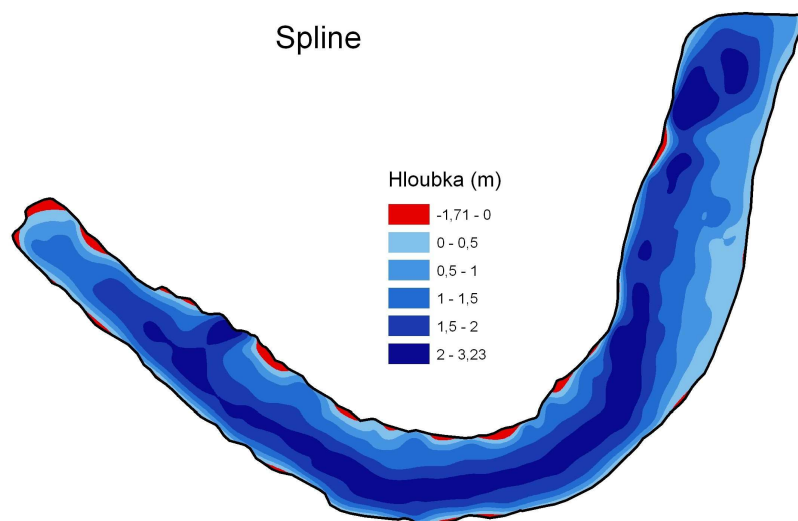
Interpolace Topo to raster má vizuálně dobrý výsledek, ale rozmezí hodnot začíná na -0,13 m (obr. 24). Dalším problémem je nedokonalé vykreslení až do krajů, které je patrné při větším rozlišení. Není tak výrazné jako v případě Natural neighbor, ale aby bylo možné Topo to raster použít k interpolaci této jezerní pánve, tak je to příliš velký nedostatek. A proto je tato metoda zcela nevhodná pro interpolaci jezerní pánve Labiště pod Opočínkem.



**Obr. 24 Jezero Labiště pod Opočínkem, metoda Topo to raster**

Metoda Spline (obr. 25) nemá vizuálně tak dobrý výsledek jako Topo to raster. Samotné nastavení výpočtu je jednoduché, kromě zadání zájmové oblasti (Extent) není potřeba žádné jiné úpravy. Přechody mezi intervaly jsou plynulé, ale oblasti největších hloubek zasahují v západní

části jezera až ke krajům a to rozhodně nekorresponduje se skutečností. Dalším problémem je rozmezí výsledných intervalů, které začínají pod hodnotou nula a nejvyšší hodnota přesahuje nejhlubší naměřené místo skoro o 1 m. Mezi oblastmi se zápornou hloubkou patří okraje v nejnižších místech jezera a severozápadní cíp. Z tohoto důvodu není tato metoda použitelná v praxi. Jde především o to, aby výsledek odpovídal skutečnosti a to metoda Spline neumí.



**Obr. 25 Jezero Labiště pod Opočínkem, metoda Spline**

Po srovnání jednotlivých výsledků je metoda Kriging (příloha 8) nejvhodnější pro interpolaci jezerní pánve fluviálního jezera. Nejhlubší oblast se táhne od východní části jezera, kde začíná téměř u břehu a končí na druhém konci, za ohybem, zde už není tak blízko kraji, je více uprostřed. Celkově by se dalo říci, že nehlubší oblast leží podél celého jezera rovnoměrně a víceméně uprostřed. Ze severní strany se pozvolna svažuje, kdežto v jižní část můžeme hned u břehu najít nejhlubší oblast jezera, která kopíruje dřívější průtok vody. Labiště pod Opočínkem leží na levém břehu řeky Labe a právě ze severní části sem voda přitékala a vytvořila zde tento meandr, který se postupem času odškrtil. Na výsledné mapě je jasně vidět, jak voda narážela do jižního břehu jezera (tzv. výsepní břeh) a postupně ho vymlela až do současné podoby. Jesepní břeh (severní) není až tak dobře patrný, přesto je místy naznačen. Jesepní břeh je místo, který tok řeky míjí a tudíž zde spíše akumuluje unášený materiál, než aby ho proud odnášel. Z mapy jasně vyplývá, že nejhlubší místa v jezeře kopírují dráhu proudnice, dokud jím ještě protékala voda. Jedná se o klasický příklad doškrceného říčního ramene.

**Tab. 11 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (Kriging)**

Hloubnice	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 0,5	23,72	4250,19	4940,70
0,5 - 1	23,71	4248,40	4938,61
1 - 1,5	23,72	4250,19	4940,70
1,5 - 2	23,71	4248,40	4938,61
2 - 2,5	5,14	920,99	1070,62
Celkem	100	17918,18	20829,25

Tab. 12 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (IDW)

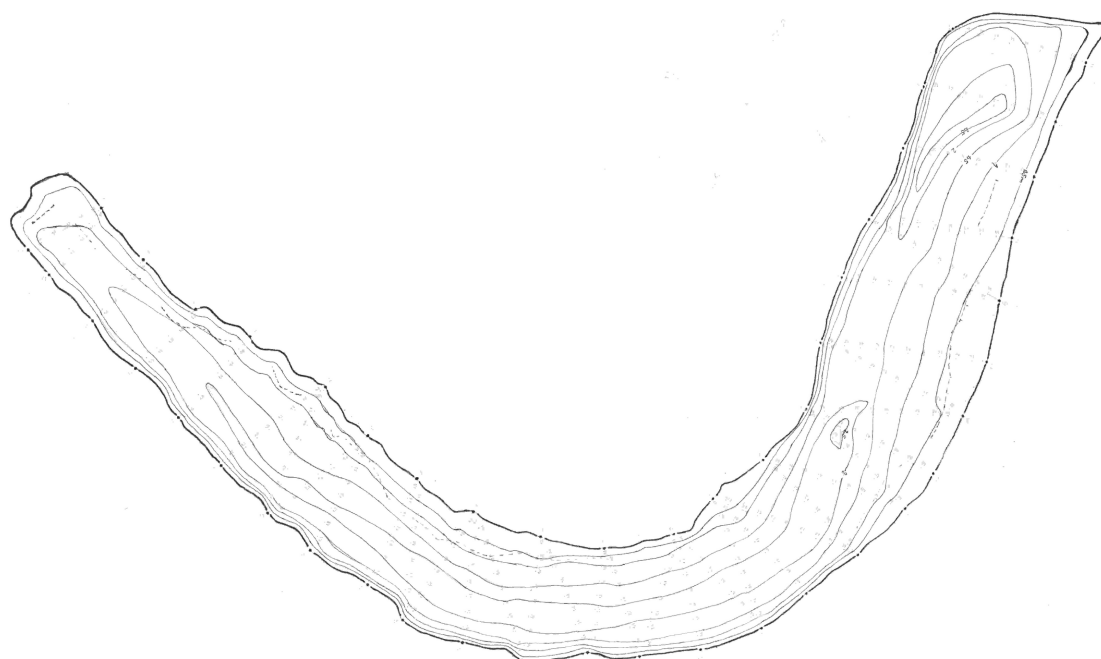
Hloubnice	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 0,5	20	3997,38	3601,58
0,5 - 1	20	3997,38	3601,58
1 - 1,5	20	3997,38	3601,58
1,5 - 2	20	3997,38	3601,58
2 - 2,5	20	3997,38	3601,58
Celkem	100	19986,89	18007,89

Rozdíly mezi těmito dvěma metodami interpolace (tab. 11 a 12) jsou jak ve výsledném objemu, tak i ploše. Spočtená plocha pomocí IDW je o 2 000 m<sup>2</sup> větší, zatímco objem je o 2 821 m<sup>3</sup> menší.

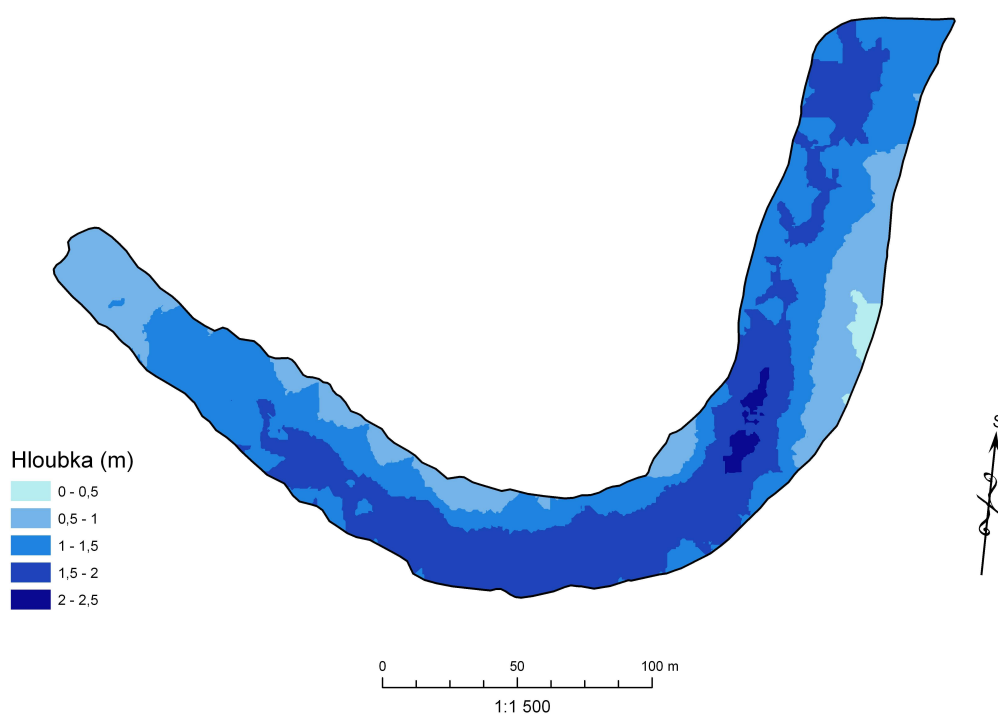
#### 5.4.2 Porovnání s ruční interpolací

Výsledná mapa spočtena na základě metody Kriging (obr. 27) je oproti původní ruční interpolaci (obr. 26) více nespojitá a jednotlivé hloubkové profily mají ostřejší hrany než v případě ruční interpolace. Ruční interpolace má plynulejší přechody jednotlivých hloubek a v nejnižším místě jezera nejsou hned u břehu velké hloubky. Lze zde dokonce nalézt i hloubky okolo 0,5 m. Oproti tomu softwarová interpolace má v nejnižším místě hloubku přes 1,5 m. Interpolace pomocí metody Kriging nemá postupné sestupy hloubek jako ruční metoda. Částečně se to dá napravit nastavením více intervalů hloubek, ale poté se mapové pole ještě více roztříští na menší oblasti.

Po vizuální stránce působí ruční metoda lépe, ale co se týče přesnosti výsledku je lepší výpočet pomocí softwaru ArcGis.



*Obr. 26 Jezero Labiště pod Opočínkem, ruční interpolace*



*Obr. 27 Jezero Labiště pod Opočínkem, interpolace Kriging*

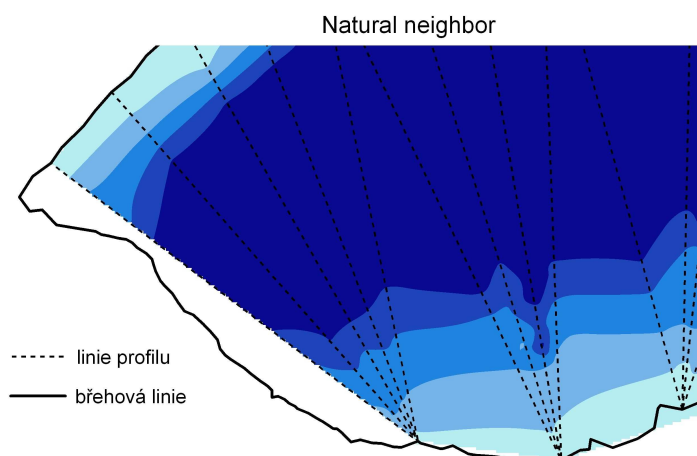
## 5.5 Čimické jezero

Čimické jezero se nachází v Plzeňském kraji nad údolím řeky Otavy, asi 5 km od Rabí, 1 km od Žichovic a 700 m od Čimic. Jezero nemá žádný přirozený přítok ani odtok. V okolí se nachází borový les a ze západní a severovýchodní strany obklopují jezero skalní stěny. Jezero vzniklo antropogenní činností, konkrétně těžbou vápence. Je využíváno především k rekreačním účelům.

Měření půdorysu zde proběhlo v roce 2005, byly využity laserové paprsky, vzhledem k jejich dobré odrazivosti od skalních břehů, které jsou jinak špatně přístupné. Díky tomu bylo na břehové linii zaměřeno mnoho bodů a mapa profilů byla poměrně hustá, zvláště v severovýchodní části. Celkem bylo zmapováno 23 hloubkových profilů. Nejhlubší bod na měřených profilech měl hodnotu 5,5 m.

### 5.5.1 Výpočet interpolace

Nejproblematictější metoda interpolace v tomto případě byla Natural neighbor. Nebylo možné ani po opětovné změně vstupních parametrů dosáhnout toho, aby bylo spočteno území za hranicí měřených profilů (viz obr.28). Celkově je výsledek dobrý, ale bohužel nepoužitelný. Pro tuto jezerní pánev je to nevhodná metoda interpolace.

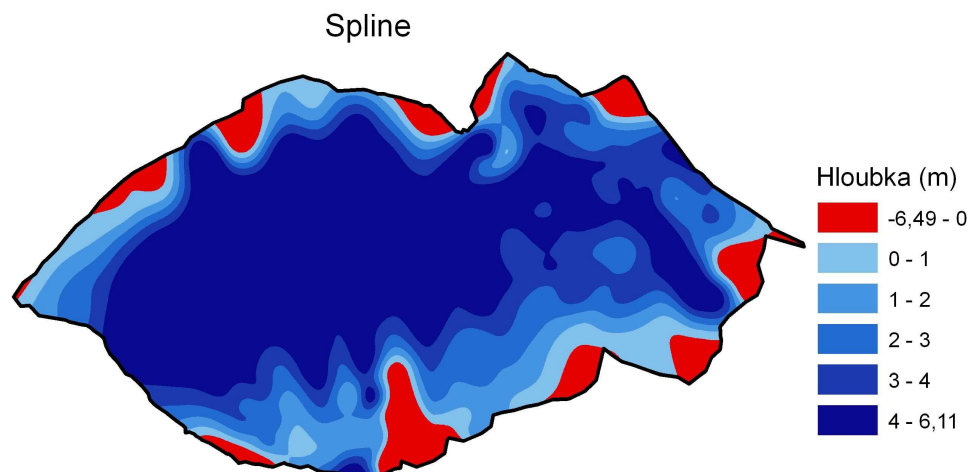


Obr. 28 Výřez mapy Čimického jezera - západní okraj, použítá metoda – Natural neighbor

Při použití metody Kriging se jako nezbytně nutné ukázalo nastavení Extent. V případě vynechání této položky byl výsledek nepřesný. Mapa podle této interpolace má hladké přechody jednotlivých hloubek, až na malé výjimky jsou jednotlivé intervaly kontinuální. Hrany hloubnic jsou plynulé a jednotlivé hloubky jsou až na malé oblasti kontinuální. Jediným problémem jsou záporné hloubky (hodnoty do -0,15 m), jedná se o velmi malé lokality a je tedy možné v tomto případě tento nedostatek pominout, jelikož metoda Kriging je jediná, která je schopna vykreslit jezerní pánev až do krajů.

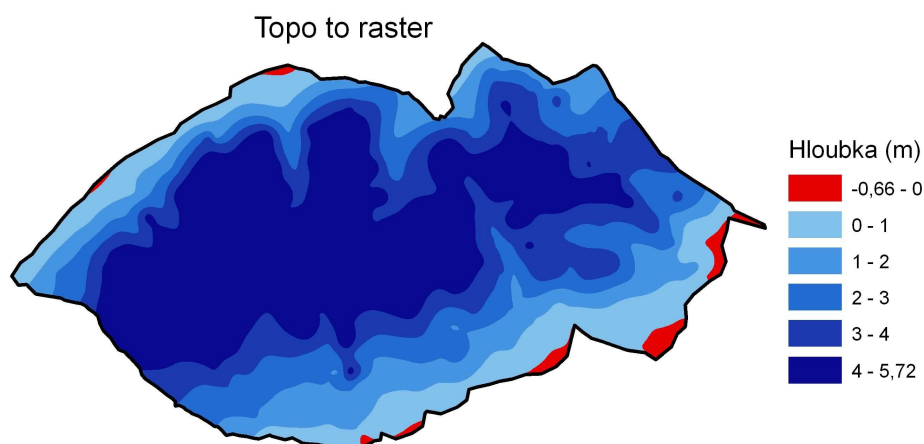
Metoda Spline provedla výpočet celkem bez problému, bylo nutné omezit hranici výpočtu linií břehu (Environment settings/General settings/Extent). Výsledek je však poněkud „divoký“.

Přechody jsou plynulé, ale nastal problém s vymezením intervalů. Jako nejnižší byla spočtena hodnota -6,49 m, i přesto že naměřené hodnoty byly kladné a největší hodnoty výrazně přesahovaly zdrojová data. Problém záporných hodnot zasáhl v podstatě všechny okrajové oblasti jezera (viz obr. 29), nejednalo se pouze o malá území. Především z tohoto důvodu není tato metoda vhodná pro výpočet interpolace jezera Čimice.



**Obr. 29** Čimické jezero, použitá metoda - Spline

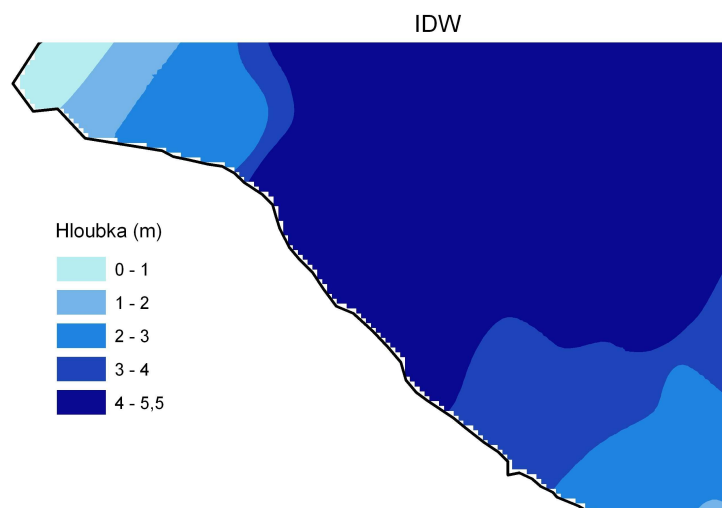
Výsledná mapa pomocí Topo to raster (obr. 30) je velmi podobná metodě Spline. Konečná mapa vypadá téměř stejně jako v případě metody Spline a také počítá s hodnotami pod hranicí nuly. Konkrétně se jedná o hodnoty do -0,66 m. Tyto záporné hodnoty nalezneme především ve východním cípu jezera a v některých jižních a severních okrajových částech. Tato metoda je o něco více reálnější (z hlediska vymezení intervalů) než předchozí metoda Spline, ale přesto z hlediska interpolace není vhodná pro tuto jezerní pánev.



**Obr.30** Čimické jezero zobrazena interpolační metodou Topo to raster

U poslední metody IDW je třeba dbát na to, aby byla nastavena břehová linie i v detailnějším nastavení (Environment settings/General settings/Extent), jinak nebude spočten východní a západní cíp jezera. Na výsledné mapě jsou patrné lokální hloubky, ale ty ani po

několika úpravách nezmizely. Hranice hloubkových profilů jsou plynulé, místa s největší hloubkou najdeme na západní straně jezera. Na rozdíl od předešlých metod, IDW počítá s hodnotami od nuly. Bohužel po oříznutí mapy se objevila prázdná místa především v západní (viz obr. 31) a severovýchodní části jezera. Tento nedostatek se nepodařilo odstranit a proto není metoda IDW vhodná pro interpolaci této jezerní pánve.



**Obr. 31 Čimické jezero – západní okraj, použita interpolace IDW**

Na výsledné mapě Čimického jezera, které bylo spočteno metodou Kriging (příloha 10), nalezneme nejhlubší místa v západní části. Nachází se v místě, kde stěny lomu ostře spadají do vody, naproti tomu na východní straně jezera je postupný pokles hloubek. Východní strana je také jako jediná dobře přístupná. Batymetrická mapa naznačuje místo těžby před zaplavením lomu. Z toho vyplývá, že přístup k lomu byl z východní části a v západní části současného jezera probíhala těžba. Nárůst hloubek je plynulý, což odpovídá lokalitě bývalého lomu.

Tab. 13 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (Kriging)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 1	18,15	922,81	2063,86
1 - 2,0	18,14	922,30	2062,72
2 - 3,0	18,15	922,81	2063,86
3 - 4,0	18,15	922,81	2063,86
4 - 5,5	27,41	1393,61	3116,83
Celkem	100,00	5084,33	11371,14

Tab. 14 Morfometrické charakteristiky jezerní pánve (IDW)

Hloubnice (m)	Procentuální zastoupení	Plocha (m <sup>2</sup> )	Objem (m <sup>3</sup> )
0 - 1	18,15	961,872	1989,921
1 - 2,0	18,14	961,342	1988,824
2 - 3,0	18,15	961,872	1989,921
3 - 4,0	18,15	961,872	1989,921
4 - 5,5	27,41	1452,612	3005,164
Celkem	100,00	5299,57	10963,75

Podle metody Kriging (tab. 13) je plocha jezera 5 084,33 m<sup>2</sup> a objem 11 371,14 m<sup>3</sup>. Oproti tomu metoda IDW (viz tab. 14) spočetla plochu větší o 215,24 m<sup>2</sup>, ale objem vyšel menší, konkrétně o 407,39 m<sup>3</sup>. Na rozdíl od ostatních jezer není k dispozici žádná jiná mapa, která by znázorňovala průběh hloubek. Není tudíž možné výsledek porovnat a zjistit, zda jsou spočtené výsledky přesné popř. jak se změnil objem a plocha jezera oproti dřívějším výsledkům.

## 6 Diskuse

Výsledky ruční a počítačové interpolace se v některých případech velmi lišily. Rozdíly nastaly také v objemech a plochách jednotlivých jezer. Rozhodnout, které metodika je lepší, vhodnější není jednoduché. Každá z uvedených metod má své výhody a nevýhody. Ruční interpolace je časově náročnější, ale výsledek bývá vzhledově hezčí a jednotlivé hloubkové linie se dají generalizovat. Oproti tomu počítačová interpolace je rychlejší a dosahuje přesnějších výsledků, bohužel po vizuální stránce je v některých případech horší než ruční metoda, jelikož jsou jednotlivé stupně spočteny přesně matematicky, ale vzhledem k tomu, že software nabízí více metod, je možné výsledek následně upravovat. S výsledky ruční interpolace nelze prakticky pracovat dále, jelikož mapa se dá upravit pouze tak, že se znovu nakreslí. Počítačová metoda je z tohoto hlediska lepší, jelikož data lze zálohovat a tudíž je s nimi možné pracovat i za několik let. A v případě, že jsou požadavky na jiné rozdělení intervalů, překreslení trvá několik vteřin a je možné ho pak ještě upravit. Takové možnosti ruční interpolace nenabízí.

Celkově se dá říct, že práce s daty je rychlejší než v případě ruční interpolace, ale stejně jako nedokážeme odstranit chyby vzniklé lidským faktorem, tak zatím nejsou odstraněny ani ty způsobené matematicky přesnými softwary.

Pokusit se navrhnout vhodný způsob terénního mapování, tak aby výsledek byl co nejlepší, je těžké. Současné mapování je v případě jezera Čimice, jezera Laka a Prášílského jezera dostačující. Co se však týče fluviačního jezera, není jednoduché cokoliv navrhnout. Samotné jezero má atypický tvar a mapování současnou metodou je i tak náročnější. Jedině se snad pokusit zhustit síť profilů, pokud to terén dovoluje. Zmapovat hloubky třeba i podél několika profilů, které by vedly od západního na východní okraj jezera přes problematický ohyb. Zhustila by se tím síť bodů a je možné, že výsledek by byl kvalitnější. Výsledky mapování Plešného jezera nejsou také zrovna dobré. Zátociny, které vznikly u západního břehu naznačují, že terénní měření by bylo nutné nějakým způsobem upravit. Je docela možné, že pokud by se data z letošního měření interpolovala ručně, tak by tento problém nenastal. Zajímavostí je, že Plešné jezero má sice protáhlý tvar, ale jinak je celkem pravidelné a i přesto zde poslední dvě měření (1999, 2009) nedopadla zrovna nejlépe. Výsledky obou měření jsou porovnány výše v textu. Změna v tomto případě může být snad jen zhuštění profilů a tím se snad docílí toho, že příště nevzniknou u břehu nesmyslné zátociny.

Není zcela jasné, která metoda je lepší. Ruční metoda je kvalitnější vzhledově, ale počítačová interpolace má budoucnost. Možná bude třeba u některých jezer interpolovat ručně i nadále a softwarový výpočet provádět jen u některých jezer, která mají jednodušší tvar pánve.

## 7 Závěr

Hlavním problémem během výpočtu se ukázalo vymezení zájmové oblasti, např. metoda Natural neighbor absolutně nezvládala výpočet dále než za linie profilů. Ostatní metody zvládly problematiku vymezení území o poznání lépe, ale i přesto bylo nutné rozšířené nastavení pro plnohodnotný výsledek.

Vzhledem k různorodosti jezerních pánví je překvapující, že jako nejhodnější byla ve většině případů zvolena stejná interpolační metoda. A také nastala shoda u těch naprosto nevhodných, kterými se ukázaly být Trend a Natural neighbor. Někde na pomezí mezi dobrou a špatnou interpolací zůstaly metody Spline a Topo to raster. Ve většině případů byly vizuálně velmi pěkné, ale po stránce kvality a přesnosti výsledků se zařadily mezi ty nevhodné. Pouze dvě interpolační metody byly kvalitní po všech stránkách, a to sice IDW a Kriging. Metoda IDW byla ve většině případů vzhledově lepší, ale metoda Kriging měla přesnější výpočty. U některých jezer, jako bylo například Plešné, bylo těžké vybrat tu lepší. Obě uvedené metody totiž provedly téměř totožný výsledek a rozdíly byly nepatrné. Hlavní důvod, proč nebyla metoda IDW vybrána u ostatních jezer, je ten, že bylo špatně vymezené území jezera. Ve většině případů chyběly okraje jezer a nebo byl výsledek rastrového vzhledu i přesto, že se jednalo o vektorový formát. Metoda IDW také jako jediná prováděla výpočet velmi dlouho a to i v případě, že nastavení zůstalo základní.

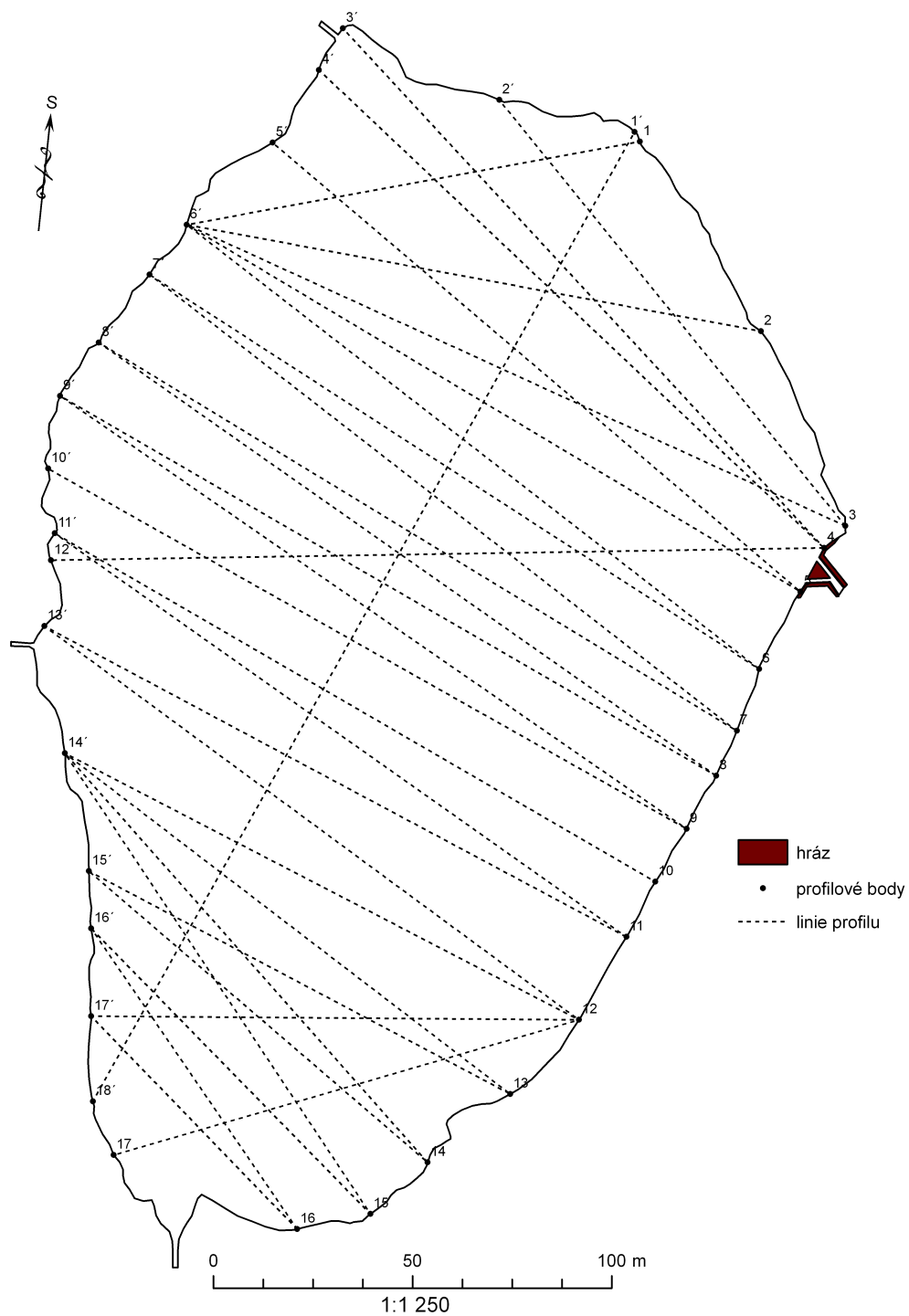
Interpolování pomocí metody Kriging se tedy ukázalo být tím nejhodnějším způsobem pro vykreslování batymetrických profilů. Kromě Plešného jezera, kde byla vybrána metoda IDW, jsou všechna ostatní jezera zobrazena metodou Kriging. Není také úplně bez chyby, hrany jednotlivých profilů jsou převážně ostré a v případě Plešného jezera nenastala úplná kontinuita jednotlivých hloubkových profilů. Přesto se dá hovořit o tom, že je tato metoda univerzální pro výpočet interpolace různých jezerních pánví.

Pokud však hledáme výsledek bez jakýchkoliv chyb, tak takovou metodu software ArcGis nenabízí. Snad jediné v případě, že by se podařilo zkombinovat metodu IDW s metodou Kriging a byly odstraněny jejich největší nedostatky, ale vzhledem k tomu, že dříve byly jezerní pánve interpolovány výhradně ručním způsobem, je softwarová interpolace velkým přínosem.

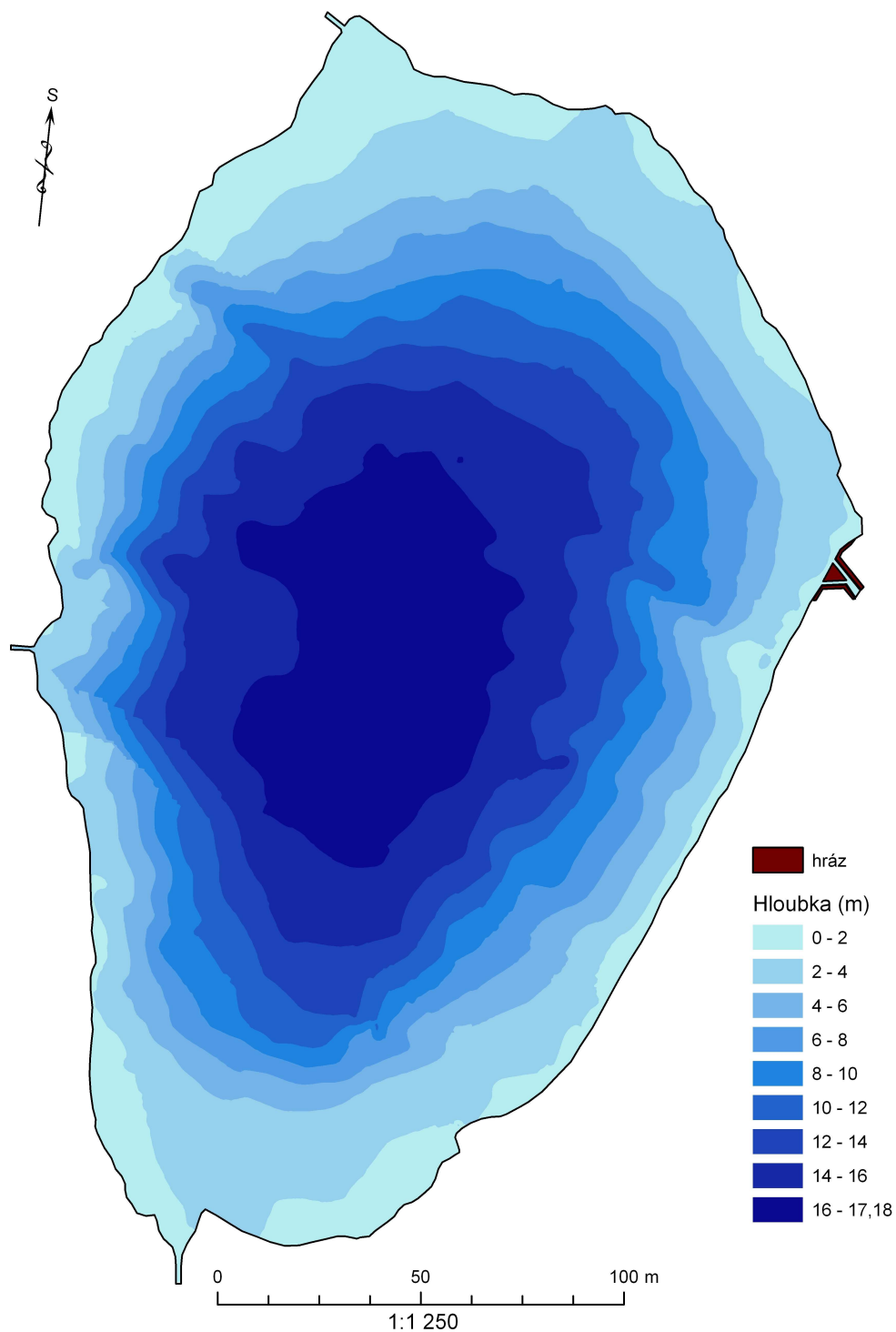
# PŘÍLOHY

Příloha 1 Mapa profilů Prášilského jezera

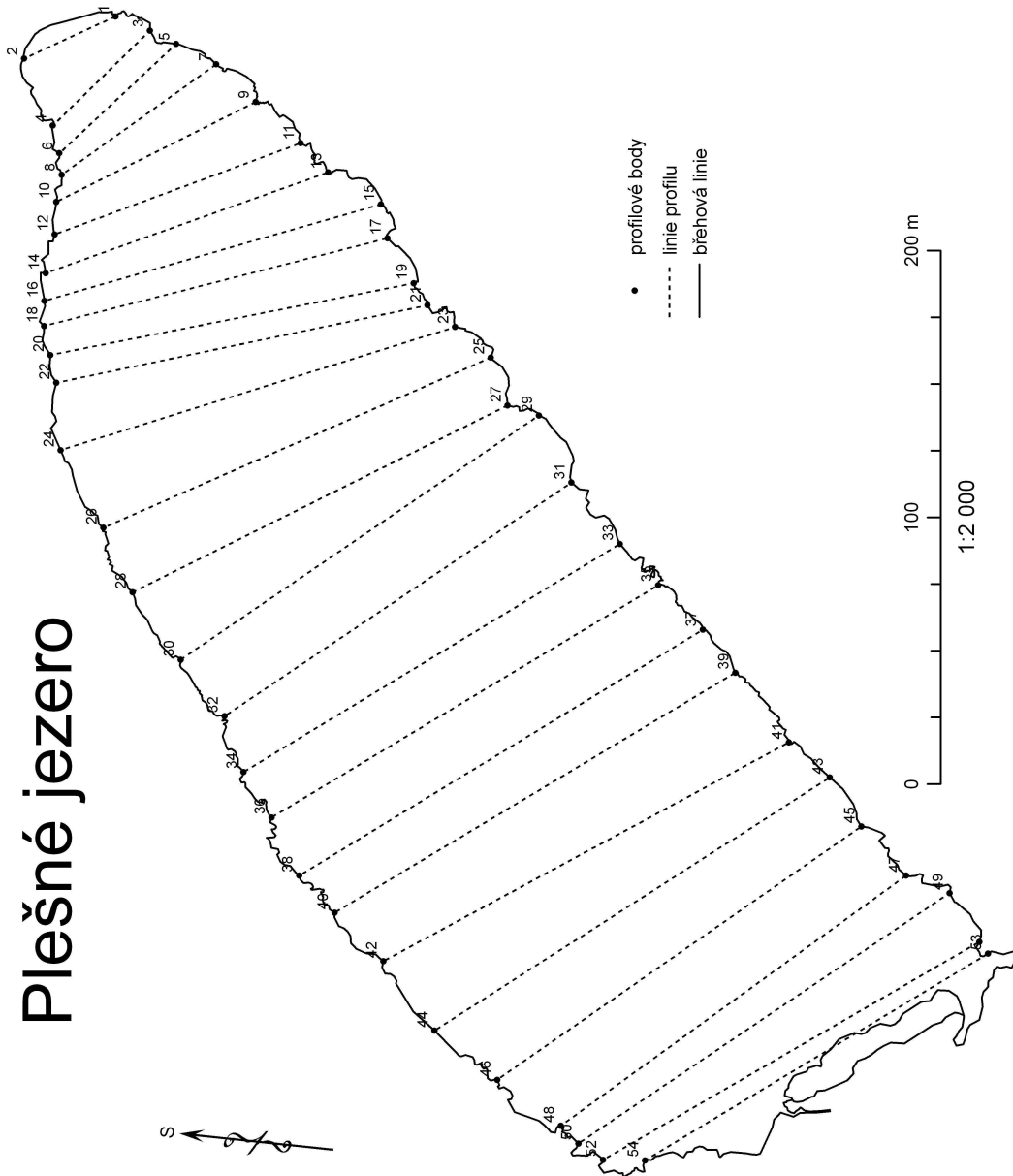
## Prášilské jezero



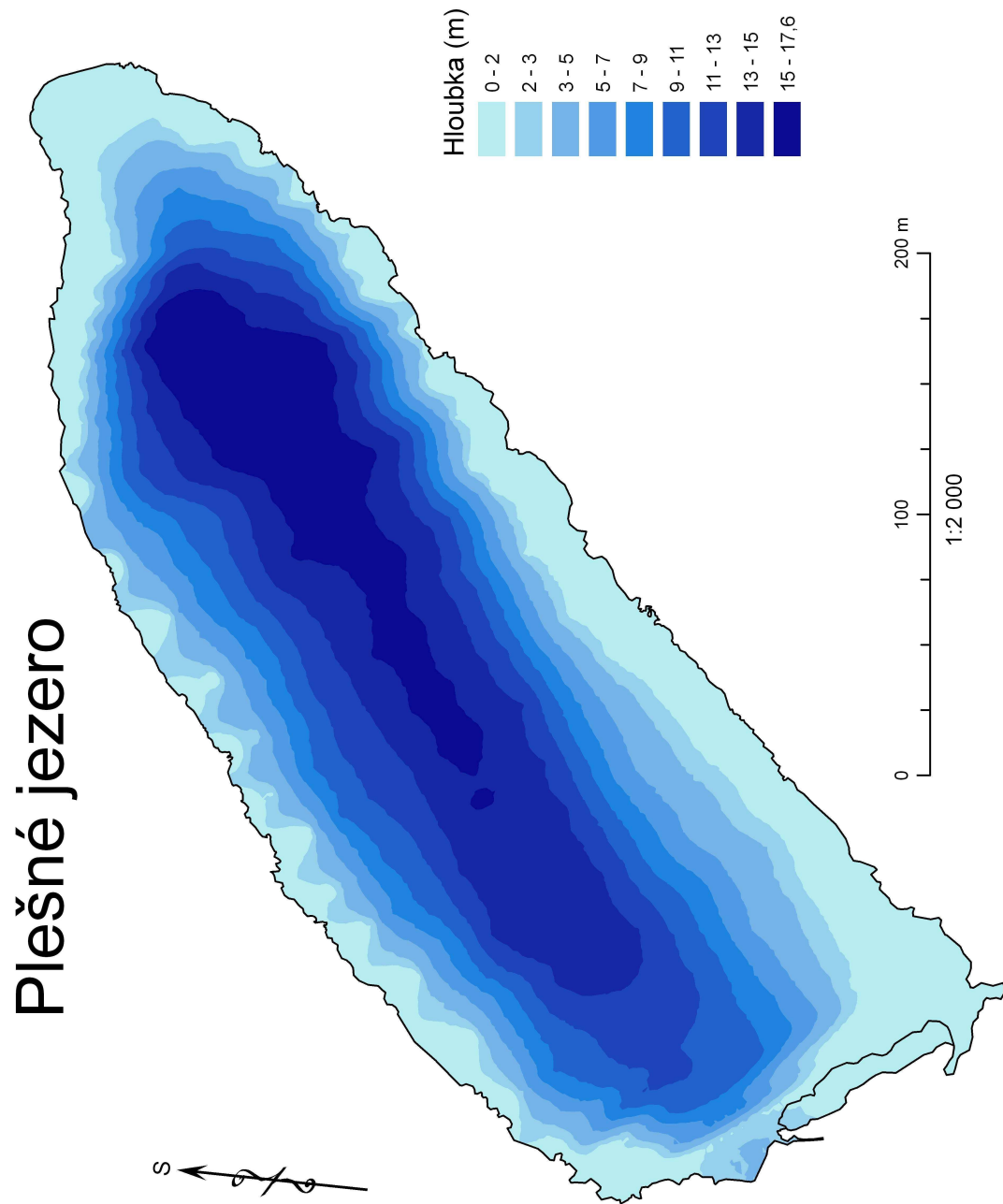
# Prášílské jezero



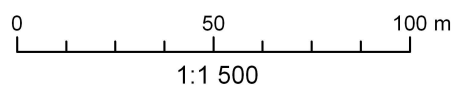
Příloha 3 Mapa profilů Plešného jezera



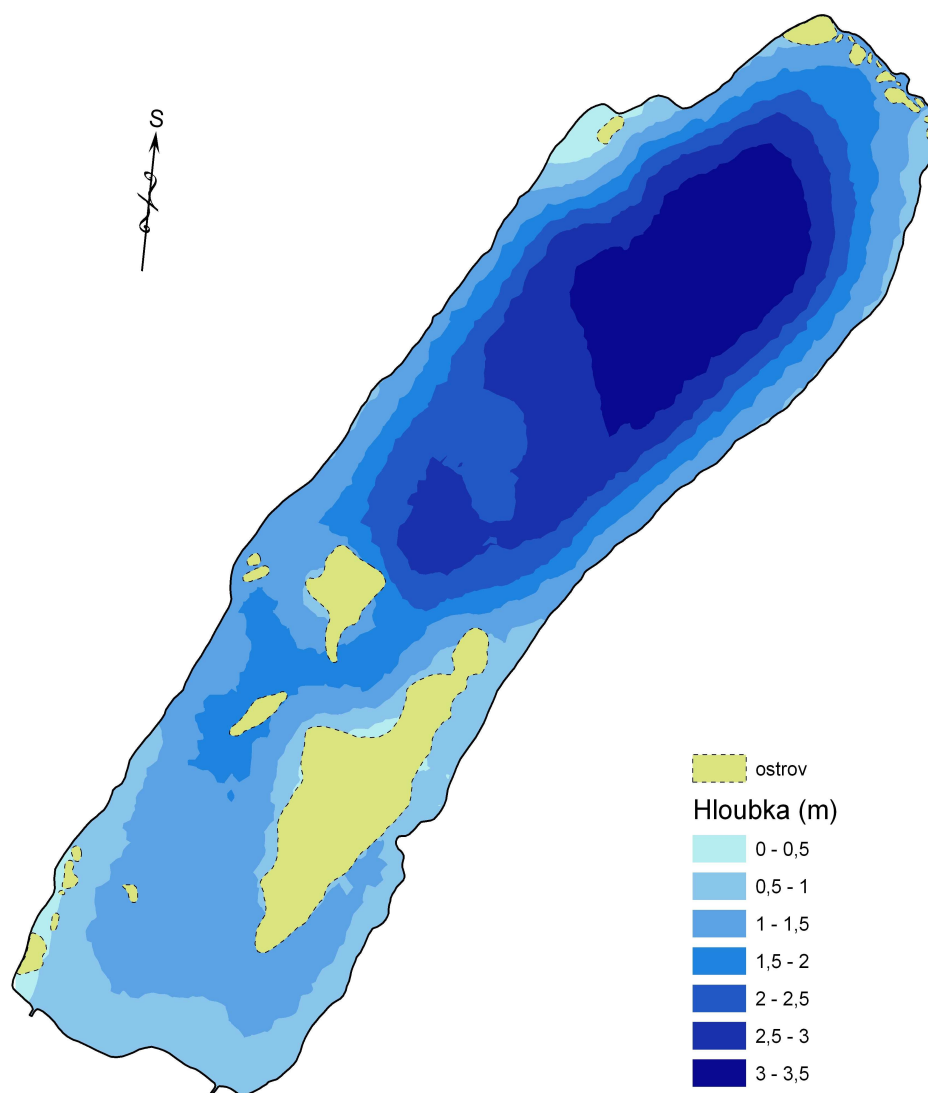
Příloha 4 Mapa Plešného jezera spočtena metodou IDW



# Jezero Laka

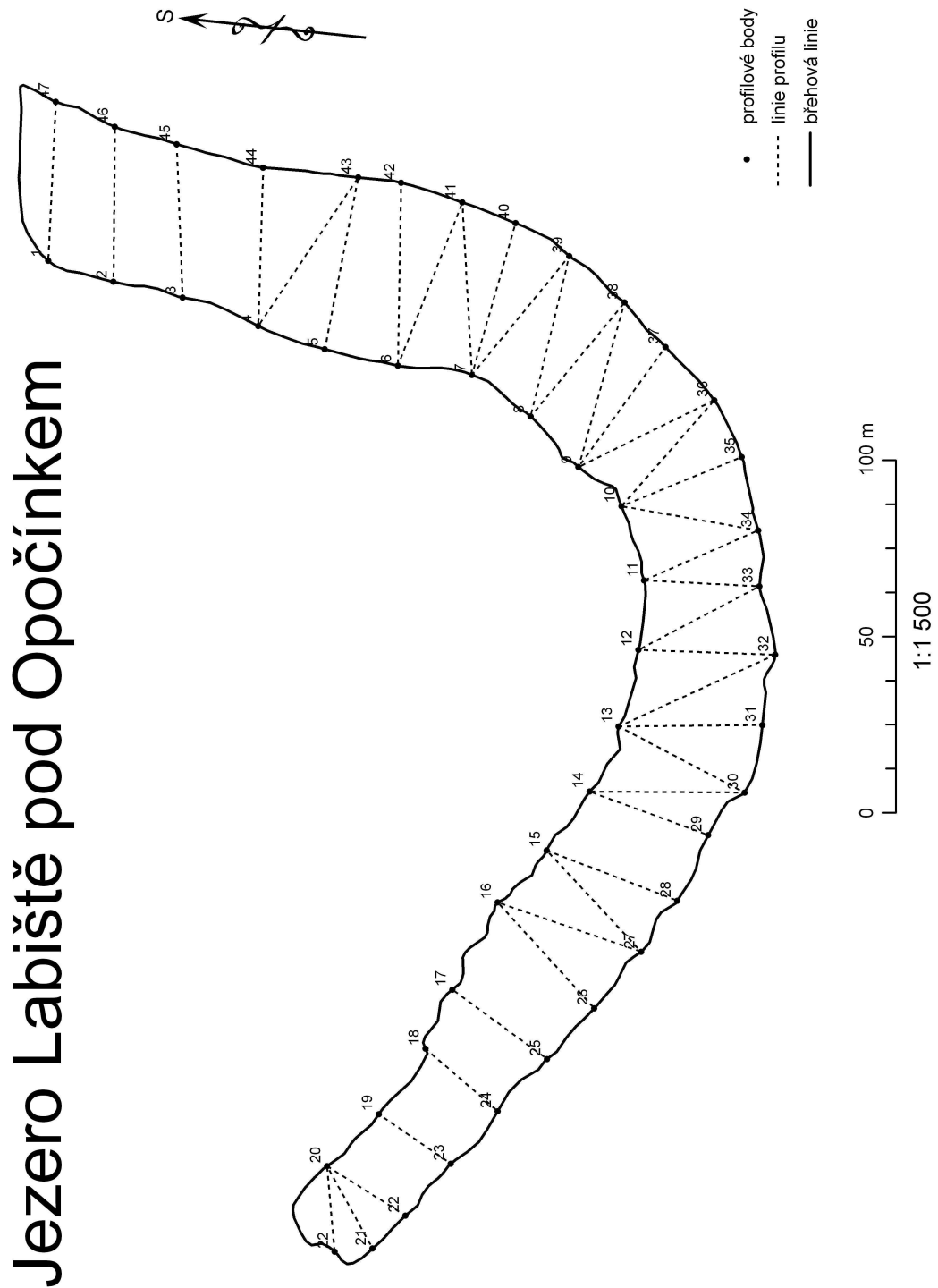


# Jezero Laka

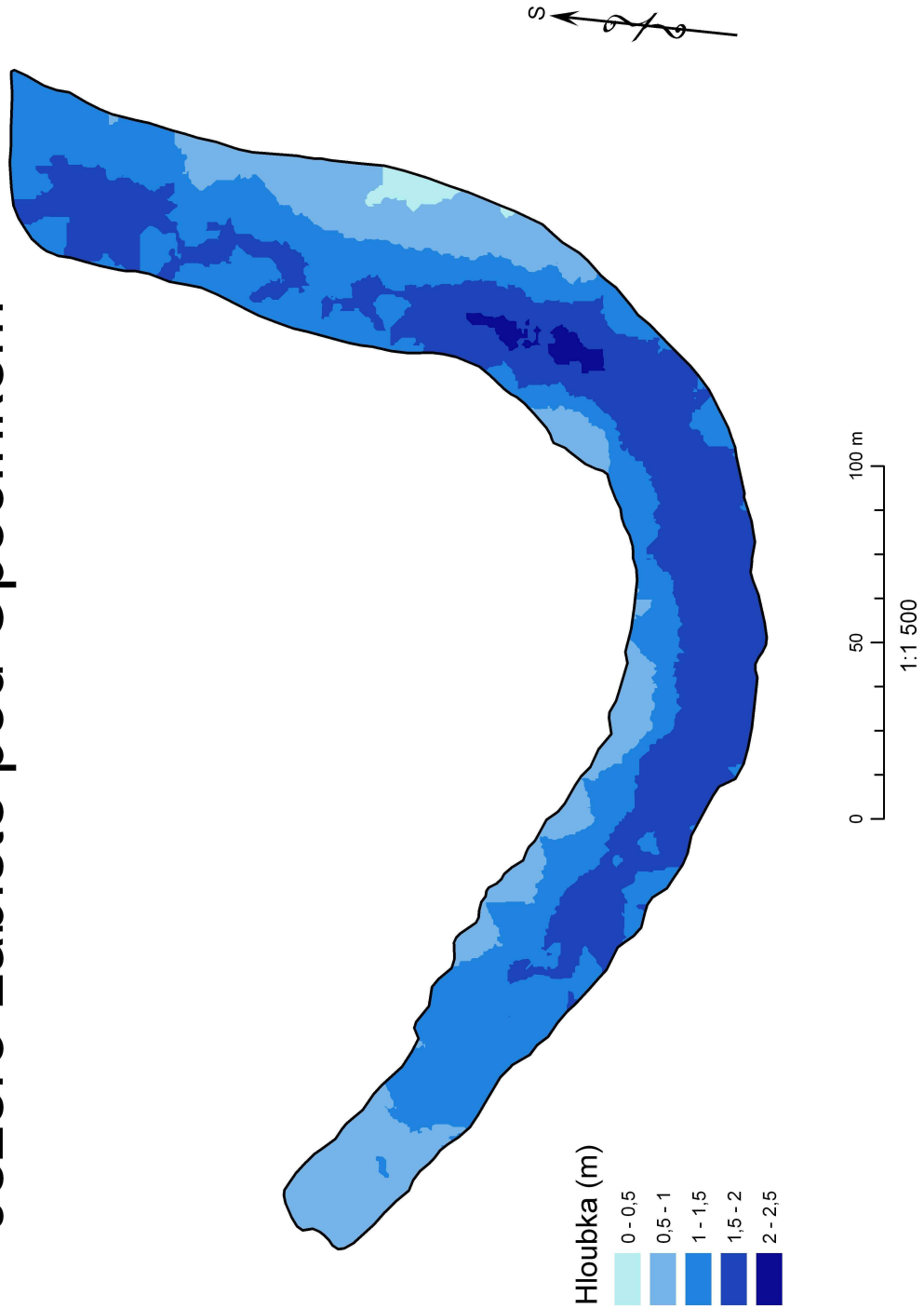


0 50 100 m  
1:1 500

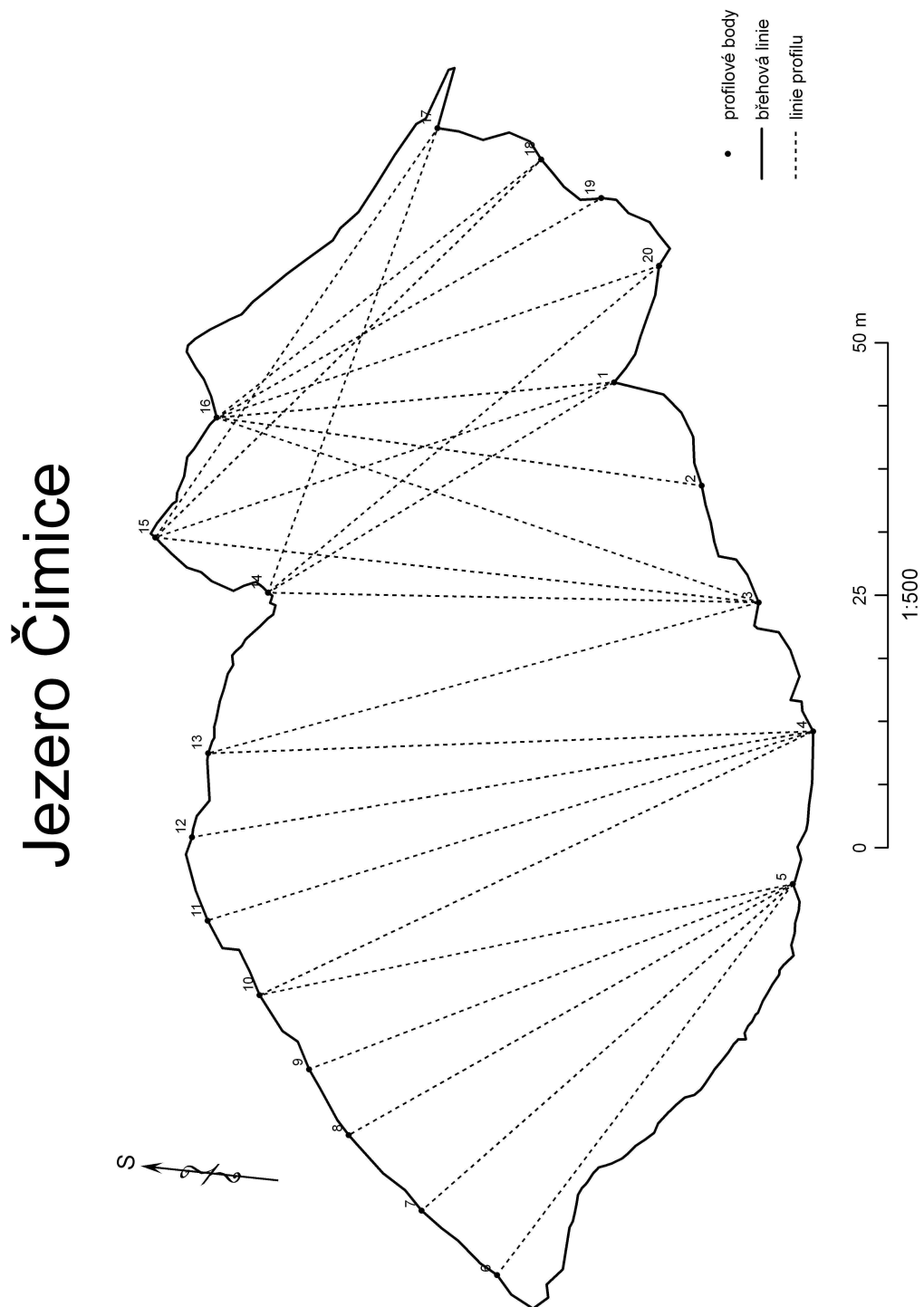
Příloha 7 Mapa profilů jezera Labiště pod Opočínkem



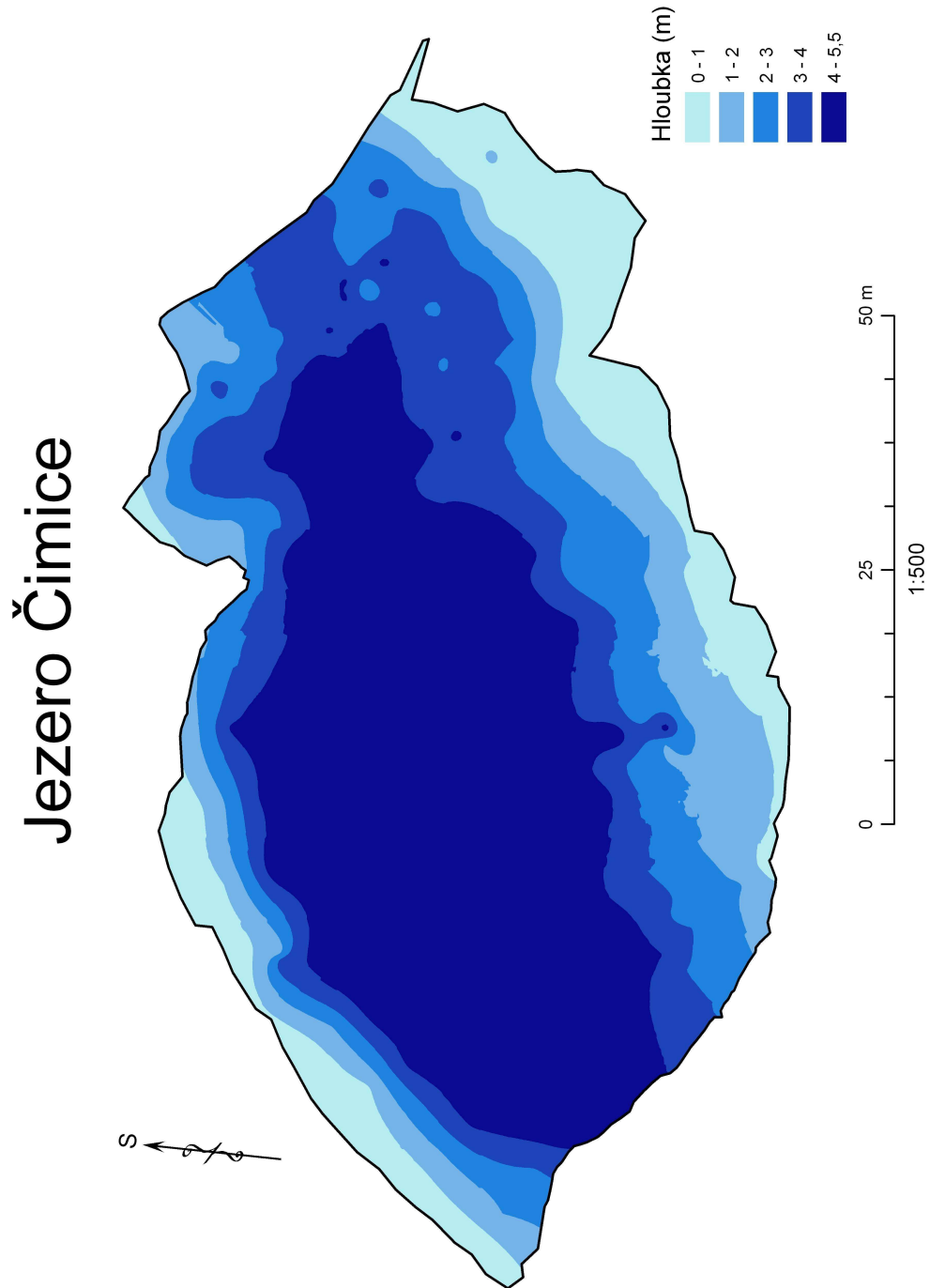
# Jezero Labiště pod Opočínkem



Příloha 9 Mapa měřených profilů Čimického jezera



Příloha 10 Mapa jezera Čimice zobrazena pomocí metody Kriging



Příloha 11 Tabulka naměřených hloubek Plešného jezera v roce 2009

Profil	1-2	Profil	3-4	Profil	5-6	Profil	7-8	Profil	9-10	Profil	11-12	Profil	13-14
Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0
5	0,3	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,9	5	1,7	5	2,4
10	0,4	10	0,7	10	0,7	10	0,7	10	2,7	10	2,5	10	5
15	0,4	15	0,6	15	2,4	15	1	15	4,3	15	5,4	15	6,6
20	0,4	20	0,9	20	2,6	20	3	20	5,3	20	6,4	20	8,4
25	0,4	25	1,2	25	2,7	25	4	25	6,2	25	7,3	25	9,5
30	0,7	30	1,8	30	2,6	30	4,8	30	6,9	30	8,1	30	10,1
35	0,5	35	1,7	35	2,5	35	4,8	35	7,3	35	8,6	35	10,5
40	+3	40	1,5	40	2,3	40	4,3	40	7,2	40	9,2	40	10,9
		45	1	45	1,9	45	3,9	45	6,8	45	9,9	45	11,8
		50	0,2	50	1,5	50	3,1	50	5,9	50	10,3	50	12,8
		55	+0,5	55	0,5	55	2,1	55	4,9	55	9,8	55	13,5
				60	+2	60	1,4	60	3,6	60	7,6	60	14
						65	0,5	65	1,9	65	6,2	65	13,8
						70	+3,5	70	1	70	4,2	70	12,7
								75	0,6	75	1,6	75	10,6
								80	+4	80	1,2	80	9,1
										85	1	85	6,5
										90	0,7	90	3,6
										95	+1	95	1,7
												100	1
												105	0,7
												110	+3,5

Profil	15-16	Profil	17-18	Profil	19-20	Profil	21-22	Profil	23-24	Profil	25-26	Profil	27-28
Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.	
0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0	0
5	0,5	5	0,9	5	1,9	5	3,8	5	0,7	5	0,8	5	0,6
10	0,7	10	1,4	10	4,9	10	5	10	0,8	10	0,9	10	0,9
15	1,3	15	4,2	15	7	15	7,1	15	2,9	15	1,9	15	1,2
20	4,6	20	7	20	9,7	20	10	20	5,3	20	5,3	20	4,1
25	6,6	25	9,3	25	11,9	25	12,1	25	7,5	25	7,1	25	5,7
30	8,7	30	12,5	30	14,1	30	13,9	30	9,8	30	9,7	30	8,3
35	10,9	35	13,2	35	15,2	35	14,9	35	11,6	35	12	35	10,9
40	12,4	40	14,2	40	15,7	40	16,2	40	13,3	40	13,6	40	12,5
45	12,5	45	14,3	45	15,9	45	16,2	45	14,6	45	14,7	45	13,5
50	12,7	50	14,7	50	15,9	50	16,1	50	15,5	50	15,4	50	14,3
55	13,3	55	14,5	55	16,7	55	16,2	55	16	55	15,6	55	14,8
60	14,3	60	16,3	60	16,8	60	17,1	60	16	60	15,5	60	15,3
65	15,1	65	17	65	17,3	65	17,4	65	15,8	65	15,4	65	15,5
70	16	70	17,3	70	17,6	70	17,4	70	16,3	70	15,7	70	15,6
75	16,7	75	17,6	75	17,5	75	17,4	75	16,6	75	15,7	75	15,4
80	16,9	80	17,6	80	17,4	80	17,2	80	16,8	80	15,9	80	15,2
85	16,7	85	17,6	85	17,2	85	16,6	85	16,6	85	15,9	85	15,1
90	15,3	90	16,7	90	16,6	90	15,9	90	16,3	90	15,4	90	15,3
95	13,6	95	15,9	95	15,9	95	15,2	95	16,1	95	14,4	95	14,8
100	11,4	100	14,3	100	15	100	14,8	100	14,7	100	13,6	100	14,1
105	8,6	105	11,4	105	13,5	105	14	105	14	105	12,5	105	12,8
110	6,1	110	8,9	110	11,2	110	13,2	110	13,5	110	11,4	110	11,8
115	2,6	115	5,8	115	10	115	11,4	115	12,8	115	10,7	115	10,4
120	1,1	120	1,9	120	7,4	120	9,9	120	12,3	120	10,2	120	9,3
125	0,5	125	1	125	3,9	125	7,4	125	11,4	125	9,8	125	8,5
130	+3	130	0,5	130	1,8	130	5,4	130	10,6	130	8,7	130	7,6
		135	-1	135	0,7	135	2	135	8,6	135	7,3	135	6,6
				140	+2,5	140	+3,5	140	6,7	140	5,3	140	5,2
								145	3	145	2	145	1,5
								150	0	150	-1	150	0

Profil	29-30	Profil	31-32	Profil	33-34	Profil	35-36	Profil	37-38	Profil	39-40	Profil	41-42
Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.		Vzd.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,7	5	0,6	5	0,5	5	0,6	5	0,6	5	0,6	5	0,6
10	0,7	10	0,9	10	0,7	10	0,7	10	0,8	10	0,9	10	0,9
15	0,8	15	1,2	15	1,1	15	0,9	15	1,4	15	1,3	15	1,5



## SEZNAM ZDROJŮ INFORMACÍ

JANSKÝ, Bohumír, ŠOBR, Miroslav. *Jezera České republiky : Současný stav geografického výzkumu*. 2003. vyd. Praha : [s.n.], 2003. 216 s.

JANSKÝ, Bohumír, ŠOBR, Miroslav, KOCUM, Jan, ČESÁK, Julius. Nová batymetrická mapování glaciálních jezer na české straně Šumavy. In *Geografie : Sborník české geografické společnosti*. 2005. vyd. Albertov 6, Praha 2 : [s.n.], 2005. s. 176-187.

ŠTYCH, Přemysl, et al. *Vybrané funkce geoinformačních systémů*. 2008. vyd. Praha : [s.n.], c2008. 178 s.

ČESÁK, Julius, ŠOBR, Miroslav. Metody batymetrického mapování českých jezer. In *Geografie : Sborník české geografické společnosti*. [s.l.] : [s.n.], 2005. s. 141-151.

VRÁNEK, Tomáš. *Plešné jezero*. [s.l.], 1999. 96 s. Diplomová práce.

ZBOŘIL, Aleš. *Prášílské jezero*. [s.l.], 1994. 91 s. Diplomová práce.