ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, Katedra mapování a kartografie

Studijní program: **Geodézie a kartografie**

Studijní obor: **Geodézie a kartografie**

Kartometrická analýza historické Aretinovy mapy Čech

Cartometric Analysis of the old Aretin map of Bohemia

Diplomová práce
Akademický rok 2008/2009

Diplomant: Bc. Klára Vyhnalová

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Bohuslav Veverka, DrSc.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

Klára Vyhnalová

Děkuji vedoucímu diplomové práce – panu prof. Ing. Bohuslavu Veverkovi, DrSc. – za odbornou radu a pomoc při tvorbě diplomové práce.

Anotace

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci. Byla zpracována v rámci výzkumného projektu GAČR 205/07/0385 Kartometrická a semiotrická analýza a vizualizace starých map českých zemí z období 1518-1720.

Cílem práce bylo zjistit polohovou přesnost staré Aretinovy mapy Čech.

K tomuto účelu byla určena přesnost, s jakou jsou zakreslena v mapě města a přesnost zakreslení větvení vodních toků. Hodnoty polohové přesnosti byly zjištěny na reprezentativním vzorku 240 vhodně rozmístěných měst a 30 větvení vodních toků.

Zjištěné polohové přesnosti zkoumaných prvků byly transformovány pomocí 3 typů transformací a vizualizovány pomocí distorzní mřížky, vektorů posunů a měřítkových izolinií.

Výsledkem práce je porovnání a zhodnocení různých typů transformace a vizualizace. Dále pak zjištění vlivu počtu identifikovaných objektů na mapě.

Summary

The diploma thesis continues the bachelor thesis.

The thesis was elaborated as a part of research project GAČR 205/07/0385 Cartometric and semiotic analysis and visualisation of the old Czech lands maps from the period 1518-1720.

The goal of this work was to determine spatial accuracy of the old Aretin's map of Bohemia.

The used method was to measure precision of mapping of 240 selected towns and 30 junctions of major rivers.

Observed spatial accuracies of measured objects were transformed by 3 types of transformations and visualised by distortion grid, displacement vectors and scale isolines.

The result of this work is a comparison and evaluation of the above mentioned transformations and visualisations and evaluation of effect of the number of identified objects.

Klíčová slova

Český výraz	Anglický výraz
- Aretinova mapa Čech	- Aretin´s map of Bohemia
- stará mapa	- old map
- kartometrická analýza	- cartometric analysis
- polohová přesnost	- spatial accuracy
- zakreslení měst v mapě	- precision of mapping of towns
- zakreslení soutoků vodních toků v mapě	- precision of mapping of junctions of major rivers
- grafická transformace	- grafical transformation
- vizualizace	- vizualition

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ 9

1 ÚVOD 11

2 FAKTA O MAPĚ 12

1.2.1 Autor 12

1.2.2 Mapa 13

3 TEORETICKÁ PŘÍPRAVA 17

3.1 MapAnalyst 17

3.1.1 Práce v programu MapAnalyst 18

3.1.2 Transformace 20

3.1.3 Vizualizace 23

4 POSTUP 25

5 SEZNAM PRVKŮ POUŽITÝCH JAKO IDENTICKÉ BODY 27

5.1 Seznam sídel 27

5.1.1 60 sídel 27

5.1.2 Zhuštění na 120 sídel 28

5.1.3 Zhuštění na 180 sídel 29

5.1.4 Zhuštění na 240 sídel 30

5.2 Seznam soutoků 31

6 VÝSLEDKY 37

6.1 Porovnání polohové přesnosti při různém počtu identických bodů 37

6.2 Porovnání polohové přesnosti při různých typech transformací 46

7 ZHODNOCENÍ 52

8 LITERATURA 53

9 PŘÍLOHY 54

9.1 Souřadnice identických prvků 54

9.1.1 Souřadnice soutoků 54
9.1.2 Souřadnice sídel 56
9.2 Vizualizace polohové přesnosti zjišťovaných prvků 59
9.2.1 Při použití soutoků jako identických bodů 59
9.2.2 Při použití sídel jako identických bodů 65
9.2.3 Při použití sídel i soutoků jako identických bodů 77
9.3 Protokoly o transformaci z programu MapAnalyst 80
9.3.1 Identické body = 30 soutoků 80
9.3.2 Identické body = 29 soutoků 80
9.3.3 Identické body = 60 sídelních jednotek 81
9.3.4 Identické body = 120 sídelních jednotek 81
9.3.5 Identické body = 180 sídelních jednotek 82
9.3.6 Identické body = 240 sídelních jednotek 83
9.3.7 Identické body = 240 sídelních jednotek + 29 soutoků 83

Seznam obrázků

Obr.1 Andělíček překrývající v mapě pramen Vltavy 14
Obr.2 Značkový klíč 15
Obr.3 Královna a král 15
Obr.4 Císařský orel a český lev 16
Obr.5 Prostředí programu MapAnalyst 18
Obr.6 Rozmístění sídel (60 sídel) 32
Obr.7 Rozmístění sídel (zhuštění na 120 sídel) 33
Obr.8 Rozmístění sídel (zhuštění na 180 sídel) 34
Obr.9 Rozmístění sídel (zhuštění na 240 sídel) 35
Obr.10 Rozmístění soutoků 36
Obr.11 Distorzní mřížka při použití 269 a 60 identických bodů 37
Obr.12 Distorzní mřížka při použití 269 a 240 identických bodů 38
Obr.13 Distorzní mřížka při použití 269, 240 a 60 identických bodů 39
Obr.14 Vektory při použití 269 a 60 identických bodů 40
Obr.15 Vektory při použití 269 a 240 identických bodů 41
Obr.16 Vektory při použití 269, 240 a 60 identických bodů 42
Obr.17 Izolinie při použití 269 a 60 identických bodů 43
Obr.18 Izolinie při použití 269 a 240 identických bodů 44
Obr.19 Izolinie při použití 269, 240 a 60 identických bodů 45
Obr.20 Distorzní mřížka při použití různých typů transformací pro 60 id. bodů 46
Obr.21 Distorzní mřížka při použití různých typů transformací pro 269 id. bodů 47
Obr.22 Vektory při použití různých typů transformací pro 60 id. bodů 48
Obr.23 Vektory při použití různých typů transformací pro 269 id. bodů 49
Obr.24 Izolinie při použití různých typů transformací pro 60 id. bodů 50
Obr.25 Izolinie při použití různých typů transformací pro 269 id. bodů 51
Obr.26 Distorzní mřížka při použití 30 soutoků jako id. bodů 59
Obr.27 Vektory zkreslení při použití 30 soutoků jako id. bodů 60
Obr.28 Měřítkové izolinie při použití 30 soutoků jako id. bodů 61
Obr.29 Distorzní mřížka při použití 29 soutoků jako id. bodů 62
Obr.30 Vektory zkreslení při použití 29 soutoků jako id. bodů 63
Obr.31 Měřítkové izolinie při použití 29 soutoků jako id. bodů 64
Obr.32 Distorzní mřížka při použití 60 sídel jako id. bodů 65
Obr.33 Vektory zkreslení při použití 60 sídel jako id. bodů 66

Obr.34 Měřítkové izolinie při použití 60 sídel jako id. bodů 67
Obr.35 Distorzní mřížka při použití 120 sídel jako id. bodů 68
Obr.36 Vektory zkreslení při použití 120 sídel jako id. bodů 69
Obr.37 Měřítkové izolinie při použití 120 sídel jako id. bodů 70
Obr.38 Distorzní mřížka při použití 180 sídel jako id. bodů 71
Obr.39 Vektory zkreslení při použití 180 sídel jako id. bodů 72
Obr.40 Měřítkové izolinie při použití 180 sídel jako id. bodů 73
Obr.41 Distorzní mřížka při použití 240 sídel jako id. bodů 74
Obr.42 Vektory zkreslení při použití 240 sídel jako id. bodů 75
Obr.43 Měřítkové izolinie při použití 240 sídel jako id. bodů 76
Obr.44 Distorzní mřížka při použití 240 sídel + 29 soutoků jako id. bodů 77
Obr.45 Vektory zkreslení při použití 240 sídel + 29 soutoků jako id. bodů 78
Obr.46 Měřítkové izolinie při použití 240 sídel + 29 soutoků jako id. bodů 79

1 ÚVOD

Aretinova mapa Čech se řadí mezi nejstarší dochovaná mapová díla vytvořená na našem území. Sedmnácté století, tedy doba 1., 2. a 3. vydání této mapy (v letech 1619, 1632 a 1665), je dobou barokní kultury, kolonizace, ale i počátků novodobé filosofie a vědy. Zároveň je to doba plná náboženských a politických válek.

V době 1. a 2. vydání mapy na našem území zuřila **třicetiletá válka** (1618-1648). Následkem této války spolu s malým zapojením do mezinárodního obchodu došlo k dlouhodobému zpomalení pokroku a zaostávání Habsburské monarchie za státy západní Evropy. Z českých zemí po bitvě na Bílé hoře odešlo hodně význačných osobností (mezi nimi i Pavel Aretin).

Zřejmě i proto Aretinova mapa byla základem všech pozdějších map až do r. 1720. Objevovala se s obměnami v mnoha variantách, v různých jazycích (např. v nizozemských a anglických atlasech).

Z toho důvodu je zajímavé zjistit, s jakou přesností byl jednotlivec – bez moderní techniky a znalostí současné vědy – schopen změřit a zaznamenat prvky krajiny a vytvořit tak mapu rozsáhlého území.

2 FAKTA O MAPĚ

2.1 Autor

Mapa je vytvořena na základě skutečného měření. Pravděpodobně se jedná o výsledky měření zemského měřiče **Šimona Podolského**.

Šimon Podolský se narodil okolo roku 1562 v Olomouci. Roku 1575 se stal učedníkem tehdejšího zemského měřiče Matouše Ornyse z Lindperka.

V roce 1589 mu bylo uděleno měšťanské právo na Starém Městě pražském. Později byl povýšen do vladyckého stavu a byl mu udělen erb.

Roku 1590 vyhotovil mapu pro Petra Voka z Rožmberka. V roce 1599 byl pověřen zaměřením a vyhotovením map pro panství Křivoklát, Dobříš, Zbiroh, Králův Dvůr a Točník i s okolními sousedními pozemky. Roku 1610 na příkaz zemského sněmu zhotovil soupis a popis měr, které se měly na území Českého království používat. O rok později začal měřit Staré a Nové Město pražské, ale toto dílo se do dnešních dnů nezachovalo.

Šimon Podolský zemřel v roce 1617 [3].

Vydavatelem **I. a II vydání** mapy (z let 1619 a 1632) je **Pavel Aretin z Ehrenfeldu**.

Narodil se v Uherském Brodě kolem roku 1570.

V letech 1600 – 1608 působil v Klatovech jako radní písař. Tam se také oženil a sňatkem získal velký majetek.

V roce 1608 byl zaměstnán jako druhý písař Starého Města pražského.

Roku 1609 přijal funkci osobního sekretáře rožmberského šlechtice Petra Voka, odjel s ním na jeho panství a usídlil se na zámku v Třeboni. V této době získal základní měřičské znalosti při tvorbě rukopisné mapy zábřežského panství v měřítku přibližně 1:21 630. Je pravděpodobné, že mnohé rukopisné mapy částí rožmberských území zpracoval právě Aretin, není však pod těmito díly podepsán. Při převodech jednotlivých součástí rožmberského panství na rod Švamberků se pravděpodobně zdokonalil v triangulaci a mapování.

Po smrti Petra Voka roku 1612 pomáhal při organizaci jeho velkolepého pohřbu a na podzim toho roku se Pavel Aretin odstěhoval do Prahy, kde v roce 1613 zakoupil dům na Starém Městě za peníze, které dostal za své služby od Petra Voka. Za ty si také koupil titul šlechtice.

V roce 1615 získal od císaře Matyáše erb a přídomek z Ehrenfeldu.

Aktivně se zúčastnil stavovského povstání a po bělohorských persekucích odešel do exilu - v roce 1627 emigroval do saského města Pirna ležícího nedaleko Drážďan. V roce 1632 se při saské okupaci Čech nakrátko vrátil do vlasti, po opětovné emigraci do Pirny o jeho životě již nejsou žádné zprávy. Zemřel roku 1640.
Aretin se prohlásil pouze za vydavatele mapy, autor samotného mapového podkladu není dosud znám.
Rytcem I. vydání je Pražan francouzského původu **Paul Bayard**.

Vydavatelem **III. vydání** (z roku 1665) je mědirytec **Daniel Vusín.**
Kolem roku 1626 se narodil ve Štýrském Hradci. Později žil v Praze, kde také roku 1691 zemřel.

Pozdější, již **nedatované vydání** pochází od syna Daniela Vusína , mědirytce a knihkupce **Kašpara Vusína**.

2.2 Mapa

I. vydání (1619)
Bylo vytištěno pomocí měděných desek.
Rozměr rámu je: 766mm x 574mm.
Měřítko se uvádí přibližně 1 : 504 000.
Mapa vyšla pod názvem „Regni Bohemiae nova et exacta descriptio“ . To v překladu do češtiny znamená „Nový a přesný popis království Českého“.

obsah mapy
Vodstvo- zakreslení řek nebylo příliš přesné.
Kladská Nisa protéká Broumovským výběžkem jako Stěnava a vlévá se do Úpy. Ohře je spojena přes Krušné hory se saskými řekami (tato chyba zůstala i v druhém vydání).
Popsány jsou řeky Labe, Úpa, Metuje, Orlice, Chrudimka, Jizera, Cidlina, Ploučnice, Ohře, Vltava, Malše, Lužnice, Blanice, Mže.
Nakresleno, ale nepojmenováno, je velké množství dalších vodních toků včetně zahraničních.

Řeka Lužnice je zobrazena s rybníkem Jordán u Tábora.
Pramen Vltavy je zakrytý kresbou andělíčka (obr.1).

obr.1 Andělíček překrývající v mapě pramen Vltavy

Reliéf- zakreslení hor je poměrně přesné, ale pohoří nejsou popsána.
Pouze u Krkonoš je nápis „Krkonoše neboli Obří hory, v nichž démon, zvaný od obyvatelů Rýbrcoul, ukazuje nadpřirozenou moc“ (Krkonosse vel montes gigantum in quibus Daemon quem incolae Ribenzal vocant mirabilem dei protestatem monstrat).

Sídla- Aretinova mapa obsahuje 1157 sídel, včetně jejich abecedně seřazeného jmenného rejstříku. U každého místa jsou uvedeny dvě pravoúhlé souřadnice v českých mílích, které jsou počítaný od levého horního rohu.

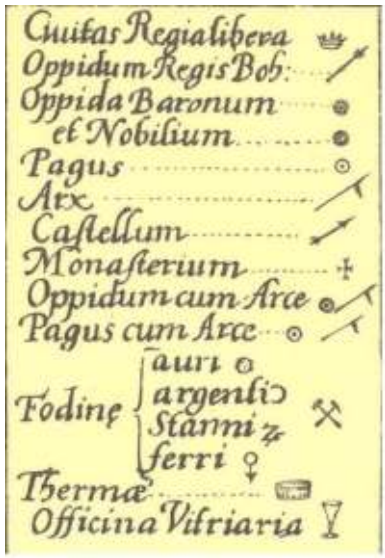
Komunikace- chybí zákres silniční sítě, zobrazena je pouze Zlatá stezka z Bavor do Českého Krumlova.

Hranice- na Aretinově mapě je poprvé zakresleno politické rozdělení Čech na patnáct krajů.

Geografické názvosloví- popis mapy je v češtině (velká písmena) i v němčině (malá písmena).

Tématický obsah- mapa obsahuje 16 smluvených značek (obr.2), které označují například svobodná královská města, šlechtická sídla, kláštery, doly, lázně a sklárny.

Vedle těchto značek jsou v mapě poznámky o nálezu nejkrásnějších perel a drahých kamenů.



obr.2 Značkový klíč

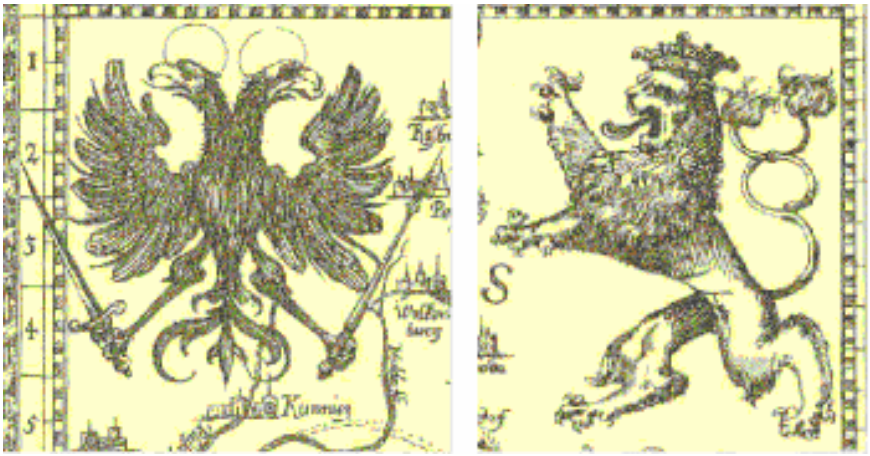
Na okrajích mapy jsou umístěny postavy jednotlivých vrstev obyvatel v dobových krojích (šest ženských postav vpravo, šest mužských vlevo). Je tu král a královna (obr. 3), šlechtici, kupci, venkované.

Díky tomuto tematickému obsahu je mapa velmi ceněná také mezi etnografy.

obr.3 Královna a král

V pravém dolním rohu je kartuš, která obsahuje věnování – Patriae honori ac utilitate D(at) Cons(ecra)t Paulus Arentinus ab Ehrenfeld, civis Antiq. urbis Pagensis anno exulcerati saeculi MDCXIX (K poctě a užitku vlasti věnuje a zasvěcuje Pavel Aretin z Ehrenfeldu občan Starého Města pražského v roce 1619).

Vpravo nahoře je vyobrazen český lev, vlevo nahoře pak císařský orel (obr. 4), tyto dva znaky spolu s poznámkou „cum consensu superiorum“, umístěnou v pravém dolním rohu, dávají mapě úřední ráz.



obr. 4 Císařský orel a český lev

II.vydání (1632)

Druhé vydání obsahovalo důležité změny. Nejnápadnější změnou bylo zpřesnění zobrazení řek ve východních Čechách. Odstraněna byla Chrudimka a přidány byly řeky Loučná, Divoká Orlice a Doubravka.

Vydání se lišilo také vyrytím nápisu Ab auctore recognita et aucta Anno Salutis 1632 do písmena O ve slově descriptio v názvu mapy.

Mapa se s největší jistotou používala pro vojenské účely. Tomu nasvědčuje zobrazení vojska v okolí Hradce Králové a Pardubic.

III.vydání (1665)

Ve vydáních Daniela a Kašpara Vusínů došlo opět ke zpřesnění poloh toků. Byly dokresleny lesy v jižních Čechách.

Nešlo však o nově vytvořené tiskařské desky, ale o přerytí desek původních [1].

3 TEORETICKÁ PŘÍPRAVA

Zjištění polohové přesnosti staré mapy se provádí porovnáním staré mapy s mapou současnou. K tomuto účelu je třeba vybrat prvky, které lze identifikovat na obou těchto mapách, a přiřadit jim na obou mapách souřadnice (mapy mají odlišné souřadnicové systémy). Tyto prvky lze poté využít pro transformaci map tzn. ztotožnění počátku a os souřadnicových systémů obou map.

Při transformaci jsou vypočítány souřadnice identických prvků v transformované mapě v souřadnicovém systému mapy, na kterou bylo transformováno. Při nadbytečném počtu identických prvků se vypočítané souřadnice liší od souřadnic mapy, na kterou bylo transformováno. Polohové nepřesnosti (tzn. rozdíl směru a vzdálenost prvků na mapě transformované a mapě, na kterou bylo transformováno) lze poté vizualizovat, tedy graficky znázornit jejich průběh.

Při vypracování diplomové práce byl použit nový software MapAnalyst.

Proto bude v této kapitole stručně popsán tento program, práce v něm, druhy transformace a vizualizace, které používá a které byly požity v diplomové práci.

3.1 MapAnalyst

MapAnalyst je švýcarský program vytvořený Bernhardem Jennym a Adrianem Weberem v Kartografickém institutu ETH Zurich. Jeho hlavním cílem je zjišťování polohové přesnosti starých map. Jedná se o sofware volně dostupný na http://mapanalyst.cartography.ch/. Lze ho spustit pod operačními systémy Windows, Linux, Mac OS X [5].

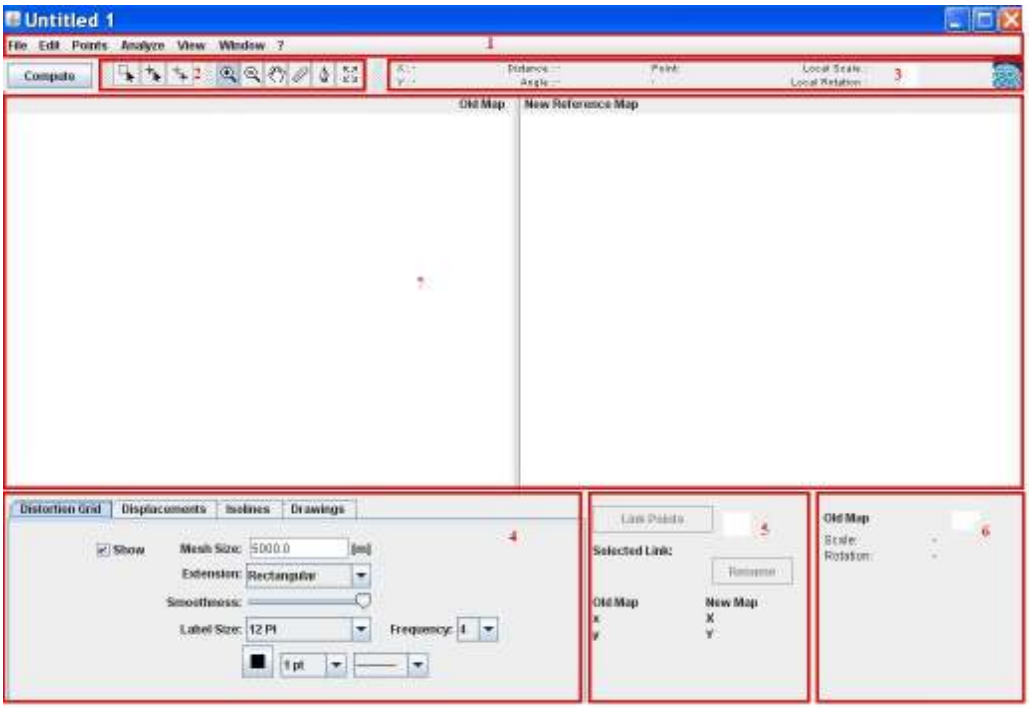
Program je lehce ovladatelný. Okno programu lze rozdělit na několik částí (obr. 5).

V horní části programu je lišta obsahující základní funkce potřebné k ovládání programu (část 1, obr. 5).

Pod touto lištou je umístěna lišta, která obsahuje v levé části nástroje k umístění identických bodů a jejich případné úpravě (část 2, obr. 5), v pravé části pak informace vztahující se k poloze bodu v mapě (část 3, obr. 5).

Ve spodní části programu jsou záložky, ve kterých je možné upravovat parametry vizualizace (část 4, obr. 5), dále je zde část, která slouží ke ztotožnění bodů ve staré a nové mapě (část 5, obr. 5)., a část, ve které se vypisují základní informace o poslední provedené transformaci (část 6, obr. 5).

Ve střední části programu je prostor, ve kterém se zobrazí načtené stará a nová referenční mapa (část 7, obr. 5).



obr. 5 Prostředí programu MapAnalyst

3.1.1 Práce v programu MapAnalyst

Prvním krokem při práci v tomto programu je načtení staré a nové referenční mapy s použitím funkcí *Import Old Map* a *Import New Map*.

Do programu je možné načíst rastrové obrázky ve formátu JPEG, PNG, GIF a BMP. Mapy musí být kvalitně naskenovány, zároveň by však neměly být větší než 5000 x 5000 pixelů. Objemnější rastry by mohly zpomalit práci programu.

Pro správný výpočet měřítka staré mapy je nutné při načítání této mapy vyplnit informaci o DPI (počet pixelů na 1 palec).

Při načítání nové referenční mapy je třeba, aby ve stejném adresáři, kde je uložena mapa, byl uložen i soubor *world file*. Tento textový soubor se musí jmenovat stejně, jako referenční mapa a obsahuje 6 řádků:

Řádek 1: velikost pixelu ve směru osy x

Řádek 2: rotace okolo osy y

Řádek 3: rotace okolo osy x

Řádek 4: záporná velikost pixelu ve směru osy y

Řádek 5: souřadnice X levého horního pixelu

Řádek 6: souřadnice Y levého horního pixelu

Přípona souboru *world file* závisí na formátu obrázku nové mapy:

Pro obrázek JPG je třeba *world file* JGW.

Pro obrázek PNG je třeba *world file* PGW.

Pro obrázek GIF je třeba *world file* GFW.

Pro obrázek BMP je třeba *world file* BPW.

Místo nové referenční mapy lze pro kartometrické hodnocení použít seznam bodů se známými souřadnicemi. Při skenování mapy dochází k nežádoucí deformaci mapy, proto je použití seznamu bodů vhodnější. Seznam bodů nové referenční mapy je možné načíst z textového souboru pomocí funkce *Import Points For New Map*.
Textový soubor musí obsahovat data ve 3 sloupcích:

Název bodu	Souřadnice X	Souřadnice Y

Po načtení staré mapy a seznamu bodů nové referenční mapy je třeba spojit body, které si vzájemně odpovídají, pomocí funkce *Link Points*.
Pro minimálně 3 dvojice spojených bodů je pak možné provést výpočet transformace pomocí funkce *Compute* a následnou vizualizaci polohových nepřesností staré mapy.
Program MapAnalyst umožňuje exportovat výslednou kresbu staré resp. nové mapy použitím funkce *Export Old Map Graphics* resp. *Export New Map Graphics*. Je také možné vyexportovat seznam identických bodů s jejich souřadnicemi ve staré mapě, nové referenční mapě nebo souřadnicemi spojených bodů jak ve staré, tak i nové mapě. K vyexportování identických bodů se používají funkce *Export Points*. Výsledkem exportování bodů pouze ze staré mapy nebo pouze z nové mapy je textový soubor obsahující 3 sloupce:

Název bodu	Souřadnice X	Souřadnice Y

Výsledkem exportování spojených bodů s jejich souřadnicemi ve staré i nové mapě je textový soubor obsahující 5 slopců:

Název bodu	Souřadnice X ve staré mapě	Souřadnice Y ve staré mapě	Souřadnice X v nové mapě	Souřadnice Y v nové mapě

3.1.2 Transformace

Typ transformace i její směr ovlivní polohové nepřesnosti prvků mapy. Program MapAnalyst nabízí k výpočtům Helmertovu, afinní pětiprvkovou, afinní šestiprvkovou a Helmertovu robustní transformaci. Helmertova robustní transformace nebyla při vytváření diplomové práce využita, proto budou podrobněji popsány pouze první tři typy transformace.

Helmertova transformace

Tato transformace je konformní podobnostní transformace s nadbytečným počtem identických bodů.

Podobnostní transformace bodů se provede pomocí posunu počátku souřadnicové soustavy, jednoho pootočení a jedné změny měřítka.

K řešení transformace podobnostní je třeba 2 identických bodů. Jestliže je zadán větší počet identických bodů, úloha se řeší vyrovnáním metodou MNČ (metodou nejmenších čtverců) a této transformaci se říká Helmertova transformace [8].

Helmertovu transformaci lze vyjádřit pomocí transformačních rovnic:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix} \tag{1}$$

V rovnici jsou X_i, Y_i souřadnice ve výstupní soustavě, x_i, y_i jsou souřadnice ve vstupní soustavě, q je skalární změna měřítka (délkový modul), T_X, T_Y je posun počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě a R je matice rotace.

Pro matici rotace platí vztah:

$$R = \begin{pmatrix} \cos\omega & -\sin\varpi \\ \sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \tag{2}$$

Kde ω je úhel pootočení souřadnicových os.

Afinní pětiprvková transformace

Transformace bodů se provede pomocí posunu počátku souřadnicové soustavy, jednoho pootočení os mezi původním a novým systémem a dvou změn měřítka (ve směru os).

K řešení afinní pětiprvkové transformace je třeba 3 identických bodů. Při zadání vyššího počtu identických bodů se úloha řeší vyrovnáním [8].

Afinní pětiprvkovou transformaci lze vyjádřit pomocí transformačních rovnic:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix} \tag{3}$$

V rovnici jsou X_i, Y_i souřadnice ve výstupní soustavě, x_i, y_i jsou souřadnice ve vstupní soustavě, q je změna měřítka (délkový modul), T_X, T_Y je posun počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě a R je matice rotace.

Pro změnu měřítka platí:

$$q = (qx,qy) \tag{4}$$

Kde *qx, qy* jsou změny měřítka ve směru os

Pro matici rotace platí vztah:

$$R = \begin{pmatrix} \cos\omega & -\sin\varpi \\ \sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \tag{5}$$

Kde ω je úhel pootočení souřadnicových os.

Afinní šestiprvková transformace

Transformace bodů se provede pomocí posunu počátku souřadnicové soustavy, dvou pootočení os mezi původním a novým systémem a dvou změn měřítka (ve směru os). K řešení afinní šestiprvkové transformace je třeba 3 identických bodů. Při zadání vyššího počtu identických bodů se úloha řeší vyrovnáním [5].

Afinní šestiprvkovou transformaci lze vyjádřit pomocí transformačních rovnic:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} = q \cdot \mathbf{R} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \end{pmatrix} \tag{6}$$

V rovnici jsou X_i, Y_i souřadnice ve výstupní soustavě, x_i, y_i jsou souřadnice ve vstupní soustavě, q je změna měřítka (délkový modul), T_X, T_Y je posun počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě a R je matice rotace.

Pro změnu měřítka platí:

$$q = (qx,qy) \tag{7}$$

Kde *qx, qy* jsou změny měřítka ve směru os

Pro matici rotace platí vztah:

$$R = \begin{pmatrix} \cos\omega & -\sin\gamma \\ \sin\omega & \cos\gamma \end{pmatrix} \tag{8}$$

Kde ω, γ jsou úhly pootočení souřadnicových os.

Vyrovnání metodou MNČ

Jestliže je úloze zadáno více identických bodů, je výsledek možné určit s vyrovnáním. K vyrovnání lze použít metodu nejmenších čtverců (MNČ). Pro její použití je potřeba znát přibližné hodnoty transformačních koeficientů.

Ty lze vypočítat:

$$\begin{pmatrix} T_{X0} \\ T_{Y0} \\ q_0 \cos\omega_0 \\ q_0 \sin\omega_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} [X_i] \\ [Y_i] \\ [X_i x_i + Y_i y_i] \\ [Y_i x_i - X_i y_i] \end{pmatrix} \tag{9}$$

V rovnici jsou T_{X0}, T_{Y0}, q_0 a R_0 přibližné hodnoty transformačních koeficientů. X_i, Y_i jsou souřadnice ve výstupní soustavě, x_i, y_i jsou souřadnice ve vstupní soustavě

Když známe přibližnou hodnotu transformačních koeficientů, můžeme je vyrovnat pomocí MNČ.

Rovnice oprav se vypočítá ze vztahu:

$$\mathbf{v_l} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{dx} + \mathbf{l} \tag{10}$$

V rovnici A s rozměrem (4,2n) je matice plánu (n je počet id. bodů), dx je vektor přírůstků transformačních koeficientů (T_X, T_Y, ω, q) a l je vektor redukovaných měření.

Matici plánu lze vypočítat:

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial \bar{x}}{\partial T_X} & \frac{\partial \bar{x}}{\partial T_Y} & \frac{\partial \bar{x}}{\partial q} & \frac{\partial \bar{x}}{\partial \omega} \\ \frac{\partial \bar{y}}{\partial T_X} & \Lambda & & \end{pmatrix} \tag{11}$$

Prvky matice plánu jsou parciální derivace:

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial T_x} = 1 \qquad \frac{\partial \bar{x}}{\partial T_Y} = 0$$

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial q} = \begin{pmatrix} \cos\omega_0 & -\sin\omega_0 \\ \sin\omega_0 & c\cos\omega_0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \tag{12}$$

$$\frac{\partial \bar{x}}{\partial \omega} = q_0 \cdot \begin{pmatrix} -\sin\omega_0 & -\cos\omega_0 \\ \cos\omega_0 & -\sin\omega_0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix}$$

Vektor redukovaných měření lze vypočítat:

$$\mathbf{l} = q_0 \cdot \mathbf{R_0} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix} \tag{13}$$

Vektor přírůstků transformačních koeficientů lze vypočítat:

$$\mathbf{dx} = -\mathbf{N} \cdot \mathbf{A}^{\mathbf{T}} \cdot \mathbf{l} \qquad \text{kde ...} \quad \mathbf{N} = (\mathbf{A}^{\mathbf{T}}\mathbf{A})^{-1} \tag{14}$$

Přírůstky transformačních koeficientů se přičtou k přibližné hodnotě transformačních koeficientů. Tím vzniknou vyrovnané transformační koeficienty, které lze nazpět dosadit do transformačních rovnic.

Kontrolou výpočtu je druhý výpočet oprav v_{II} pro identické body. Ty se vypočítají jako rozdíl původních souřadnic ve výstupní soustavě a souřadnic přetransformovaných. Tento rozdíl musí být menší než je požadovaná přesnost. Pokud tomu tak není, je třeba vyrovnané hodnoty transformačních koeficientů dosadit zpětně do matice *A* a znovu provést jejich vyrovnání.

3.1.3 Vizualizace

Program MapAnalyst umožňuje vizualizovat polohové nepřesnosti mapy pomocí distorzní mřížky, vektorů posunů, měřítkových izolinií a rotačních izolinií. Rotační izolinie nebyly při vytváření diplomové práce využity, proto budou podrobněji popsány pouze první tři typy vizualizace.

Distorzní mřížka

Distorzní mřížka je způsob zobrazení polohové nepřesnosti zkoumané mapy, který srozumitelně ukazuje, jak je mapa stočena proti skutečnosti.

Kdyby zkoumaná mapa měla stejné rozmístění bodů jako mapa referenční, distorzní mřížka by tvořila čtvercovou síť. Protože rozmístění bodů stejné není, distorzní mřížka je nepravidelná síť. Je tvořena spojnicemi míst, které před transformací tvořily čtvercovou síť. Transformací se jejich poloha změnila, a proto jejich spojnicemi již nejsou úsečky.

Program MapAnalyst umožňuje nastavit pro distorzní mřížku interval rozestupu rovnoběžek čtvercové sítě, tloušťku a styl čáry rovnoběžek čtvercové sítě, velikost a hustotu popisu čtvercové sítě.

Vektory posunu

Vektory posunu znázorňují polohovou přesnost každého identického bodu na mapě. Vektor spojuje místo bodu před transformací s jeho umístěním po transformaci.

Vektor má počátek v místě, ve kterém se nachází na zkoumané mapě, a končí v místě, na kterém by se bod nacházel, kdyby zkoumaná mapa měla stejné rozmístění bodů jako mapa referenční.

Čím je tedy vektor delší, tím je poloha bodu na zkoumané mapě nepřesnější.

Program MapAnalyst umožňuje nastavit pro vektory jejich zvětšení a tloušťku a styl čáry vektoru. Je možné také zobrazit kružnice chyb.

Měřítkové izolinie

Měřítkové izolinie jsou čáry spojující místa se stejným zkreslením měřítka.

Program MapAnalyst umožňuje nastavit pro izolinie je jejich interval rozestupu v závislosti na měřítku a poloměr vlivu v metrech, který udává vzdálenost bodů, které mají vliv na hodnotu izolinie, od místa, pro které se hodnota izolinie počítá. Je možné nastavit i tloušťku a styl čáry izolinie.

4 POSTUP

Při zjišťování polohové přesnosti Aretinovy mapy bylo navázáno na bakalářskou práci, při které byla zjišťována polohová přesnost mapy na reprezentativním vzorku 60 měst a 30 větvení říčních toků.

V diplomové práci byla polohová přesnost Aretinovy mapy zjišťována na širším vzorku identických bodů.

Nejprve byla ověřena správnost výpočtů programu MapAnalyst tak, že do programu byly načteny prvky, které byly použity jako identické body i v bakalářské práci. Pro ty byly vypočítány s použitím Helmertovy transformace polohové nepřesnosti. Tyto nepřesnosti byly poté vizualizovány vektory. Vektory vypočítané v bakalářské práci byly pak porovnány s vektory vytvořenými programem MapAnalyst.

Poté na mapě bylo vybráno dalších 180 sídelních jednotek, pro které byly zjištěny souřadnice v systému JTSK. K určení těchto souřadnic byl použit program InfoMapa. Souřadnice byly v programu měřeny v řádu metrů. Protože souřadnice z InfoMapy mají geodetické základy, v porovnání se souřadnicemi zjištěnými z Aretinovy mapy byly považovány pro další výpočet za bezchybné.

Pro vybrané prvky byly načteny do programu MapAnalyst souřadnice a vypočítány polohové nepřesnosti s použitím Helmertovy, afinní pětiprvkové a afinní šestiprvkové transformace. Pro jednotlivé transformace byly požity k vizualizaci polohových nepřesností postupně distorzní mřížka, vektory a měřítkové izolinie.

Výpočty a vizualizace byly provedeny pro úlohu, kde do výpočtů bylo jako identické body zahrnuto 60 sídelních jednotek, poté postupně 120 sídelních jednotek, 180 sídelních jednotek a 240 sídelních jednotek. Zvýšení počtu identických bodů bylo provedeno vždy zhuštěním již použitých identických bodů tak, aby rozložení bodů bylo co nejpravidelnější.

Transformace a vizualizace byly provedeny i pro úlohu, kde identickými body byla větvení říčních toků a nakonec pro úlohu, kdy identickými body byla jak všechna sídla, tak i soutoky.

V diplomové práci byla do Aretinovy mapy zakreslena distorzní mřížka s krokem 10 000 m, vektory byly zakresleny 2x zvětšené, izolinie s intervalem 40 000 a poloměrem vlivu 50 000 m.

Dále byly porovnány distorzní mřížky, vektory a izolinie vytvořené při výpočtech s použitím různých typů transformace a různého počtu identických bodů. Pro toto porovnávání byly použity distorzní mřížka a vektory se stejným nastavením jako při

zákresu do Aretinovy mapy. Izolinie byly použity s intervalem 24 000 a poloměrem vlivu 50 000 m.

K porovnávání různých vizualizací byla použita freeware verze programu Gimp 2, který byl vytvořen pro úpravu a vytváření rastrové grafiky. Program je volně dostupný na http:// www.gimp.cz/.

V tomto programu je možné položit na sebe 2 obrázky a u obrázku v horní vrstvě nastavit míru jeho průhlednosti, a tak porovnat podobnost průběhu vizualizací vzniklých 2 různými výpočty.

5 SEZNAM PRVKŮ POUŽITÝCH JAKO IDENTICKÉ BODY

5.1 Seznam sídel

5.1.1 60 sídel

Bechyně
Blatná
Boskovice
Broumov
Čelákovice
Česká Kamenice
České Budějovice
Dačice
Dobruška
Domažlice
Havlíčkův Brod
Hořice
Hradec Králové
Chomutov
Jihlava
Jindřichův Hradec
Karlovy Vary
Kladno
Klatovy
Klášterec nad Ohří
Kouřim
Lanškroun
Litoměřice
Lochovice
Louny
Manětín
Mělník
Milevsko
Mimoň
Mladá Boleslav
Náchod
Nový Bydžov
Pardubice
Pelhřimov
Písek
Plzeň
Podbořany
Prachatice
Rakovník
Rokytnice
Rosice
Rožmitál
Rychnov
Sedlčany
Skuteč
Sušice
Tachov
Teplá
Teplice
Trutnov
Třebíč
Turnov
Velké Březno
Vimperk
Vlašim
Zbraslav
Znojmo
Žďár nad Sázavou
Židlochovice
Žleby

5.1.2 Zhuštění na 120 sídel

Adšpach
Běla nad Radbuzou
Bezděz
Bezdružice
Bílina
Bochov
Brno
Březno
Čechtice
Český Dub
Dešná
Dubá
Dvůr Králové
Frýdlant
Horažďovice
Hradiště
Chotěboř
Chvatěruby
Jablonné nad Orlicí
Jablonné v Podještědí
Jáchymov
Kamenice
Kamenice nad Lipou
Kopidlno
Kounov
Kropáčova Vrutice
Landštejn
Lázně Bohdaneč
Lomnice nad Lužnicí
Lomnice nad Popelkou
Lubenec
Luže
Mladá Vožice
Moravské Budějovice
Moravský Krumlov
Nové Hrady
Nové Strašecí
Olešnice
Opatov
Počátky
Poděbrady
Police nad Metují
Polička
Postoloprty
Příbram
Radnice
Rokytnice v Orlických horách
Rožmberk nad Vltavou
Rumburk
Stod
Strakonice
Strašice
Tábor
Temelín
Tišnov
Týniště nad Orlicí
Vrchlabí
Zelená Lhota
Zlonice
Žďár

5.1.3 Zhuštění na 180 sídel

Andělská Hora
Bečovnad Teplou
Bor
Brodce
Dešenice
DolníBělá
Frymburk
Golčův Jeníkov
Habrovany
Hokov
Holany
Horní Studenec
Hospozín
Hostouň
Houska
Chvalšiny
Jaroměř
Jevíčko
Jílové u Prahy
Koloveč
Kostelec nad Labem
Křižanov
Kunštát
Kutná Hora
Libešice
Libochovany
Městec Králové
Mnichovice
Most
Myslibořice
Náměšť nad Oslavou
Nebílovy
Nepomuk
Netolice
Nižbor
Pacov
Pecka
Plánice
Pluhův Žďár
Pohořelice
Polná
Přelouč
Rataje nad Sázavou
Sadová
Semily
Sezemice
Sobotka
Telč
Tetín
Třebenice
Valcha
Velešín
Veliš
Votice
Vysoké nad Jizerou
Žamberk
Žatec
Žerotín
Žichovice
Žlutice

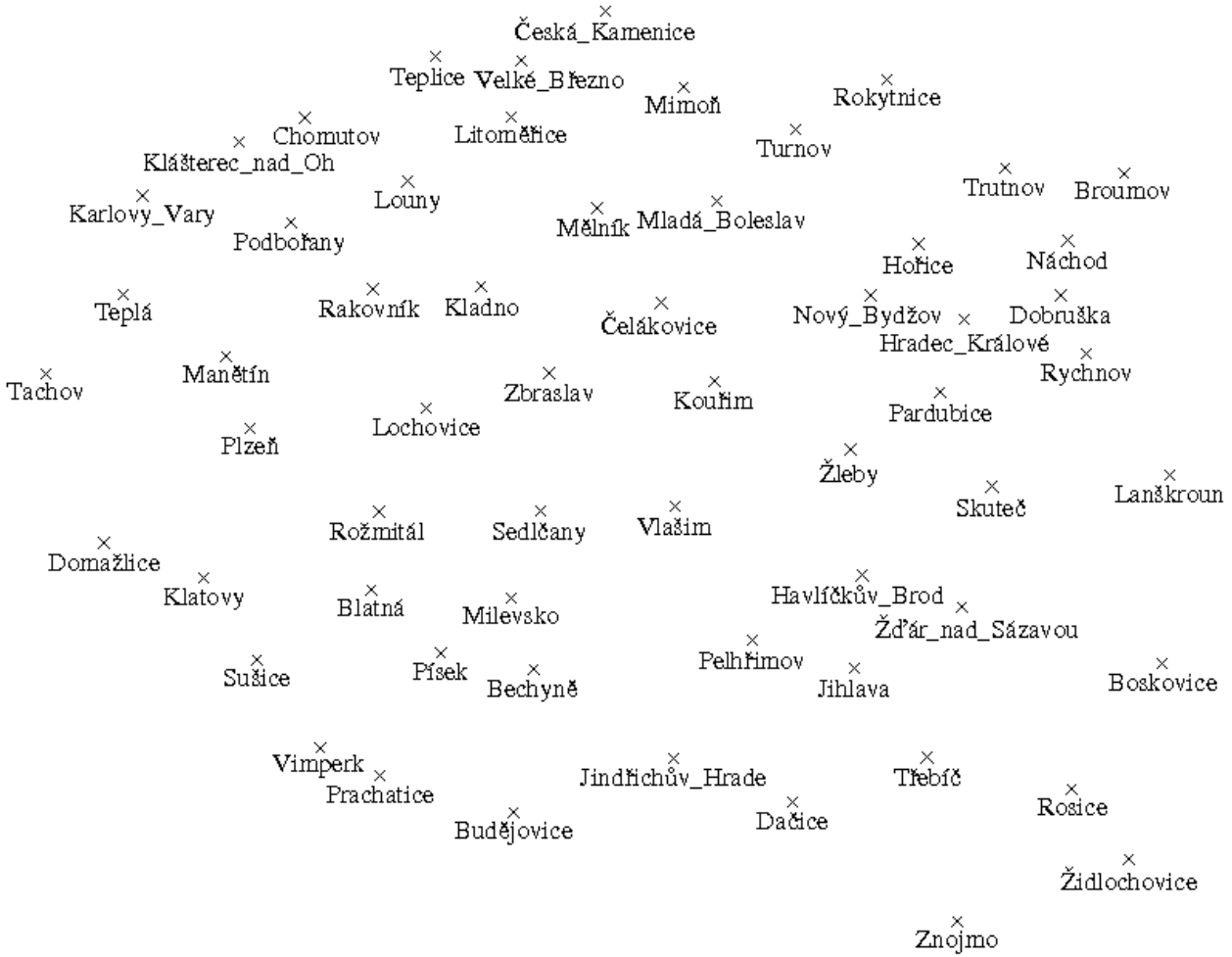
5.1.4 Zhuštění na 240 sídel

Bakov nad Jizerou
Benešov
Benešov nad Ploučnicí
Blansko
Blatno
Boletice
Borovany
Brandýs nad Orlicí
Budišov
Česká Skalice
Český Krumlov
Dobříš
Doksy
Dubeč
Duchcov
Havlíčkova Borová
Hluboká nad Vltavou
Horní Libchava
Horšovský Týn
Hořesedly
Hostinné
Hoštka
Humpolec
Choustník
Chrudim
Jemnice
Kdyně
Kladruby
Klášter Hradiště nad Jizerou
Kralovice
Libčeves
Liberec
Lnáře
Lomnice
Mirovice
Nechanice
Nepomyšl
NováVes
NovéHrady
NovýBor
Nymburk
Obděnice
Opálka
Opočno
Přeštice
Radonice
Rokycany
Sádek
Smidary
Smiřice
Solnice
Spálené Poříčí
Svitavy
Svojanov
Toužim
Trhový Štěpánov
Třeboň
Vlachovo Březí
Zdice
Žehuň

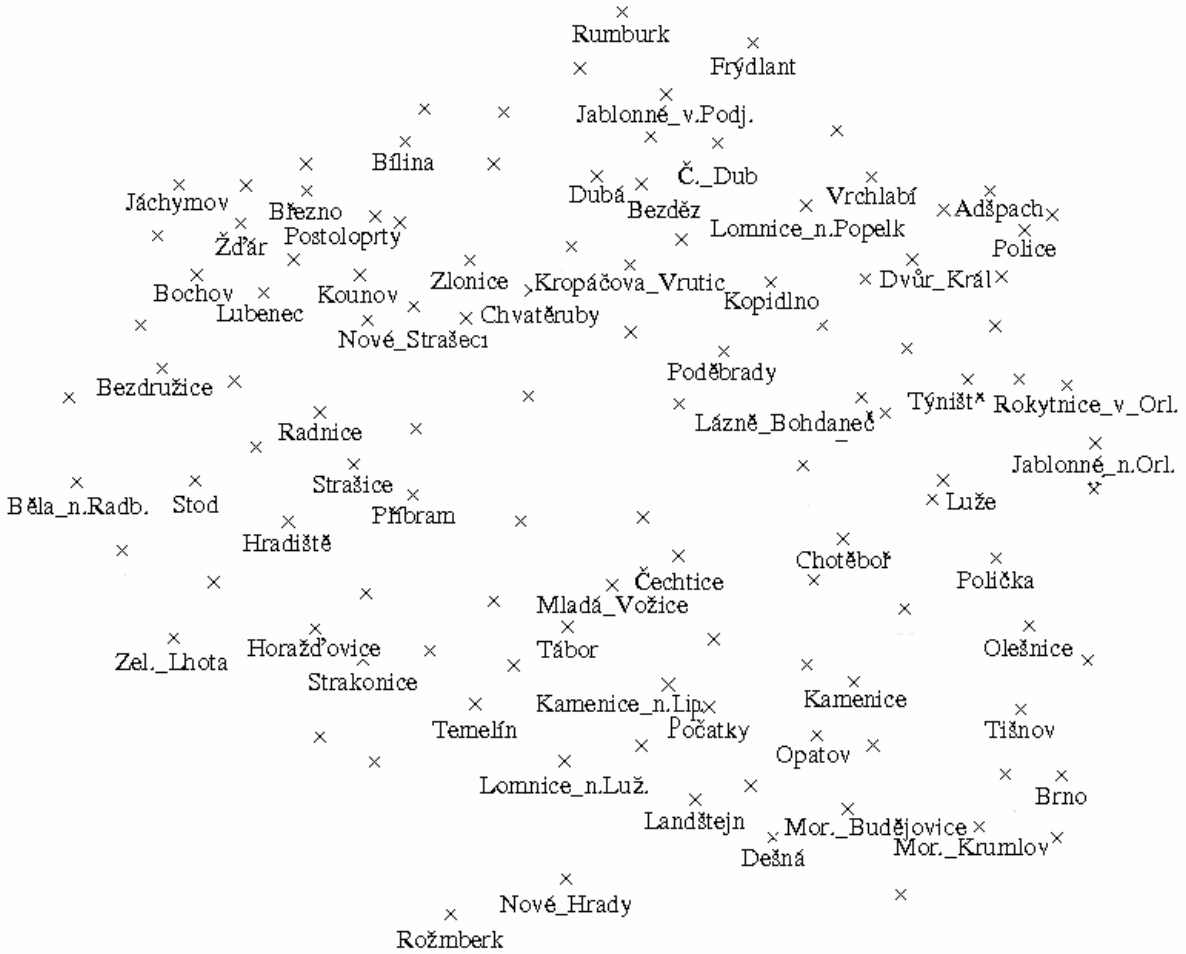
5.2 Seznam soutoků

Berounka – Loděnice
Berounka – Mže
Berounka – Rakovnický potok
Berounka – Střela
Berounka – Úslava
Jihlava – Oslava
Labe – Bílina
Labe – Chrudimka
Labe – Cidlina
Labe – Doubrava
Labe – Jizera
Labe – Metuje
Labe – Mrlina
Labe – Ohře
Labe – Orlice
Labe – Ploučnice
Labe – Úpa
Labe – Vltava
Ohře – Chomutovka
Ohře – Teplá
Otava – Blanice
Radbuza – Úhlava
Svratka – Loučka
Svratka – Svitava
Tichá Orlice – Divoká Orlice
Vltava – Berounka
Vltava – Lužnice
Vltava – Malše
Vltava – Otava
Vltava – Sázava

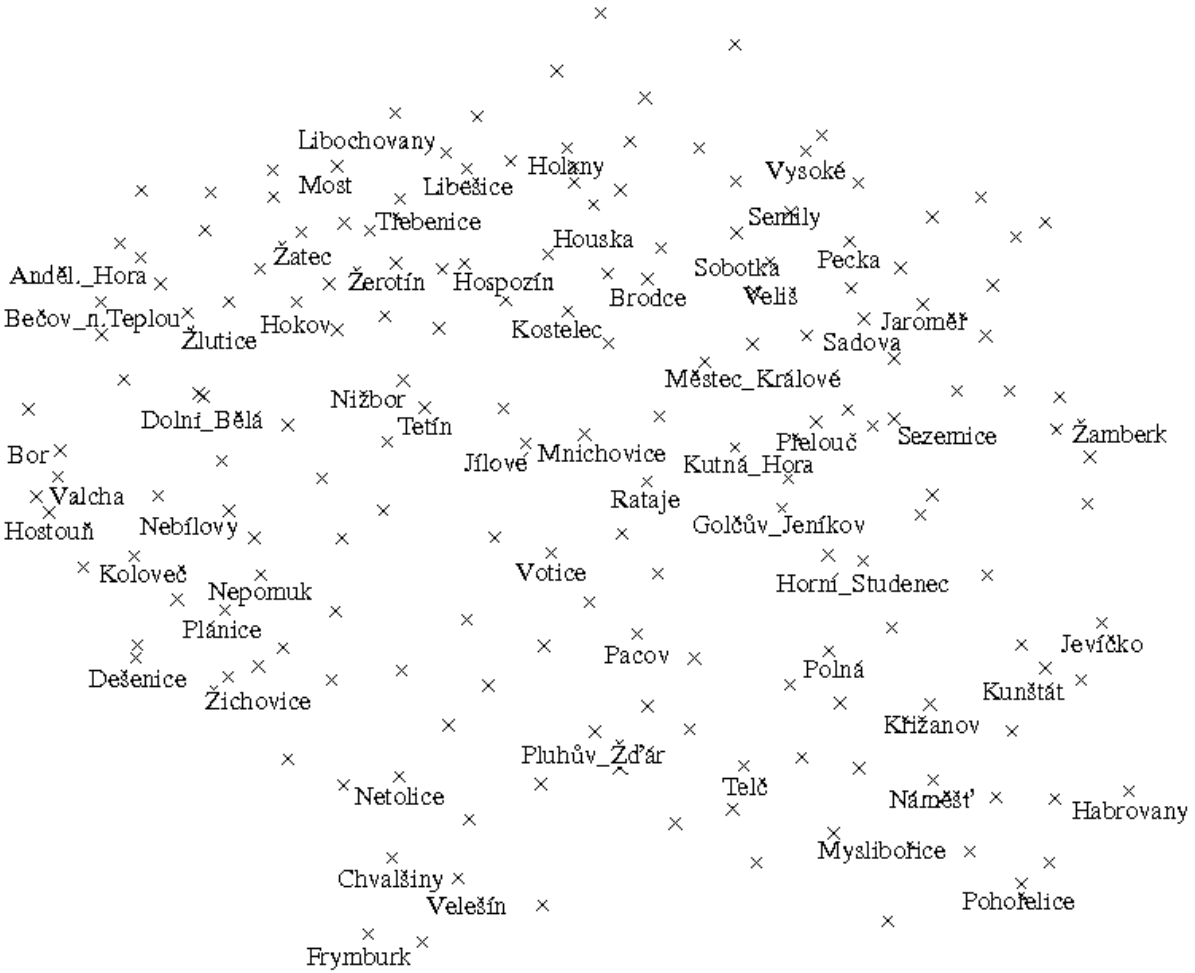
Vybraná města, vybrané soutoky řek a jejich rozložení jsou na obrázcích 5-9.



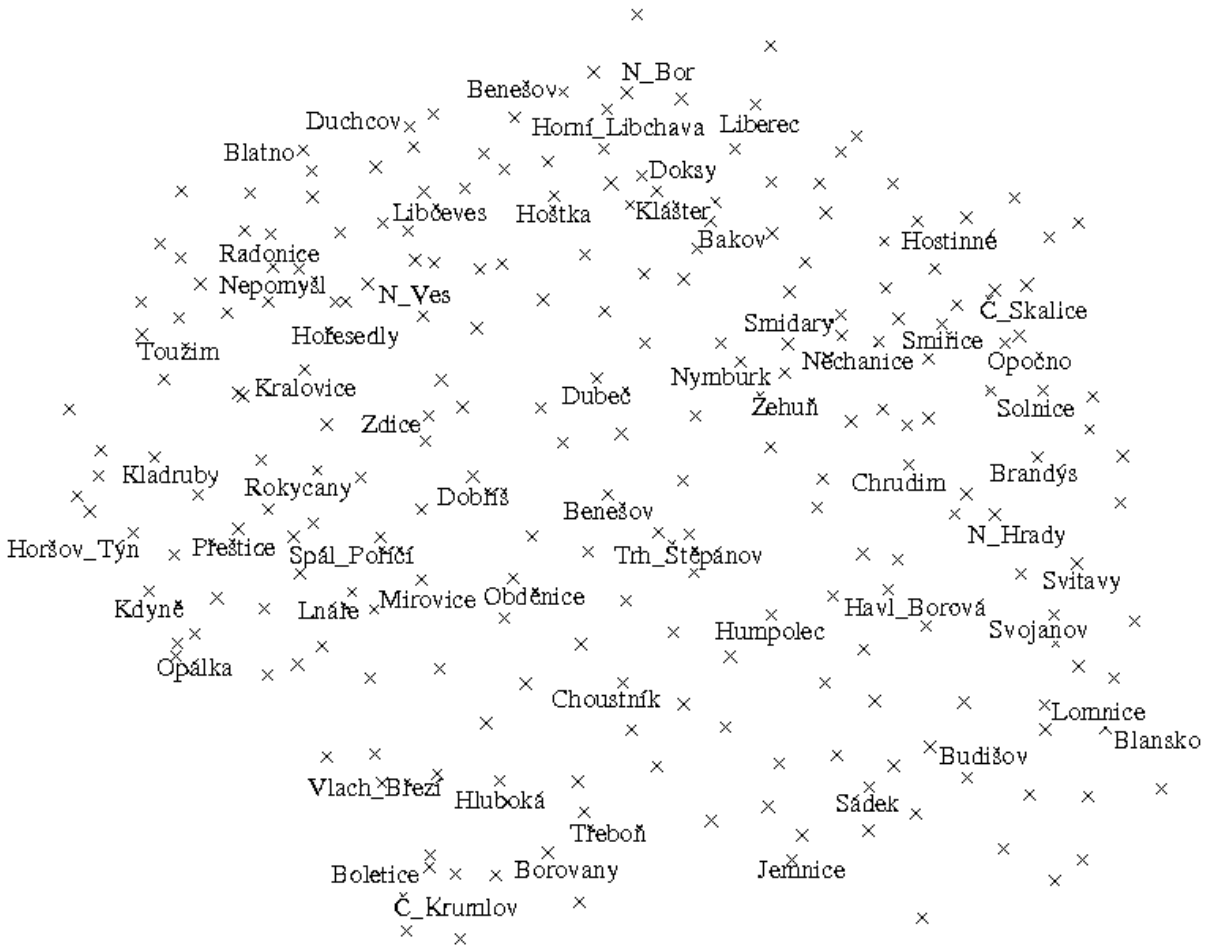
obr. 6 Rozmístění sídel (60 sídel)



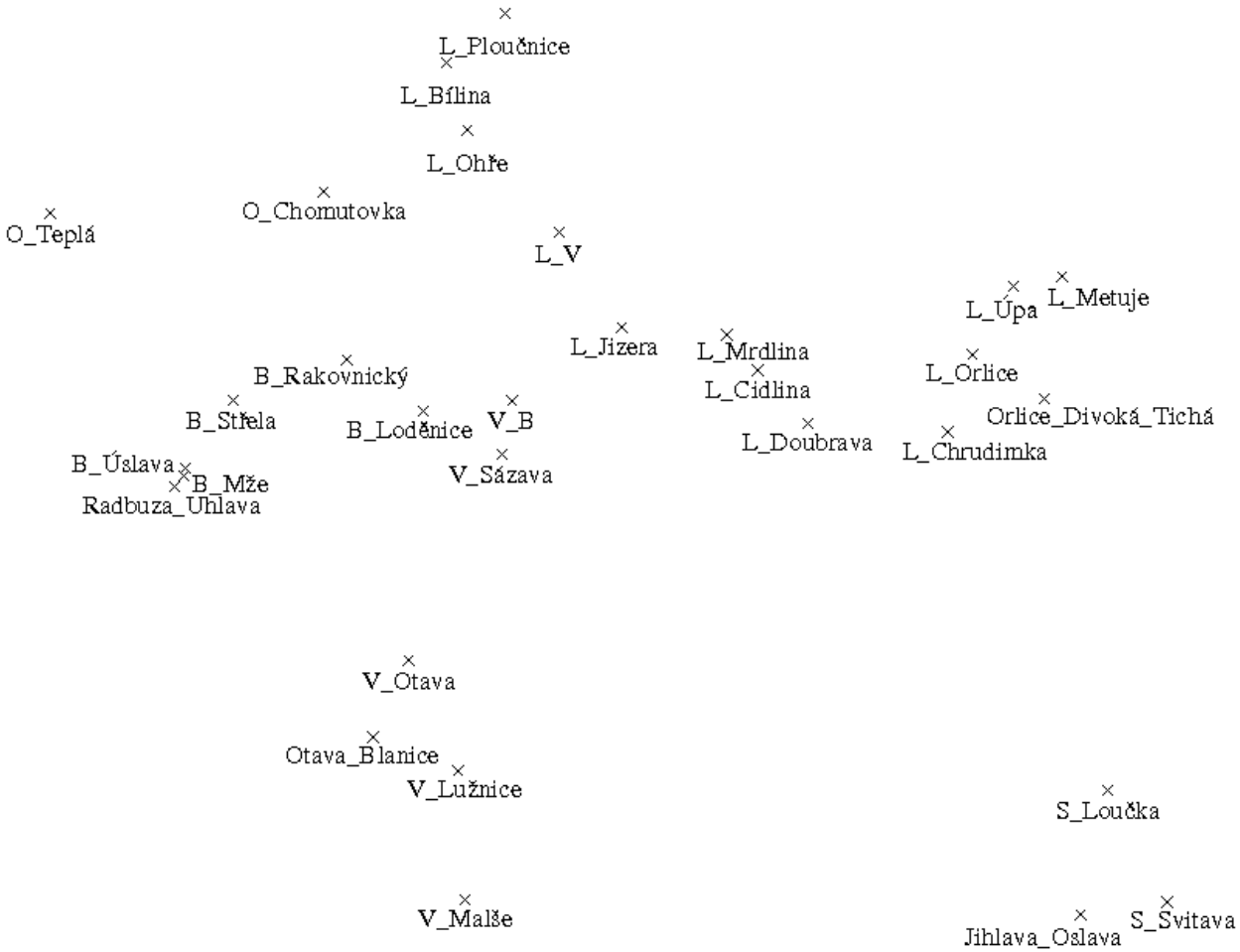
obr. 7 Rozmístění sídel (zhuštění na 120 sídel)



obr. 8 Rozmístění sídel (zhuštění na 180 sídel)



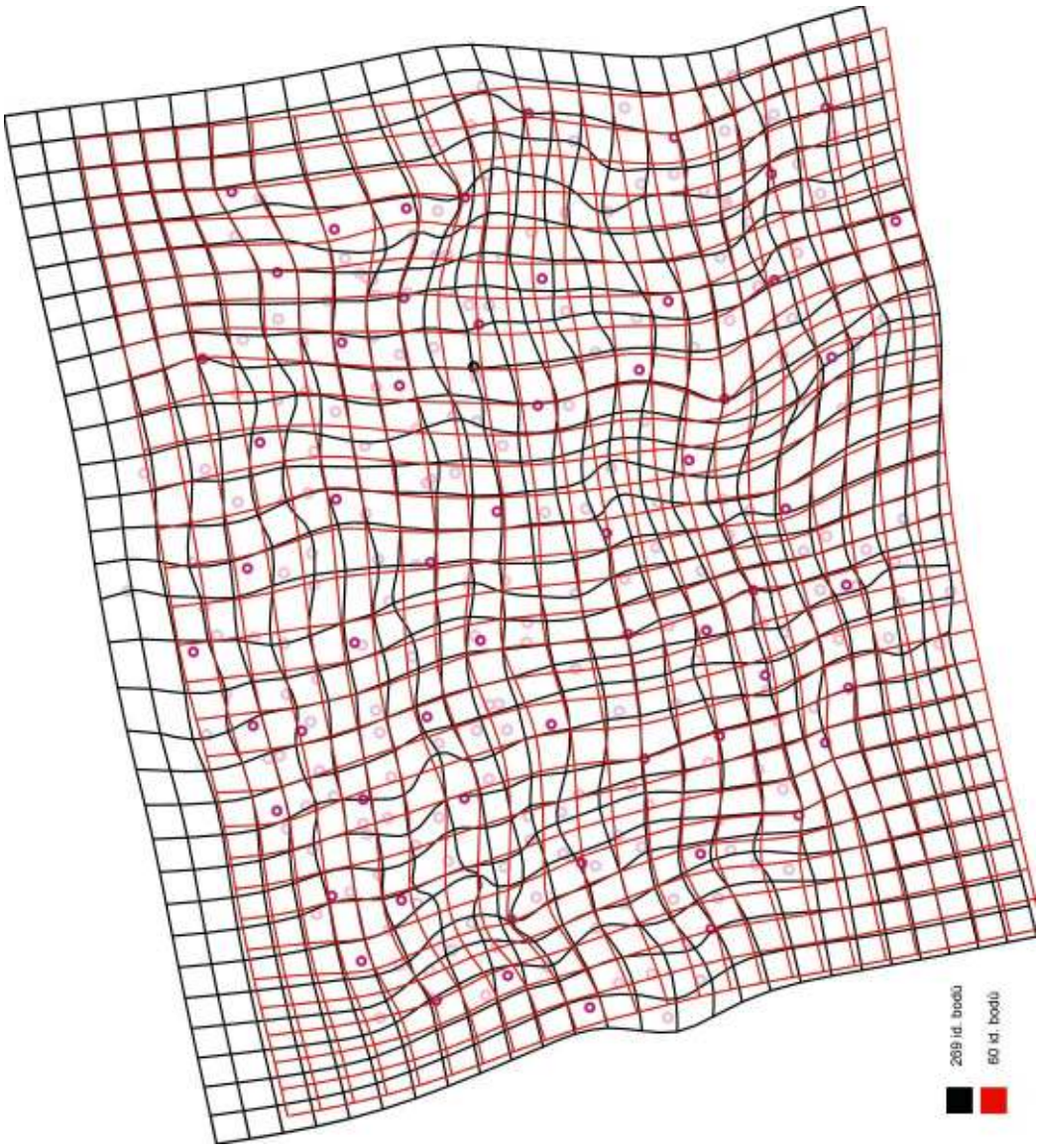
obr. 9 Rozmístění sídel (zhuštění na 240 sídel)



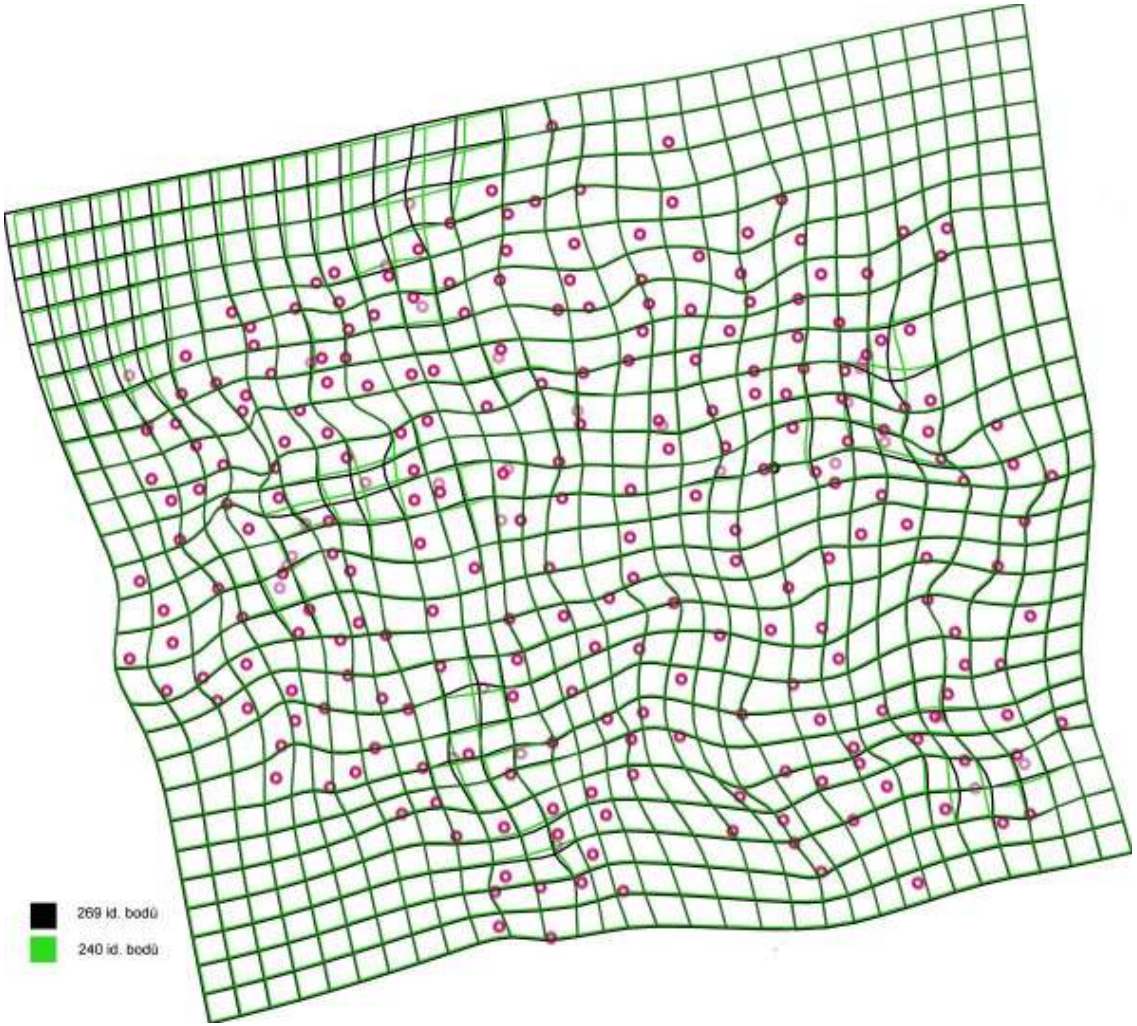
obr. 10 Rozmístění soutoků

6 VÝSLEDKY

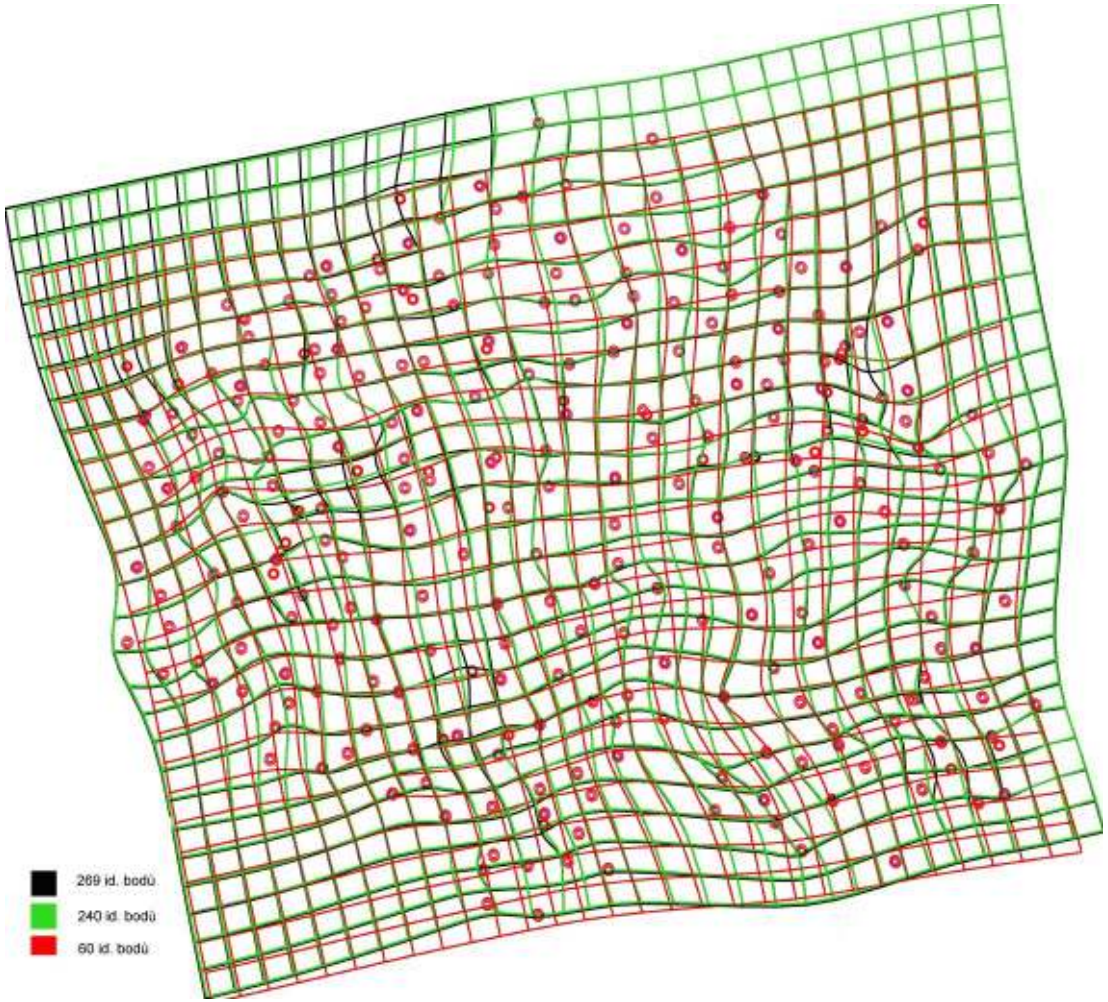
6.1 Porovnání polohové přesnosti při různém počtu identických bodů



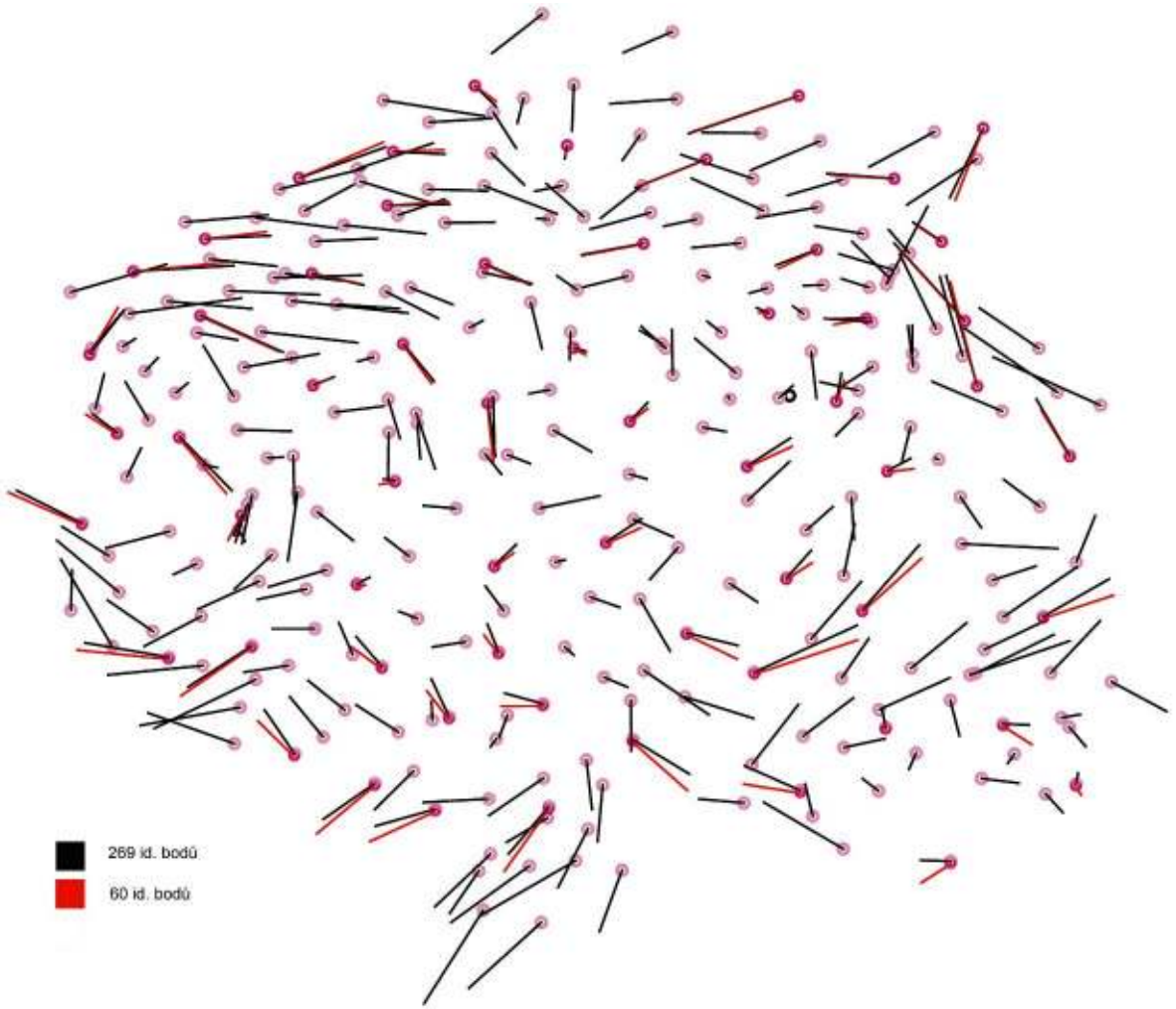
obr.11 Distorzní mřížka při použití 269 a 60 identických bodů



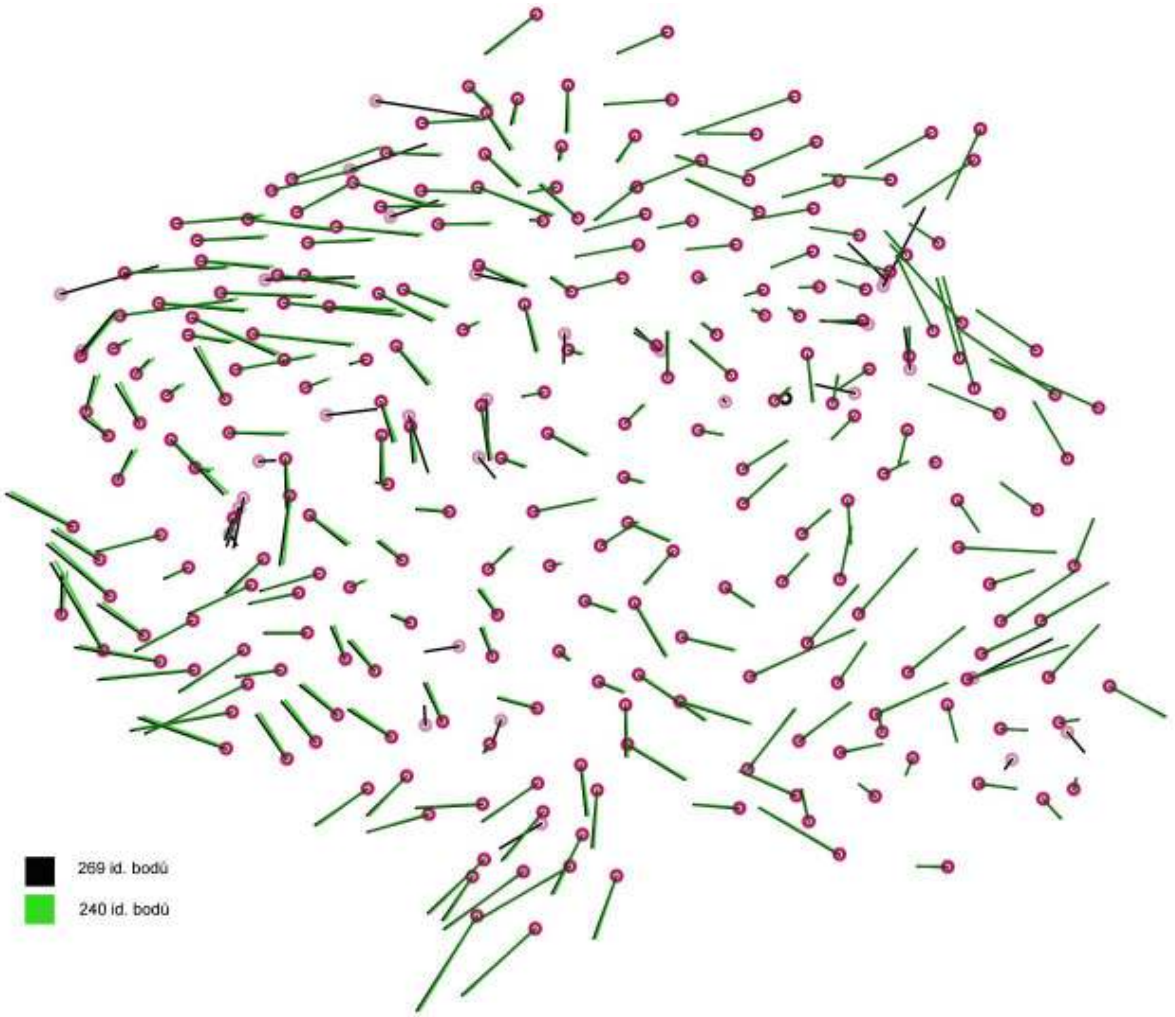
obr.12 Distorzní mřížka při použití 269 a 240 identických bodů



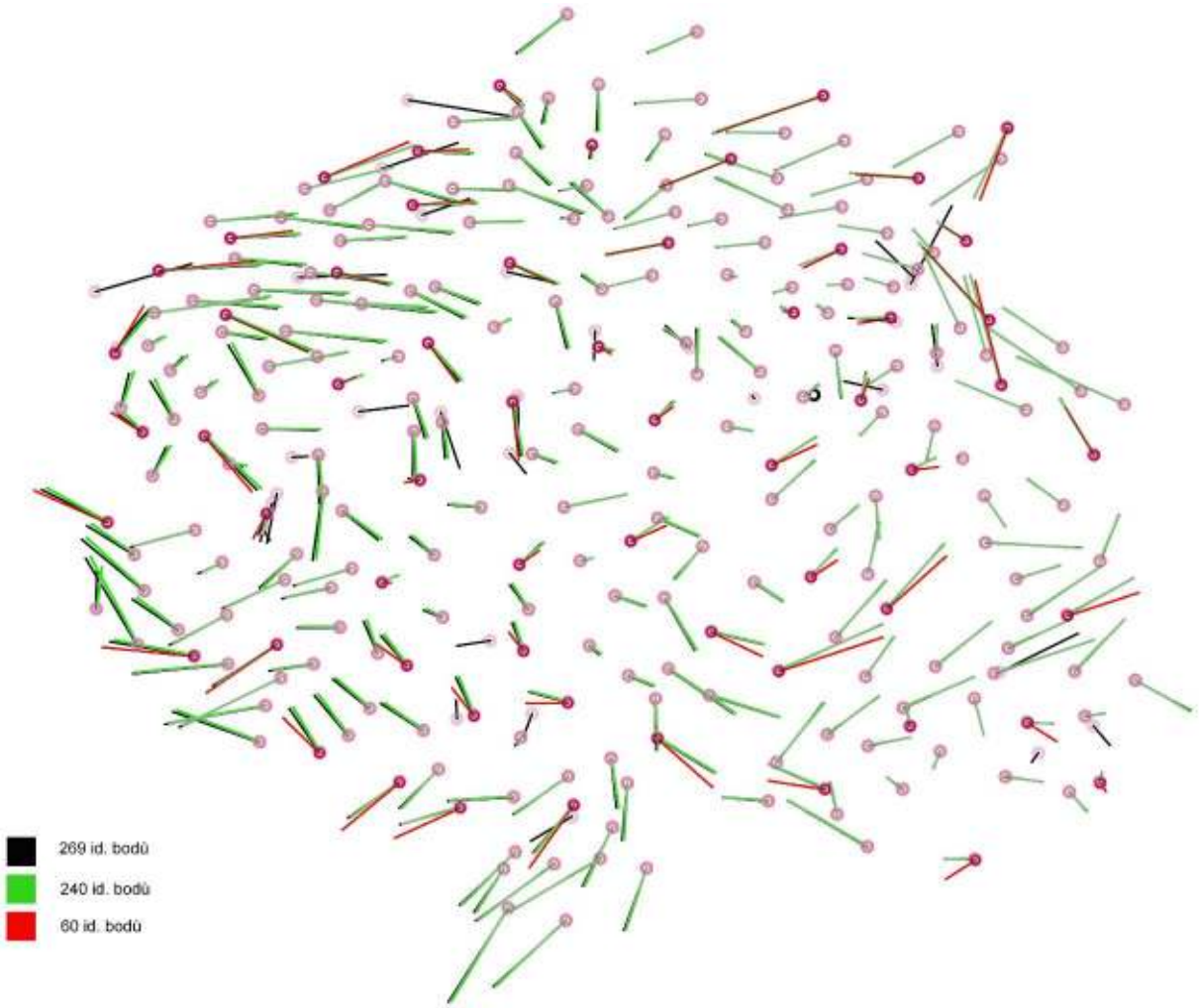
obr.13 Distorzní mřížka při použití 269, 240 a 60 identických bodů



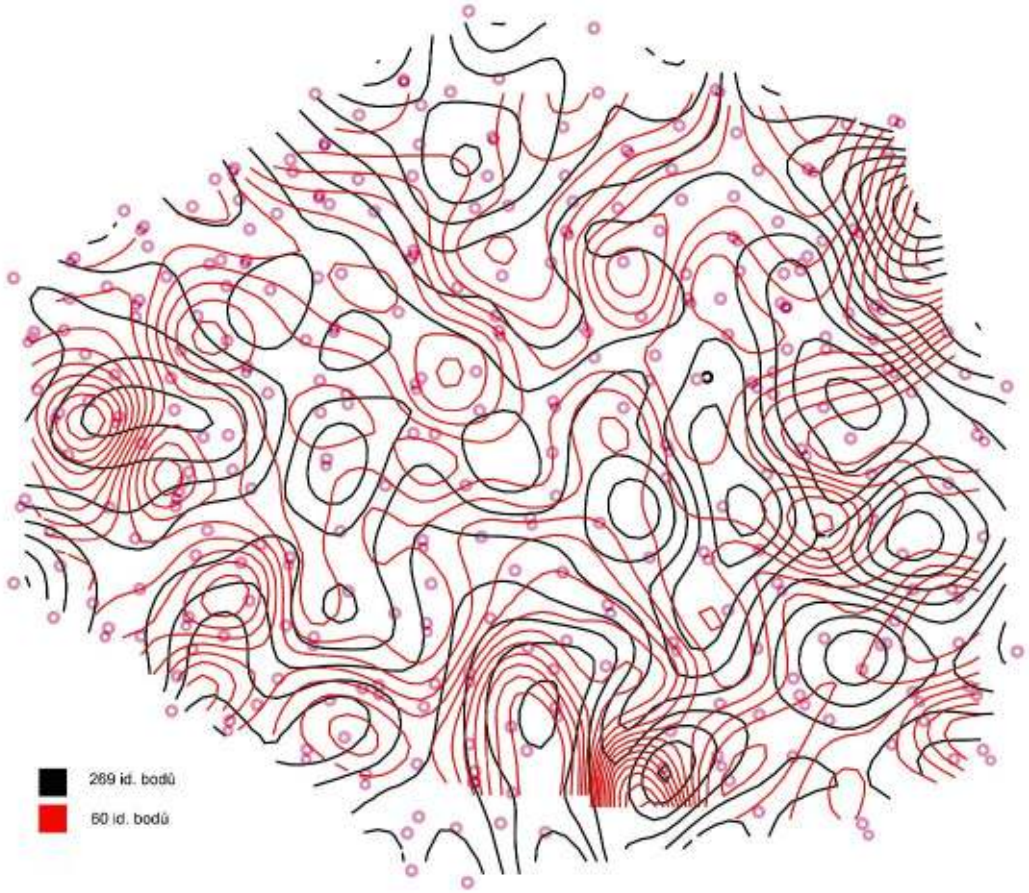
obr.14 Vektory při použití 269 a 60 identických bodů



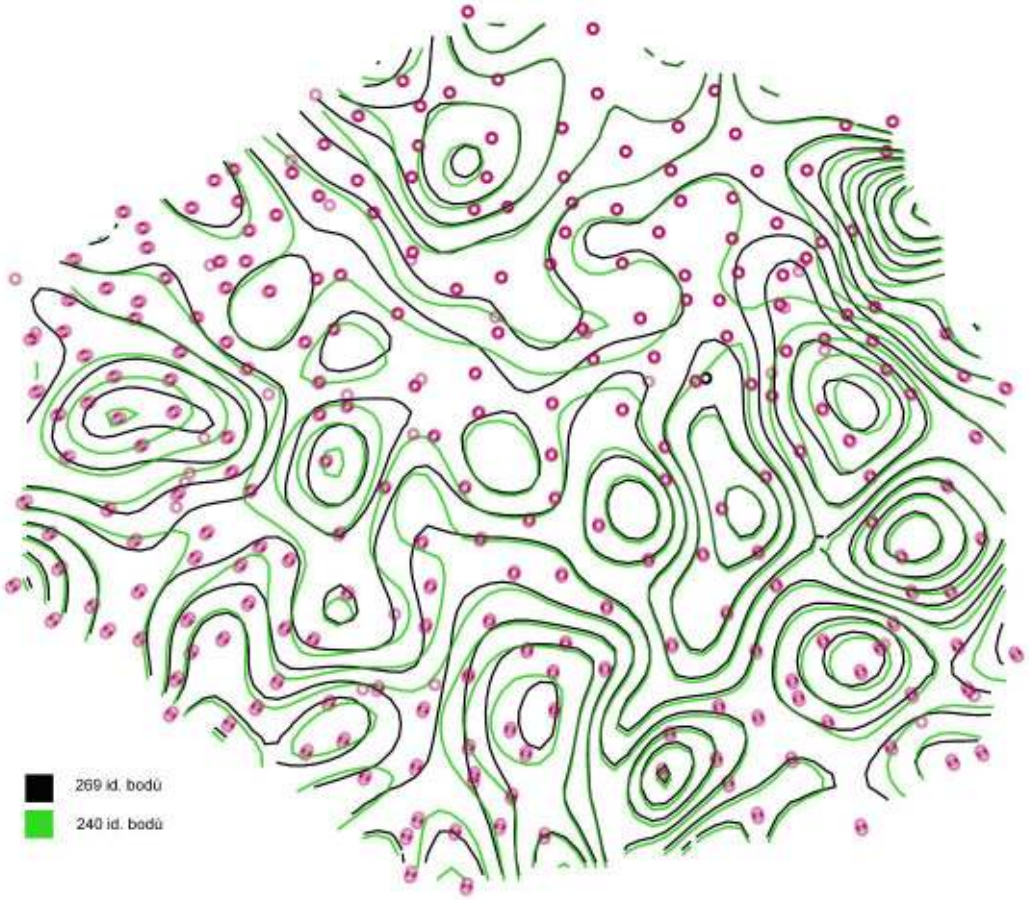
obr.15 Vektory při použití 269 a 240 identických bodů



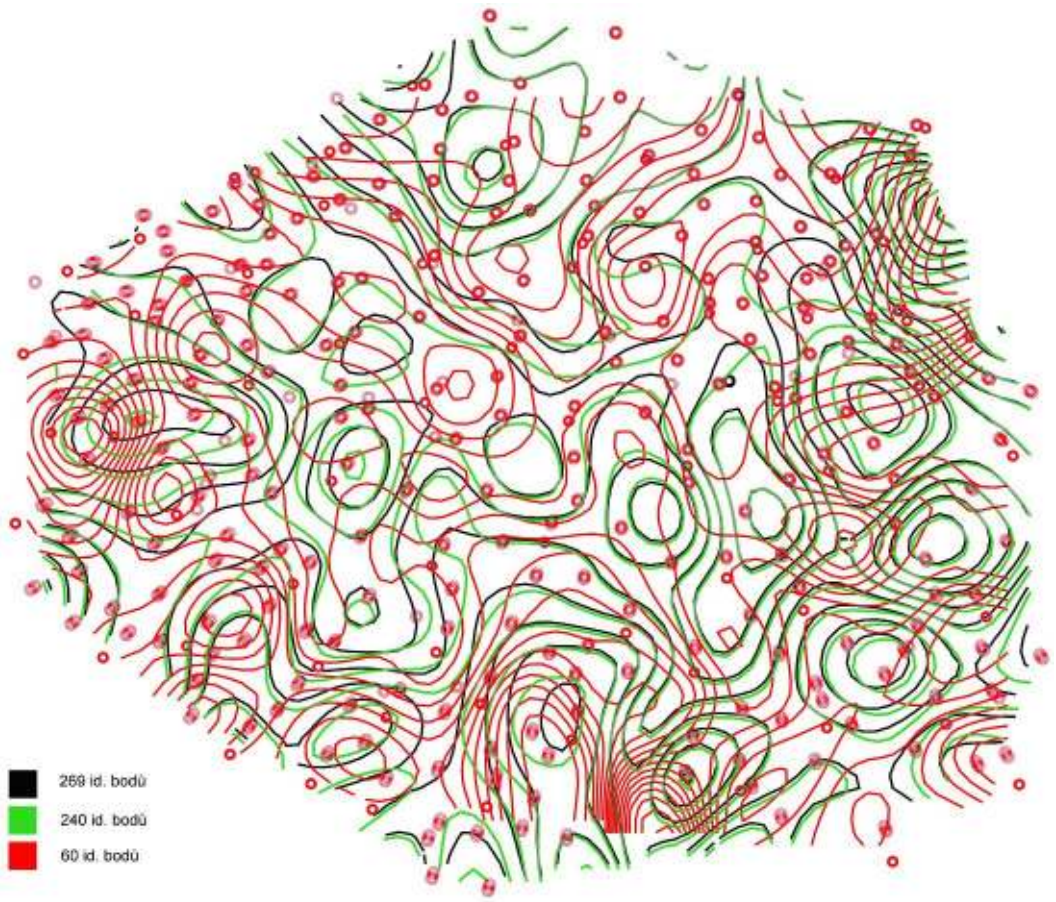
obr.16 Vektory při použití 269, 240 a 60 identických bodů



obr.17 Izolinie při použití 269 a 60 identických bodů

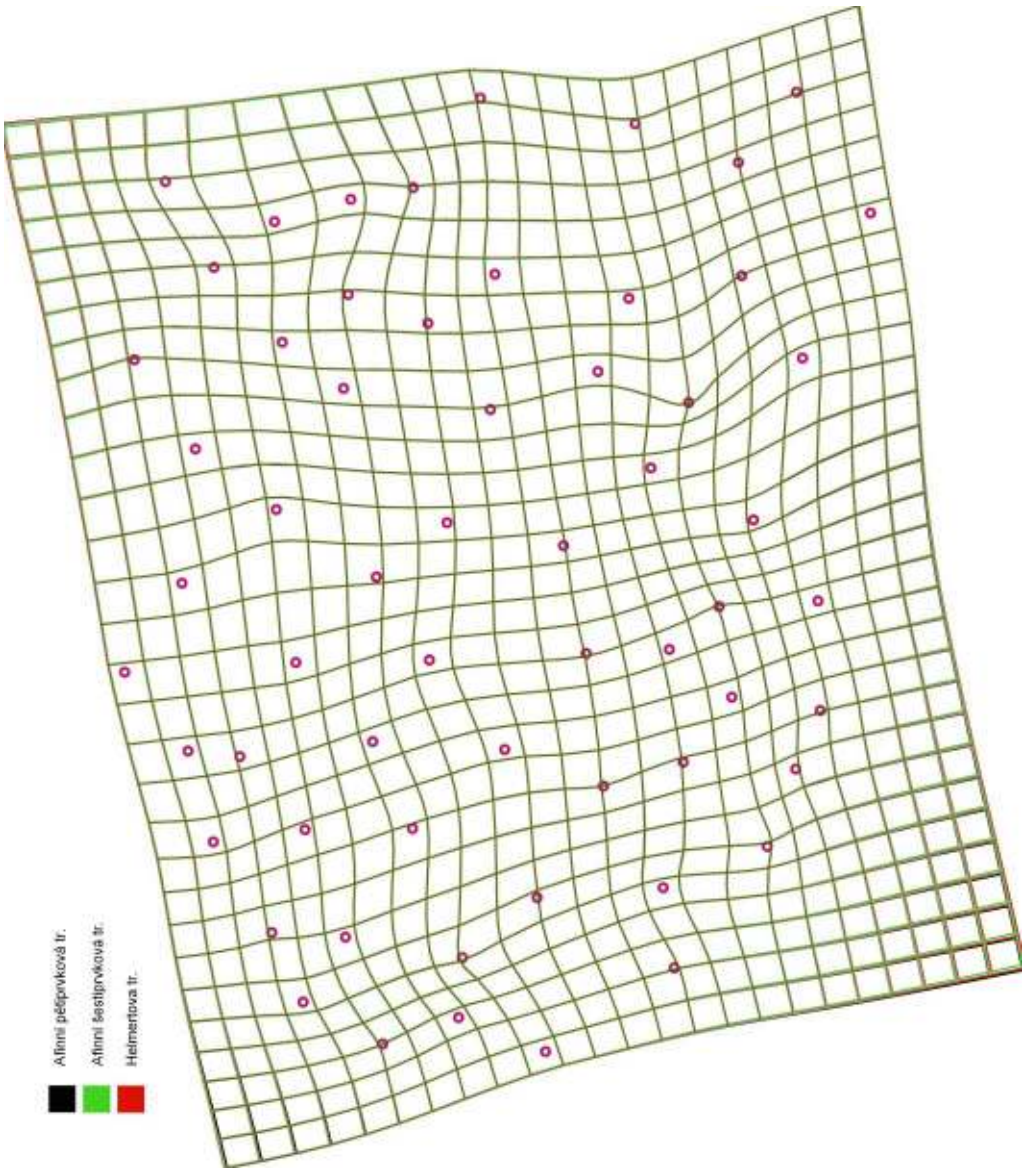


obr.18 Izolinie při použití 269 a 240 identických bodů

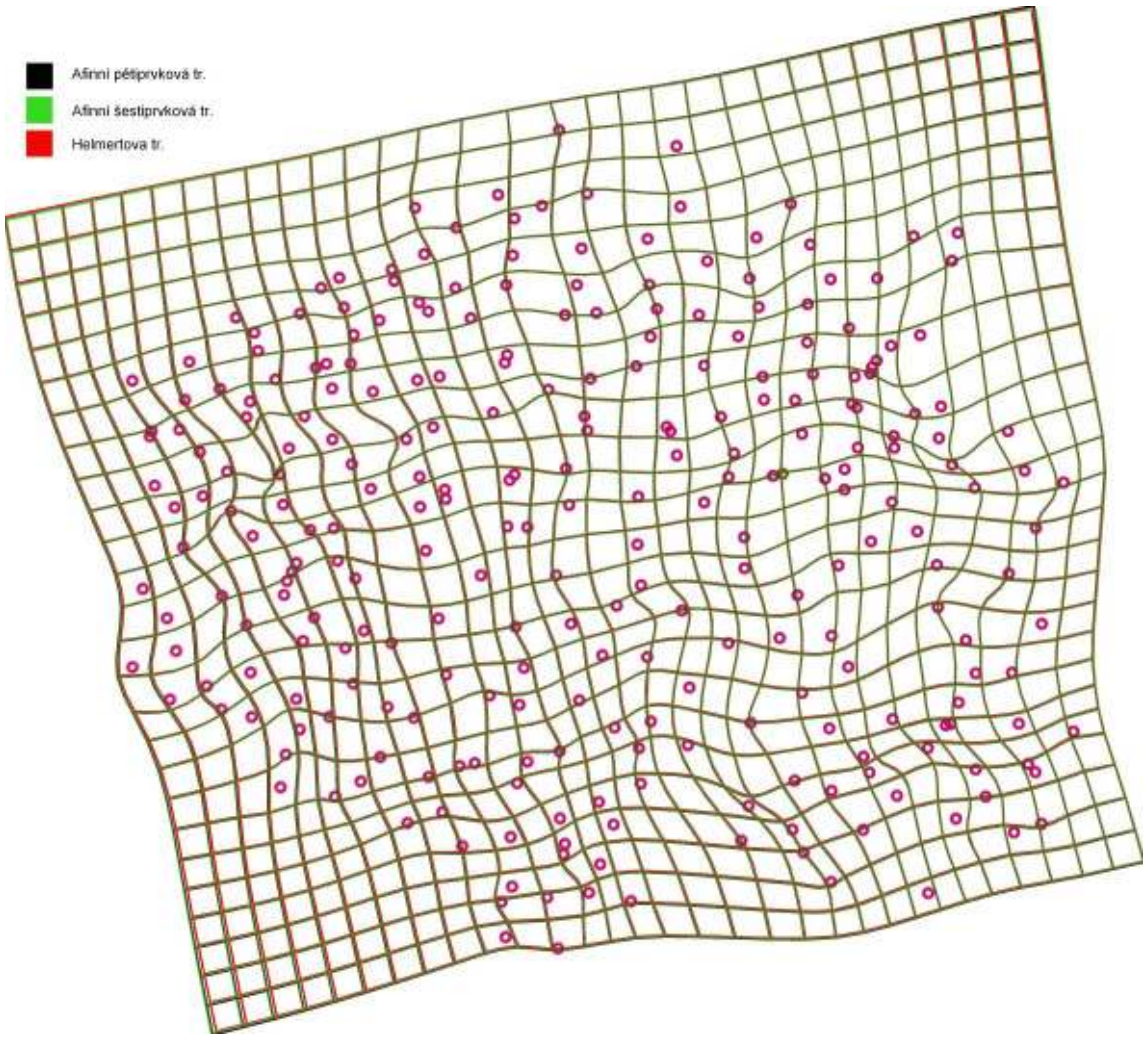


obr.19 Izolinie při použití 269, 240 a 60 identických bodů

6.2 Porovnání polohové přesnosti při různých typech transformací

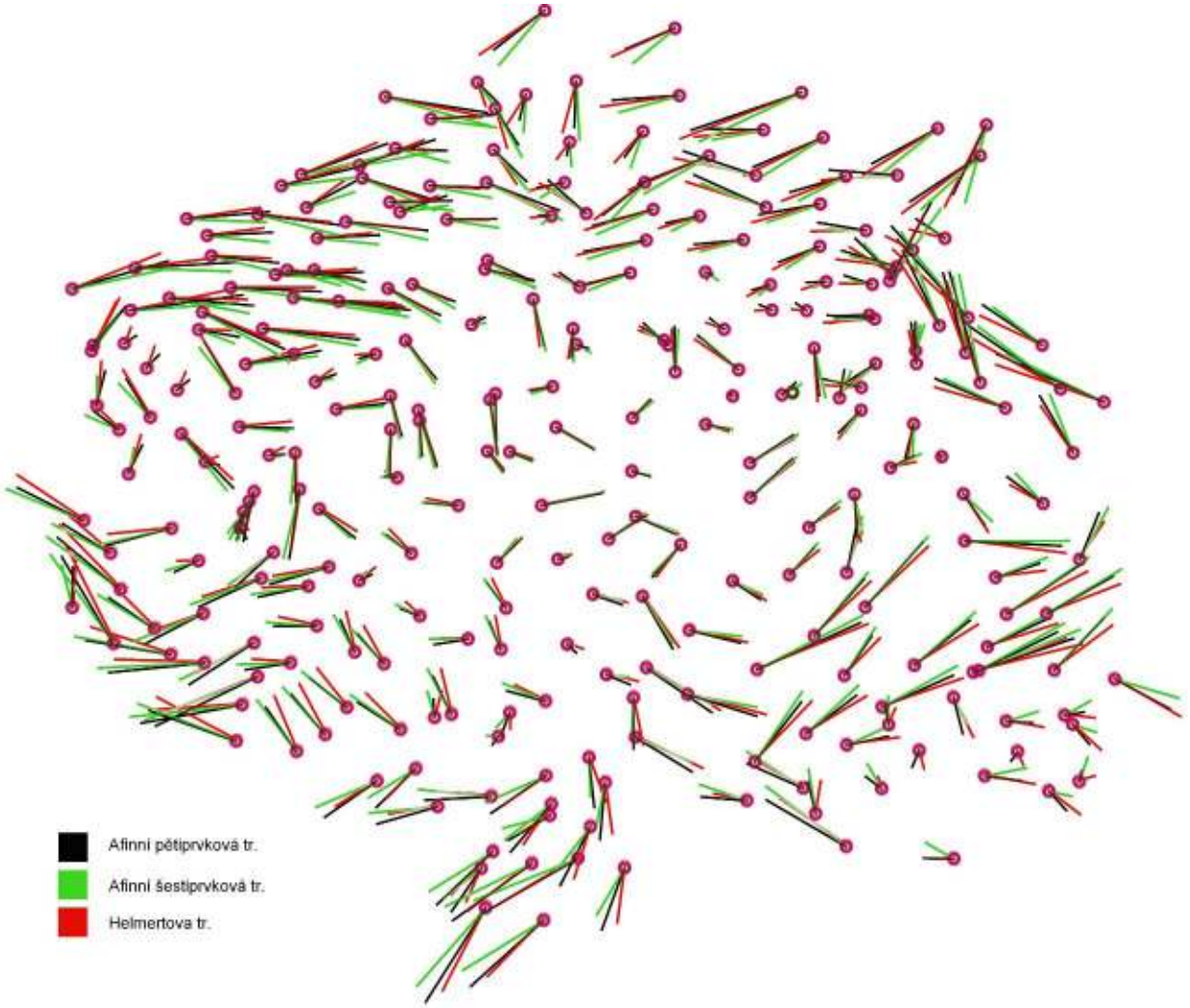


obr.20 Distorzní mřížka při použití různých typů transformací pro 60 identických bodů

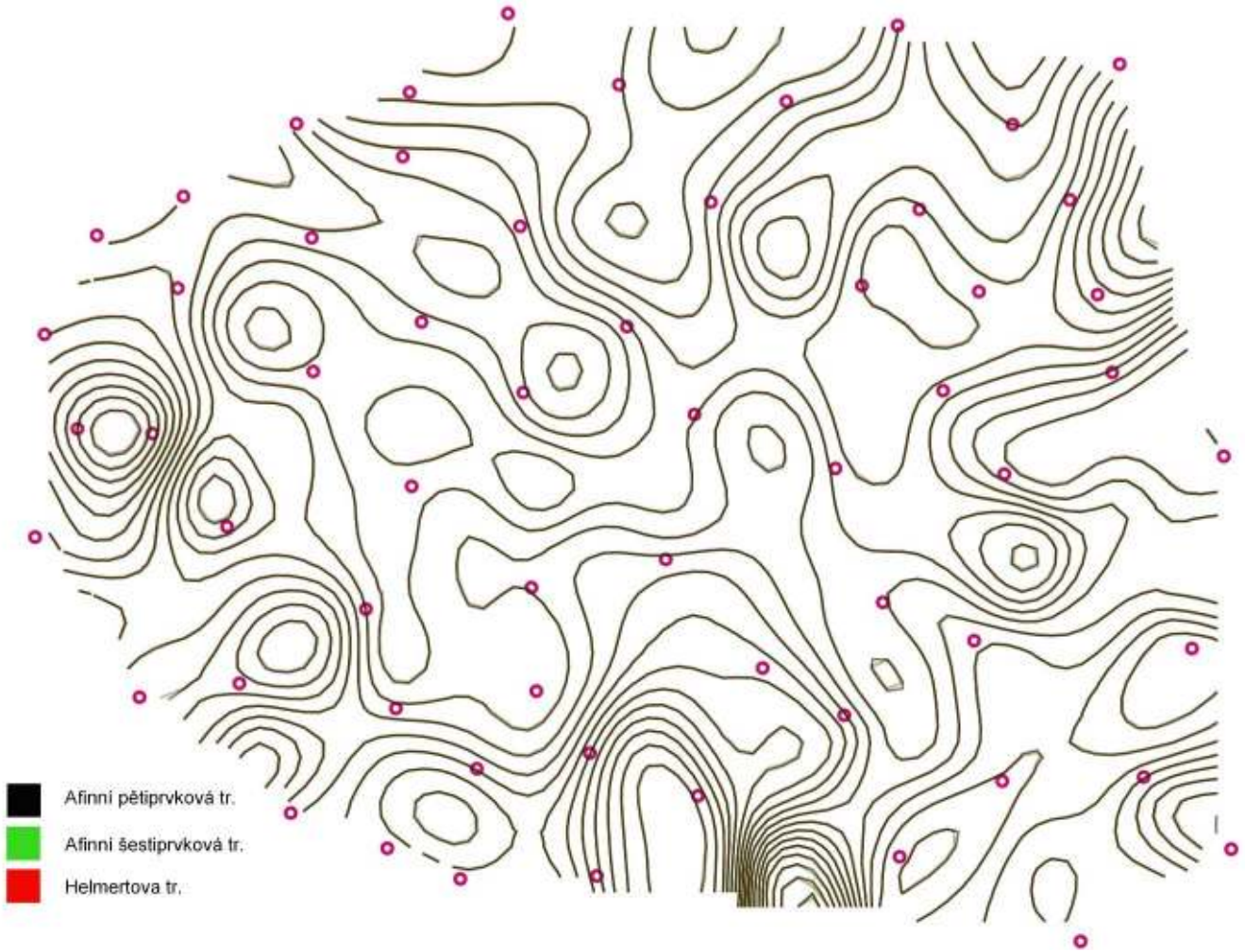


obr.21 Distorzní mřížka při použití různých typů transformací pro 269 identických bodů

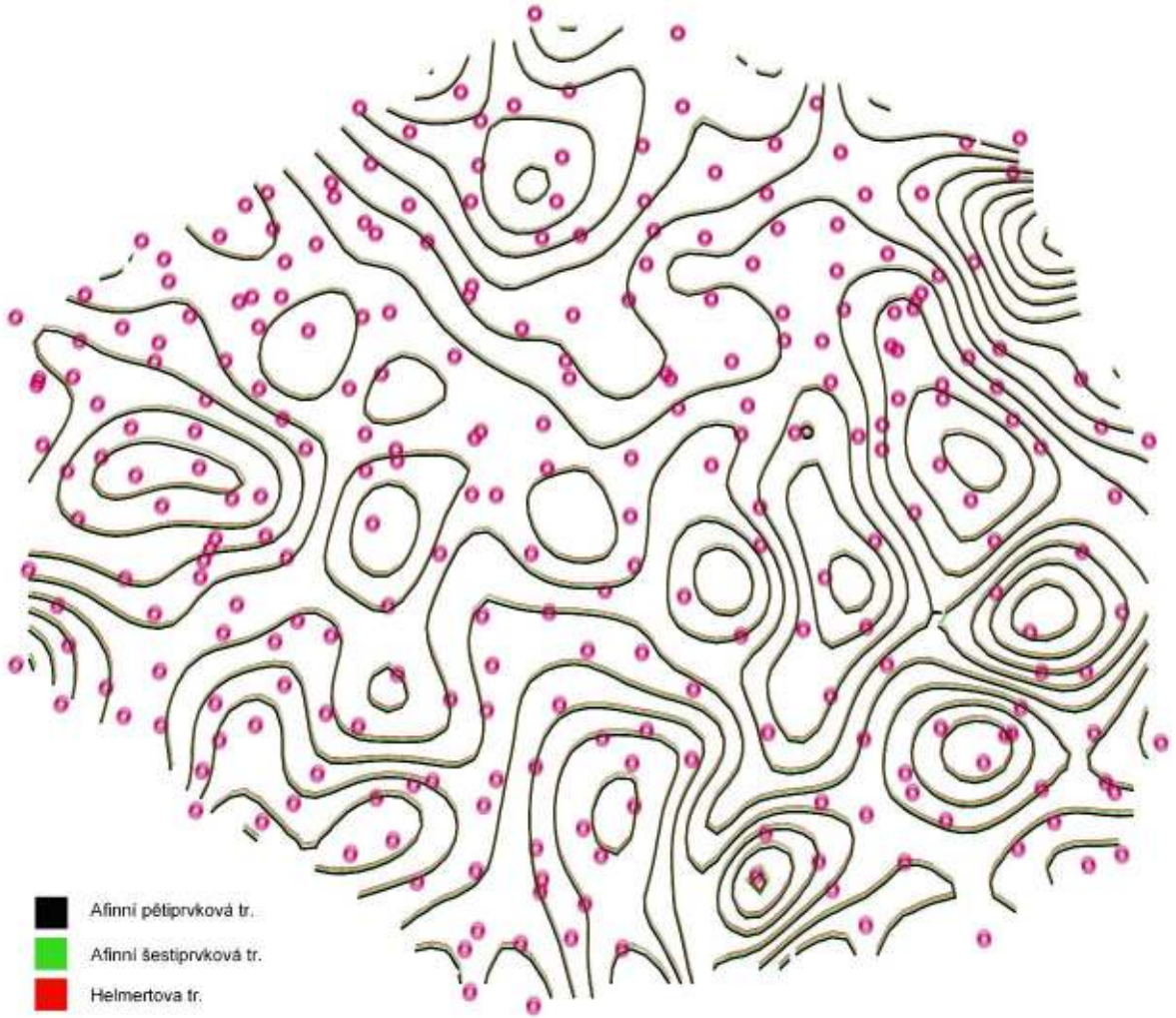
obr.22 Vektory při použití různých typů transformací pro 60 identických bodů



obr.23 Vektory při použití různých typů transformací pro 269 identických bodů



obr.24 Izolinie při použití různých typů transformací pro 60 identických bodů



obr.25 Izolinie při použití různých typů transformací pro 269 identických bodů

7 ZHODNOCENÍ

Při tvorbě bakalářské práce byla zjištěna hrubá chyba v zákresu soutoku Labe a Cidliny v Aretinově mapě. Protože se tento soutok svou přesností zákresu výrazně liší od přesnosti ostatních zkoumaných prvků, jeho zahrnutí do transformace způsobilo velkou změnu průběhu distorzní mřížky i měřítkových izolinií. Proto při porovnávání vlivu typu transformace a počtu identických bodů na vizualizaci polohové přesnosti Aretinovy mapy nebyl tento bod do výpočtů zařazen.

Při porovnání ručního výpočtu a vizualizace, které byly použity v bakalářské práci, s výpočtem a vizualizací v programu MapAnalyst bylo zjištěno, že při použití programu lze získat stejné výsledky v kratším čase. Byly potvrzeny výsledky zjištěné v bakalářské práci – chyba v zákresu sídel i větvení říčních toků je průměrně v řádu kilometrů. Sídla a větvení říčních toků jsou zakreslena s řádově stejnou přesností.

Použití programu MapAnalyst značně zjednodušuje analýzu starých map. Díky zapojení výpočetní techniky je možné v relativně krátkém čase získat informace o polohové přesnosti mapy s možností různého nastavení výpočtu i vizualizace. Je tak možné porovnat různé druhy výpočtů, které program MapAnalyst nabízí.

Z výsledků vyplývá, že při použití různých druhů transformací se směr vektorů na identických bodech i jejich velikost mírně liší. Největší rozdíl je mezi afinní šestiprvkovou transformací a Helmertovou transformací.Průběh měřítkových izolinií a distorzí mřížky při použití různých druhů transformací je však téměř totožný.

Počet identických bodů, které vstupují do transformace, má naopak na výslednou vizualizaci velký vliv. Při použití 60 identických bodů jsou směr a velikost vektorů na identických bodech podobné jako jejich směr a velikost na těchto identických bodech při použití 269 identických bodů, ale průběh měřítkových izolinií a distorzní mřížky se diametrálně liší.

Porovnáním vizualizací vzniklých po transformacích s 240 identickými body a 269 identickými body bylo zjištěno, že průběhy měřítkových izolinií a distorzní mřížky stále nejsou totožné, ale vzájemně se podobají.

Z výsledků vyplývá, že zásadní vliv na správnost průběhu distorzní mřížky a měřítkových izolinií má zvolení dostatečného množství identických bodů.

Každá vizualizace, kterou program MapAnalyst nabízí, je vhodná k jinému využití. Zatímco vektory ukazují polohovou nepřesnost pouze na vybraných bodech mapy, izolinie a distorzní mřížka ukazují průběh polohové nepřesnosti po celé mapě.

8 LITERATURA

[1] VYHNALOVÁ, Klára. *Kartometrické hodnocení historické Aretinovy mapy Čech : bakalářská práce*. Praha : ČVUT Fakulta stavební, 2006. 74 s.

[2] VEVERKA, Bohumil. *Topografická a tematická kartografie 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. 263 s. ISBN 80-01-01245-X

[3] PETŘÍK, J. Zeměměřičství a zeměměřiči v 16. a 17. století. *Zeměměřič* [online]. 2004-05-04, č. 02-12 [cit. 2008-11-15]. Dostupný na WWW: < http://www.zememeric.cz/default.php?/clanek_tisk.php?zaznam=1211>.

[4] VEJROVÁ, Libuše. *Vizualizace kartometrických charakteristik našich nejstarších map v software MapAnalyst: bakalářská práce*. Praha : ČVUT Fakulta stavební, 2008. 47 s.

[5] JENNY, Bernhard; WEBER Adrian. *MapAnalyst* [online]. Zurich: Institute of Cartography. 2005-2008. 28 October 2008 [cit. 2008-11-15] Dostupný z WWW: <http://mapanalyst.cartography.ch/ >.

[6] RAYMOND, David. *Cartographica*. [s.l.] [s.n.], 2007. Dostupný z WWW: < http://mapanalyst.cartography.ch/background/assets/Raymond-20% MapAnalyst_Review.pdf>. Software Review: MapAnalyst 1.2.1 (Bernhard Jenny and Adrian Weber, Institute of Cartography, ETH Zurich, 2005/2006), s. 95-97.

[7] SKOŘEPA, Z. *Geodézie 40*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 129 s. ISBN 80-01-02566-7

[8] FAJT, Jaromír. *Geometrické transformace v GIS* [online]. Plzeň [cit 2008-11-15] Dostupný z WWW: <http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/referaty/05/Geometricke Transformace/index.html#d0e600 >.

[9] SEHNAL, Jan. *Groma v. 8.0* [online]. 1993-2004 [cit. 2008-11-15] Dostupný z WWW: < http://groma.geoline.cz/cz/man/transformation.html >.

9 PŘÍLOHY

9.1 Souřadnice identických prvků

Souřadnice v systému Mapa byly změřeny programem MapAnalyst. Počátek soustavy vložil program MapAnalyst do levého dolního rohu mapy, osa Y je spojnicí levého a pravého dolního rohu, osa X spojnicí levého dolního a horního rohu mapy.

9.1.1 Souřadnice soutoků

soutok	souřadnice			
	systém Mapa		systém JTSK	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
Labe-Ploučnice	0,2961	0,4171	747283	965329
Labe-Bílina	0,2845	0,3863	760550	976495
Labe-Ohře	0,3026	0,3654	755737	991682
Ohře-Chomutovka	0,2467	0,3373	788202	1005654
Ohře-Teplá	0,1649	0,3055	850047	1010605
Labe-Vltava	0,3407	0,3398	735062	1014950
Labe-Jizera	0,3804	0,3130	720697	1036463
Labe-Mrlina	0,4231	0,3056	696894	1038067
Labe-Cidlina	0,4789	0,2843	689952	1046106
Vltava-Berounka	0,3455	0,2839	745667	1053055
Vltava-Sázava	0,3420	0,2580	747962	1065028
Vltava-Otava	0,3332	0,1737	769036	1112026
Vltava-Lužnice	0,3519	0,1407	757844	1136923
Vltava-Malše	0,3699	0,0945	756197	1166285
Otava-Blanice	0,3182	0,1385	777092	1129310
Berounka-Loděnice	0,3109	0,2765	765814	1055489
Berounka-Rakovnický potok	0,2740	0,2768	782981	1043760
Berounka-Střela	0,2439	0,2563	808793	1052979
Radbůza-Úhlava	0,2309	0,2239	821943	1072648
Berounka-Mže	0,2349	0,2355	821422	1069188
Berounka-Úslava	0,2371	0,2398	819626	1068402
Svitava-Svratka	0,6047	0,1354	597322	1166751
Svratka-Loučka	0,5626	0,1595	610930	1141268
Jihlava-Oslava	0,5800	0,1232	617026	1169607
Labe-Doubrava	0,4520	0,2828	678634	1058071
Labe-Chrudimka	0,5098	0,2866	647168	1060101
Labe-Orlice	0,5158	0,3174	641473	1042563
Tichá Orlice-Divoká Orlice	0,5345	0,2973	625223	1052614
Labe-Úpa	0,5234	0,3376	632271	1027049
Labe-Metuje	0,5225	0,3344	621322	1024928

9.1.2 Souřadnice sídel

60 sídel

sídlo	souřadnice				sídlo	souřadnice			
	systém Mapa		systém JTSK			systém Mapa		systém JTSK	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
Bechyně	0,3680	0,1458	750690	1130298	Mladá Boleslav	0,4132	0,3527	704053	1012086
Blatná	0,2955	0,1625	791840	1110265	Náchod	0,5473	0,3536	614962	1022243
Boskovice	0,5930	0,1850	590946	1128859	Nový Bydžov	0,4697	0,3213	664889	1035915
Broumov	0,5660	0,4046	600647	1005270	Pardubice	0,5000	0,2819	647285	1060315
Březno	0,3006	0,3940	753694	976788	Pelhřimov	0,4326	0,1777	695060	1122979
Čelákovice	0,3818	0,3060	718117	1037883	Písek	0,3257	0,1399	774125	1126216
České Budějovice	0,3706	0,0996	755710	1166394	Plzeň	0,2324	0,2308	822539	1069564
Dačice	0,4838	0,1068	684837	1163697	Podbořany	0,2140	0,3204	812150	1017678
Dobruška	0,5577	0,3179	616786	1035975	Prachatice	0,3196	0,0985	789663	1157134
Domažlice	0,1997	0,1667	859620	1098413	Rakovník	0,2646	0,2891	791491	1034398
Havlíčkův Brod	0,4775	0,2024	667121	1106671	Rokytnice	0,4830	0,4190	660802	981685
Hořice	0,4911	0,3500	652919	1023010	Rosice	0,5749	0,1368	613938	1160524
Hradec Králové	0,5134	0,3191	641288	1042118	Rožmitál	0,2843	0,1999	789977	1090584
Chomutov	0,2161	0,3548	808562	991215	Rychnov	0,5632	0,2888	610159	1050731
Jihlava	0,4630	0,1600	669253	1130019	Sedlčany	0,3461	0,2079	748951	1090350
Jindřichův Hradec	0,4083	0,1297	715052	1152623	Skuteč	0,5228	0,2506	634198	1084256
Kamenice	0,3374	0,4236	732304	964443	Sušice	0,2562	0,1233	820822	1127904
Karlovy Vary	0,1642	0,3030	849848	1010883	Tachov	0,1607	0,2269	874456	1055797
Kladno	0,3051	0,3077	763951	1033831	Teplá	0,1765	0,2676	854809	1035716
Klášterec	0,1837	0,3402	825316	997165	Teplice	0,2584	0,3822	775617	975801
Klatovy	0,2370	0,1719	834332	1107204	Trutnov	0,5260	0,3819	630992	1003871
Kouřim	0,4071	0,2730	704593	1057629	Třebíč	0,5221	0,1352	650720	1152597
Lanškroun	0,6049	0,2573	589203	1081396	Turnov	0,4414	0,3905	684035	994221
Litoměřice	0,2981	0,3698	756344	990906	Vimperk	0,2923	0,1100	804714	1150068
Lochovice	0,3014	0,2460	777869	1064471	Vlašim	0,3964	0,2185	714545	1089232
Louny	0,2641	0,3393	782594	1007348	Zbraslav	0,3431	0,2812	746733	1055520
Manětín	0,2044	0,2658	828559	1051375	Znojmo	0,5514	0,0750	643096	1193842
Mělník	0,3419	0,3436	734658	1013956	Žďár nad Sázavou	0,5116	0,1880	641955	1114615
Milevsko	0,3480	0,1691	756431	1112410	Židlochovice	0,6077	0,1097	599481	1178170
Mimoň	0,3789	0,3968	712445	983430	Žleby	0,4598	0,2527	670112	1074705

zhuštění na 120 sídel

sídlo	souřadnice				sídlo	souřadnice			
	systém Mapa		systém JTSK			systém Mapa		systém JTSK	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
Adršpach	0,5441	0,4029	618125	998541	Lubenec	0,2288	0,2840	820476	1026756
Běla n. Radbuzou	0,1555	0,1879	872319	1079473	Luže	0,5333	0,2702	631119	1078916
Bezděz	0,3863	0,3647	715049	996567	Mladá Vožice	0,3893	0,1938	723302	1107881
Bezdružice	0,1808	0,2478	848611	1047679	Mor. Budějovice	0,5189	0,1066	657664	1170136
Bílina	0,2607	0,3674	781115	984768	Mor. Krumlov	0,5652	0,1122	621173	1175115
Bochov	0,1889	0,2952	838986	1021833	Nové Hrady	0,4035	0,0710	736148	1189485
Brno	0,6011	0,1395	598222	1160829	Nové Strašecí	0,2917	0,3016	778627	1030472
Březno_1	0,2180	0,3457	808350	998382	Olešnice	0,5701	0,2013	607188	1119260
Čechtice	0,4288	0,2161	704862	1100113	Opatov	0,4849	0,1312	666268	1149669
Český Dub	0,4117	0,4015	693884	985314	Počátky	0,4317	0,1489	696368	1141975
Dešná	0,5030	0,0806	678414	1178077	Poděbrady	0,4263	0,2935	692342	1043045
Dubá	0,3415	0,3786	727530	994336	Police nad Metují	0,5632	0,3907	608477	1009304
Dvůr Králové	0,5119	0,3571	639643	1017514	Polička	0,5557	0,2388	616385	1100590
Frýdlant	0,4261	0,4479	684157	957393	Postoloprty	0,2520	0,3392	789431	1005601
Horažďovice	0,2788	0,1430	805903	1120132	Příbram	0,3077	0,2121	778904	1083106
Hradiště	0,2614	0,1974	813512	1090513	Radnice	0,2556	0,2572	804634	1059992
Chotěboř	0,4863	0,2237	659096	1095217	Rokytnice v Orlických horách	0,5910	0,3056	596685	1052322
Chvatěruby	0,3349	0,3148	745963	1026114	Rožmberk nad Vltavou	0,3671	0,0475	768423	1199343
Jablonné n. Orlicí	0,6187	0,2800	588678	1068516	Rumburk	0,3677	0,4558	720392	948927
Jablonné v Podještědí	0,3818	0,4242	708364	971702	Stod	0,2122	0,2088	839422	1079099
Jáchymov	0,1554	0,3308	844012	996765	Strakonice	0,3029	0,1331	792789	1128841
Kamenice nad Lipou	0,4133	0,1608	707662	1135837	Strašice	0,2663	0,2321	795266	1074497
Kamenice_1	0,5022	0,1572	655890	1134970	Tábor	0,3777	0,1713	735658	1119532
Kopidlno	0,4398	0,3384	679117	1023942	Temelín	0,3468	0,1299	761439	1140955
Kounov	0,2410	0,3130	793459	1021803	Tišnov	0,5601	0,1588	609634	1142591
Kropáčova Vrutice	0,3833	0,3318	718448	1019163	Týniště nad Orlicí	0,5342	0,3031	624376	1050836
Landštejn	0,4584	0,1012	700282	1167493	Vrchlabí	0,4927	0,3988	651053	994771
Lázně Bohdaneč	0,4886	0,3042	653738	1055802	Zelená Lhota	0,2291	0,1279	845428	1122748
Lomnice nad Lužnicí	0,3875	0,1205	736552	1156831	Zlonice	0,2972	0,3311	763046	1017849
Lomnice nad Popelkou	0,4670	0,3675	669234	1002614	Žďár	0,1816	0,3212	826761	1007412

zhuštění na 180 sídel

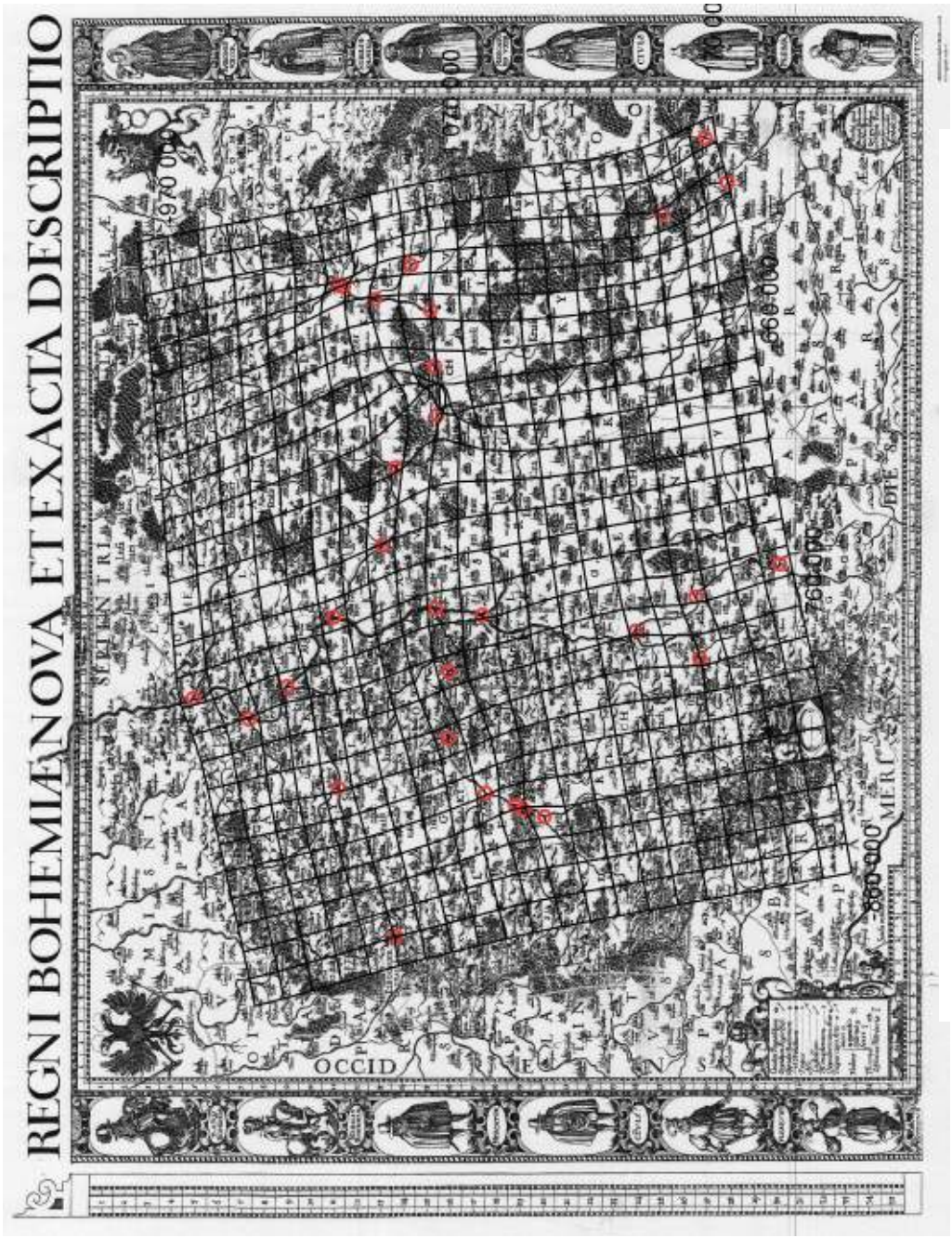
sídlo	souřadnice				sídlo	souřadnice			
	systém Mapa		systém JTSK			systém Mapa		systém JTSK	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
Andělská Hora	0,1789	0,3064	844225	1014796	Náměšť nad Oslavou	0,5512	0,1475	630793	1155883
Bečov nad Teplou	0,1665	0,2784	854797	1026729	Nebílovy	0,2458	0,2126	820514	1083113
Bor	0,1727	0,2122	866009	1066865	Nepomuk	0,2653	0,1796	811862	1100449
Brodce	0,4061	0,3381	707677	1020622	Netolice	0,3436	0,1031	774650	1154905
Dešenice	0,2317	0,1442	845129	1119463	Nižbor	0,2983	0,2828	773565	1047992
Dolní Bělá	0,2153	0,2532	827337	1052279	Pacov	0,4115	0,1929	710382	1116476
Frymburk	0,3411	0,0531	782886	1197311	Pecka	0,4914	0,3690	653381	1010358
Golčův Jeníkov	0,4600	0,2372	671593	1082602	Plánice	0,2535	0,1630	821443	1110088
Habrovany	0,6237	0,1557	578165	1158695	Pluhův Žďár	0,4075	0,1474	721954	1142705
Hokov	0,2333	0,2970	802380	1026849	Pohořelice	0,5940	0,1054	607062	1183735
Holany	0,3447	0,3934	729601	985323	Polná	0,4887	0,1750	658838	1120958
Horní Studenec	0,5067	0,2386	649754	1096735	Přelouč	0,4741	0,2833	662384	1059094
Hospozín	0,3082	0,3329	757161	1016339	Rataje nad Sázavou	0,4067	0,2490	707974	1075217
Hostouň	0,1741	0,1717	868726	1083645	Sadová	0,4940	0,3341	649489	1031390
Houska	0,3706	0,3636	722164	1000576	Semily	0,4624	0,3818	670789	994580
Chvalšiny	0,3443	0,0783	776615	1176905	Sezemice	0,5163	0,2974	641455	1058224
Jaroměř	0,5257	0,3408	633560	1027518	Sobotka	0,4372	0,3636	683758	1008101
Jevíčko	0,6079	0,2094	585432	1113308	Telč	0,4620	0,1186	681963	1151912
Jílové u Prahy	0,3519	0,2577	740580	1064867	Tetín	0,3114	0,2718	767717	1055260
Koloveč	0,2143	0,1851	845857	1095439	Třebenice	0,2783	0,3610	767095	995995
Kostelec nad Labem	0,3624	0,3263	729166	1029267	Valcha	0,1772	0,1959	866549	1073797
Křižanov	0,5336	0,1619	631749	1135390	Velešín	0,3826	0,0753	758937	1182188
Kunštát	0,5750	0,1848	600770	1125590	Veliš	0,4568	0,3529	674808	1015956
Kutná Hora	0,4399	0,2700	684237	1066017	Votice	0,3736	0,2095	733823	1094560
Libešice	0,3161	0,3771	744682	988725	Vysoké nad Jizerou	0,4659	0,4023	665099	986036
Libochovany	0,2857	0,3806	761983	986447	Žamberk	0,5993	0,2859	597724	1061131
Městec Králové	0,4482	0,3127	679318	1038090	Žatec	0,2267	0,3315	801116	1008035
Mnichovice	0,3727	0,2687	724623	1062466	Žerotín	0,2751	0,3253	775466	1016203
Most	0,2388	0,3643	791431	990098	Žichovice	0,2691	0,1308	812545	1125096
Myslibořice	0,5358	0,1236	644743	1165644	Žlutice	0,2026	0,2855	831647	1029658

zhuštění na 240 sídel

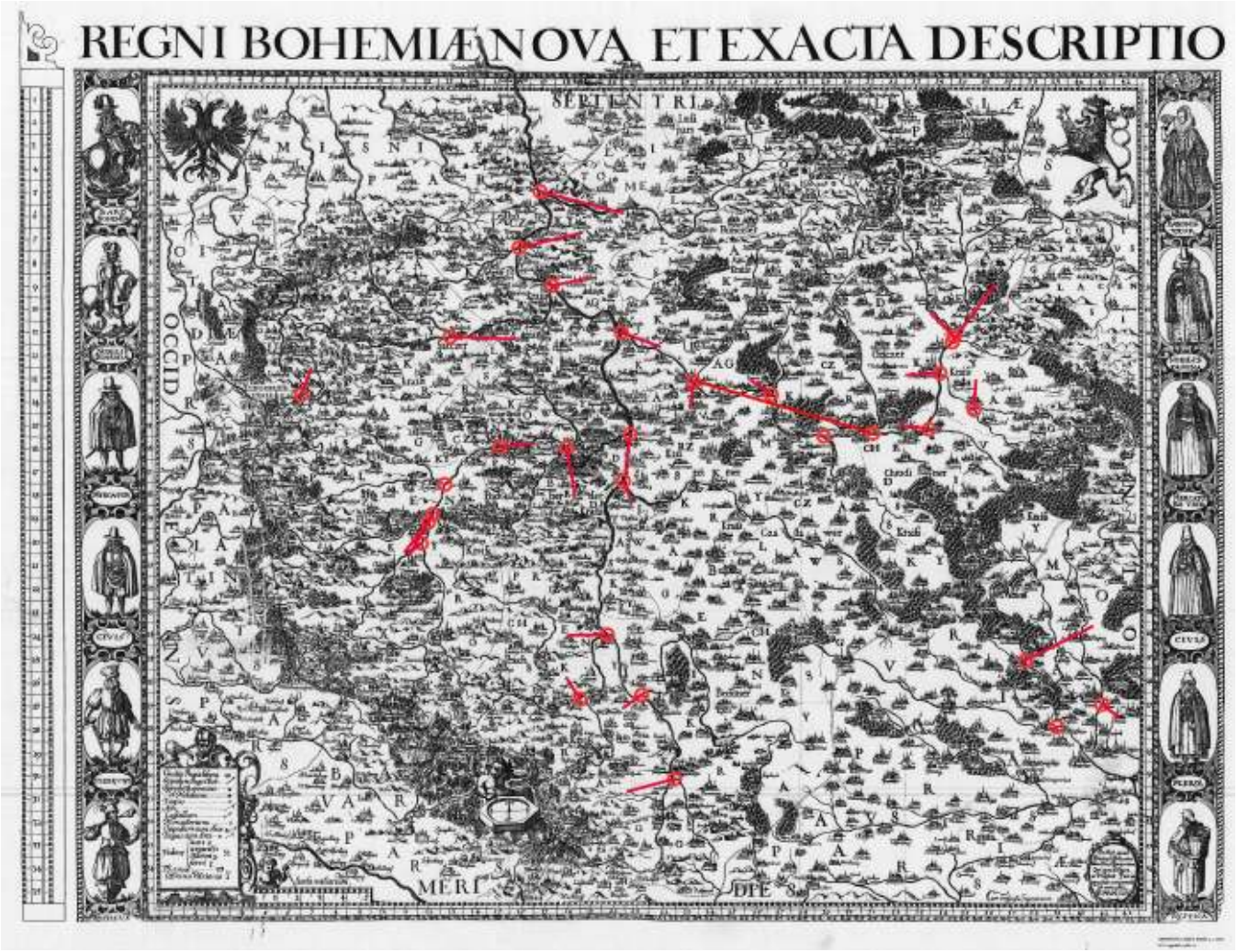
sídlo	souřadnice				sídlo	souřadnice			
	systém Mapa		systém JTSK			systém Mapa		systém JTSK	
	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]		Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]
Bakov nad Jizerou	0,2069	0,3624	810922	985593	Libčeves	0,5459	0,2556	623272	1084481
Benešov	0,1990	0,3267	819798	1008344	Liberec	0,5914	0,2345	601144	1097786
Benešov nad Ploučnicí	0,2122	0,3126	819157	1017248	Lnáře	0,5562	0,2177	607187	1111661
Blansko	0,2548	0,3269	780618	1015465	Lomnice	0,5964	0,1597	593533	1142225
Blatno	0,2655	0,3537	778292	997037	Mirovice	0,5664	0,1702	609885	1136105
Boletice	0,2494	0,3771	782180	979275	Nechanice	0,5191	0,1432	640963	1147386
Borovany	0,2550	0,3015	799490	1026789	Nepomyšl	0,5032	0,2034	652295	1105072
Brandýs nad Orlicí	0,1905	0,2733	844802	1031110	Nová Ves	0,5032	0,1261	657409	1158472
Budišov	0,2986	0,2678	776930	1057687	Nové Hrady_1	0,4893	0,0953	675674	1171396
Česká Skalice	0,2305	0,2690	810513	1045091	Nový Bor	0,4520	0,1998	683981	1111862
Český Krumlov	0,3237	0,3620	742908	998104	Nymburk	0,4085	0,2287	706227	1089973
Dobříš	0,3166	0,4072	740655	969841	Obděnice	0,3662	0,2336	728458	1078970
Doksy	0,3455	0,4118	728606	974586	Opálka	0,3502	0,1876	754093	1101679
Dubeč	0,3592	0,4181	723194	970023	Opočno	0,3953	0,1577	724163	1130163
Duchcov	0,3765	0,3786	719090	992581	Přeštice	0,3948	0,1093	734869	1165106
Havlíčkova Borová	0,4126	0,3787	699313	999665	Radonice	0,3882	0,0895	744663	1176098
Hluboká nad Vltavou	0,4164	0,3666	700482	1004765	Rokycany	0,3682	0,1123	757596	1156695
Horní Libchava	0,4281	0,4177	688241	973302	Sádek	0,3618	0,0729	769620	1181981
Horšovský Týn	0,3712	0,2870	731416	1047469	Smidary	0,3391	0,0707	776807	1180212
Hořesedly	0,4212	0,3078	697629	1037814	Smiřice	0,3096	0,1155	791547	1149184
Hostinné	0,5028	0,3814	644324	1004845	Solnice	0,3288	0,2336	765022	1074199
Hoštka	0,5328	0,3483	623372	1023535	Spálené Poříčí	0,3116	0,1840	779044	1102141
Humpolec	0,5147	0,3329	637648	1032789	Svitavy	0,2823	0,1679	797744	1105640
Chroustník	0,4852	0,3211	654939	1037441	Svojanov	0,2707	0,2060	808271	1086925
Chrudim	0,4690	0,3327	665118	1030255	Toužim	0,2576	0,2408	807198	1072602
Jemnice	0,5448	0,3143	620492	1038023	Trhový Štěpánov	0,2404	0,2009	828499	1088268
Kdyně	0,5567	0,3022	612389	1046324	Třeboň	0,2000	0,2233	851263	1068856
Kladruby	0,4547	0,2946	680379	1045965	Vlachovo Březí	0,1924	0,1784	857065	1089259
Klášter Hradiště n. Jizerou	0,5745	0,2774	611774	1068884	Zdice	0,2148	0,1630	852667	1105252
Kralovice	0,5097	0,2764	646871	1070858	Žehuň	0,2387	0,1567	840362	1116753

9.2 Vizualizace polohové přesnosti zjišťovaných prvků

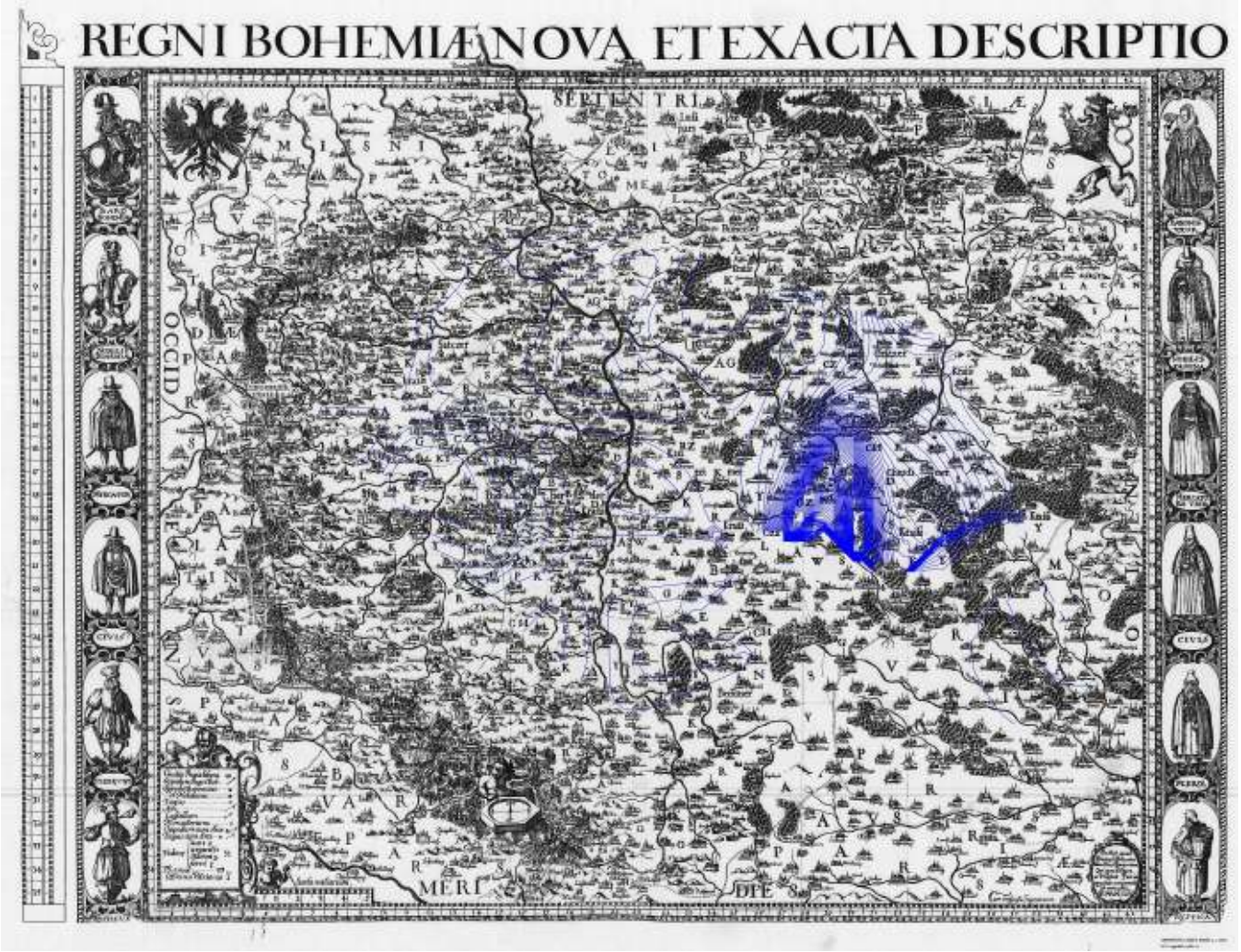
9.2.1 Při použití soutoků jako identických bodů



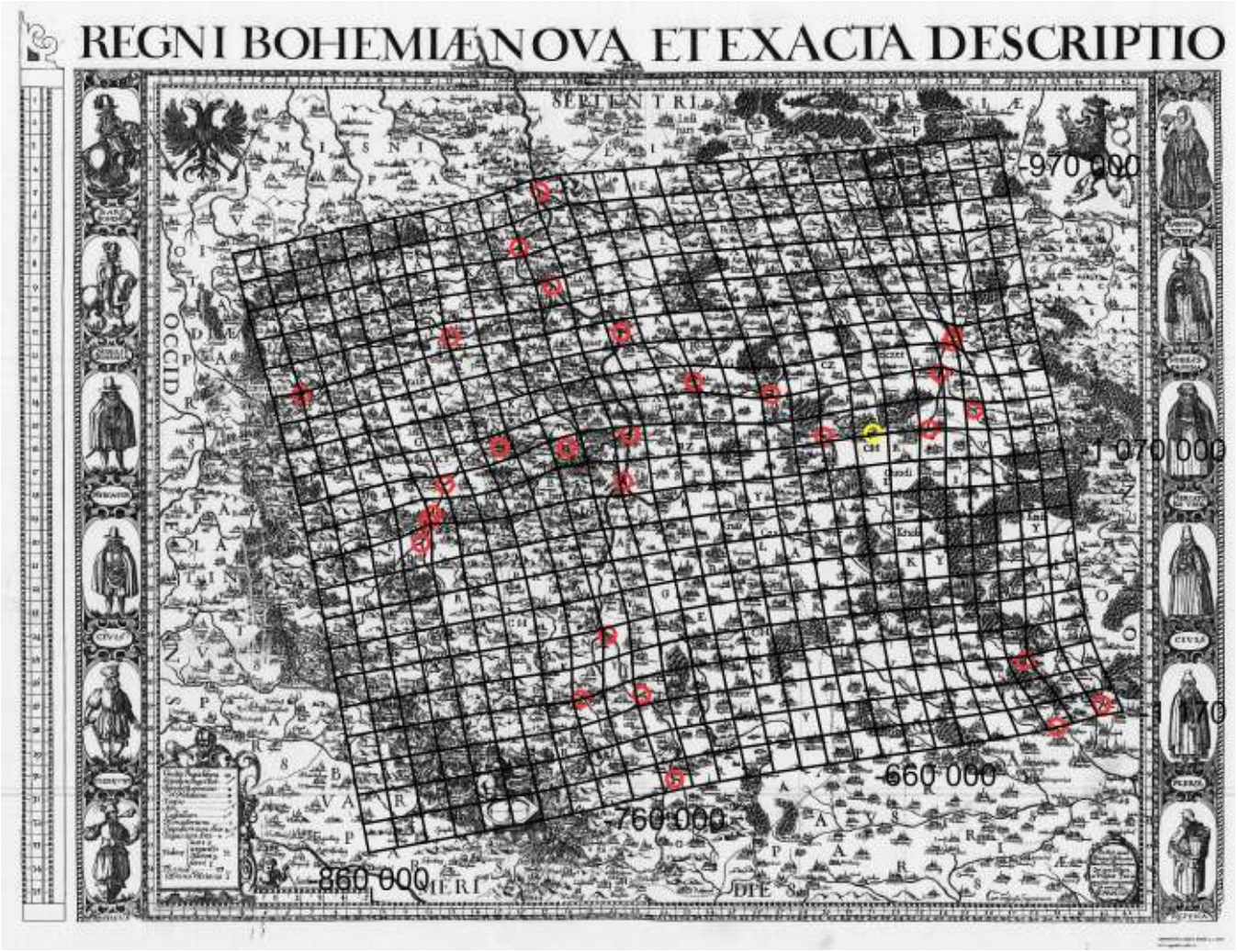
obr.26 Distorzní mřížka při použití 30 soutoků jako identických bodů



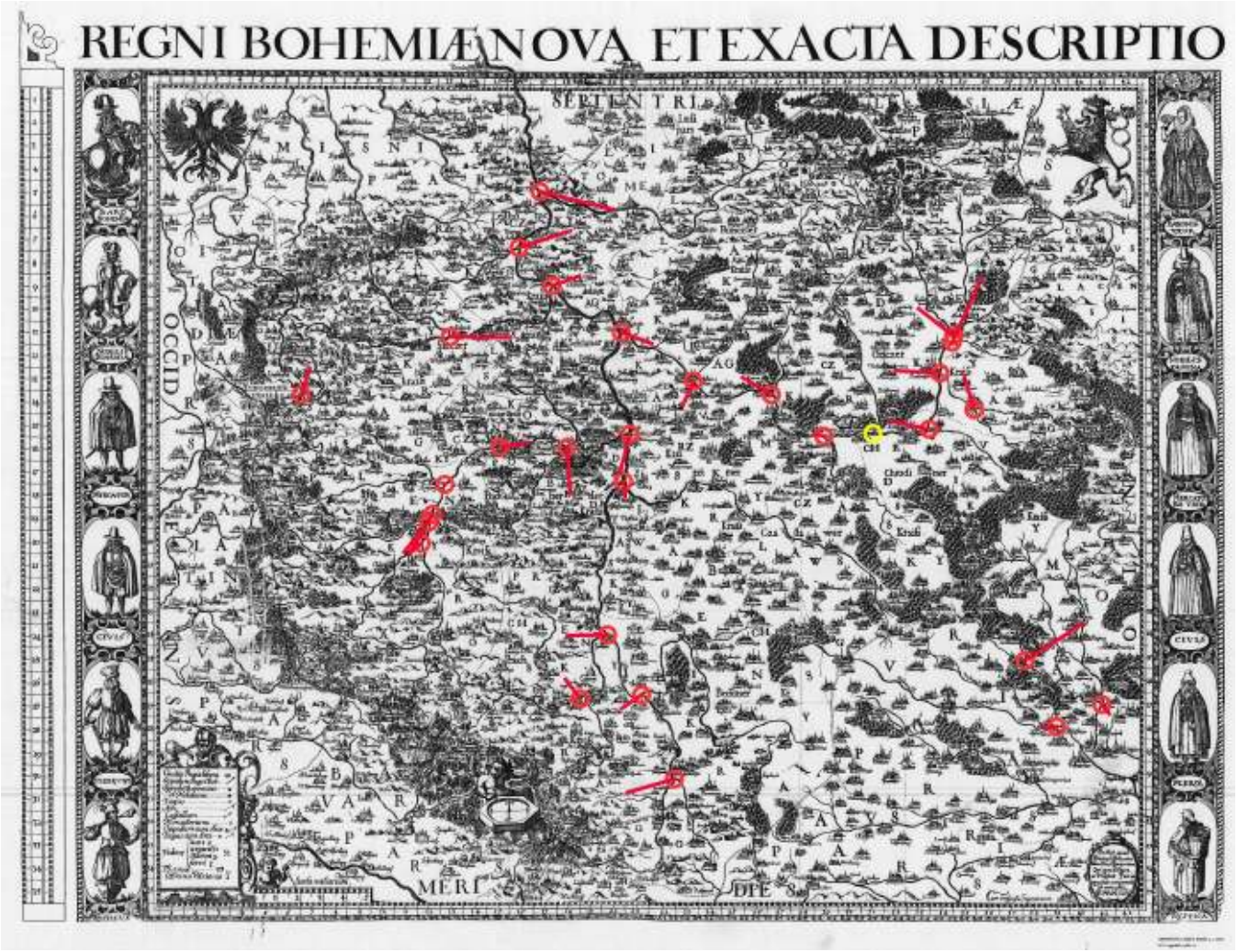
obr.27 Vektory zkreslení při použití 30 soutoků jako identických bodů



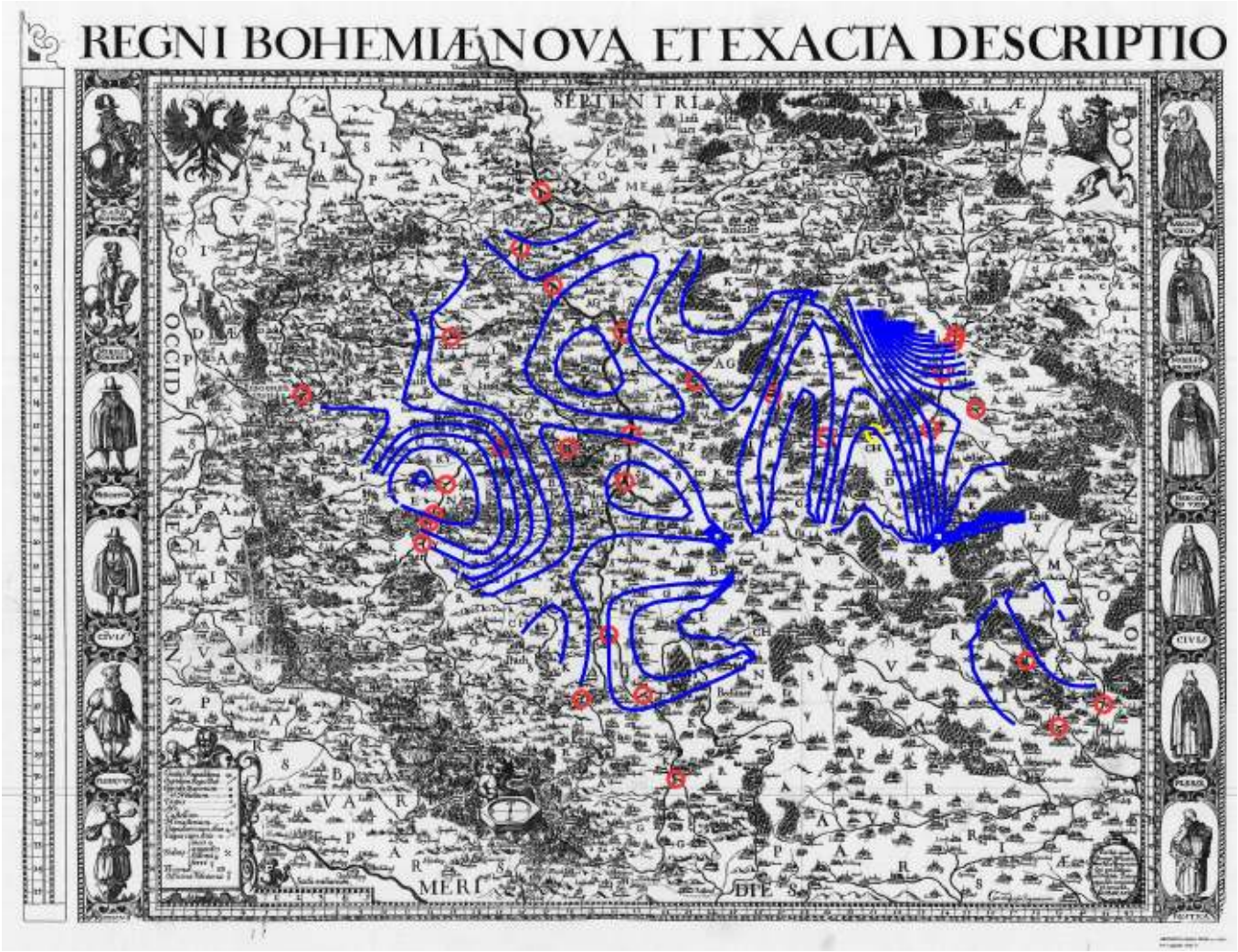
obr.28 Měřítkové izolinie při použití 30 soutoků jako identických bodů



obr.29 Distorzní mřížka při použití 29 soutoků jako identických bodů

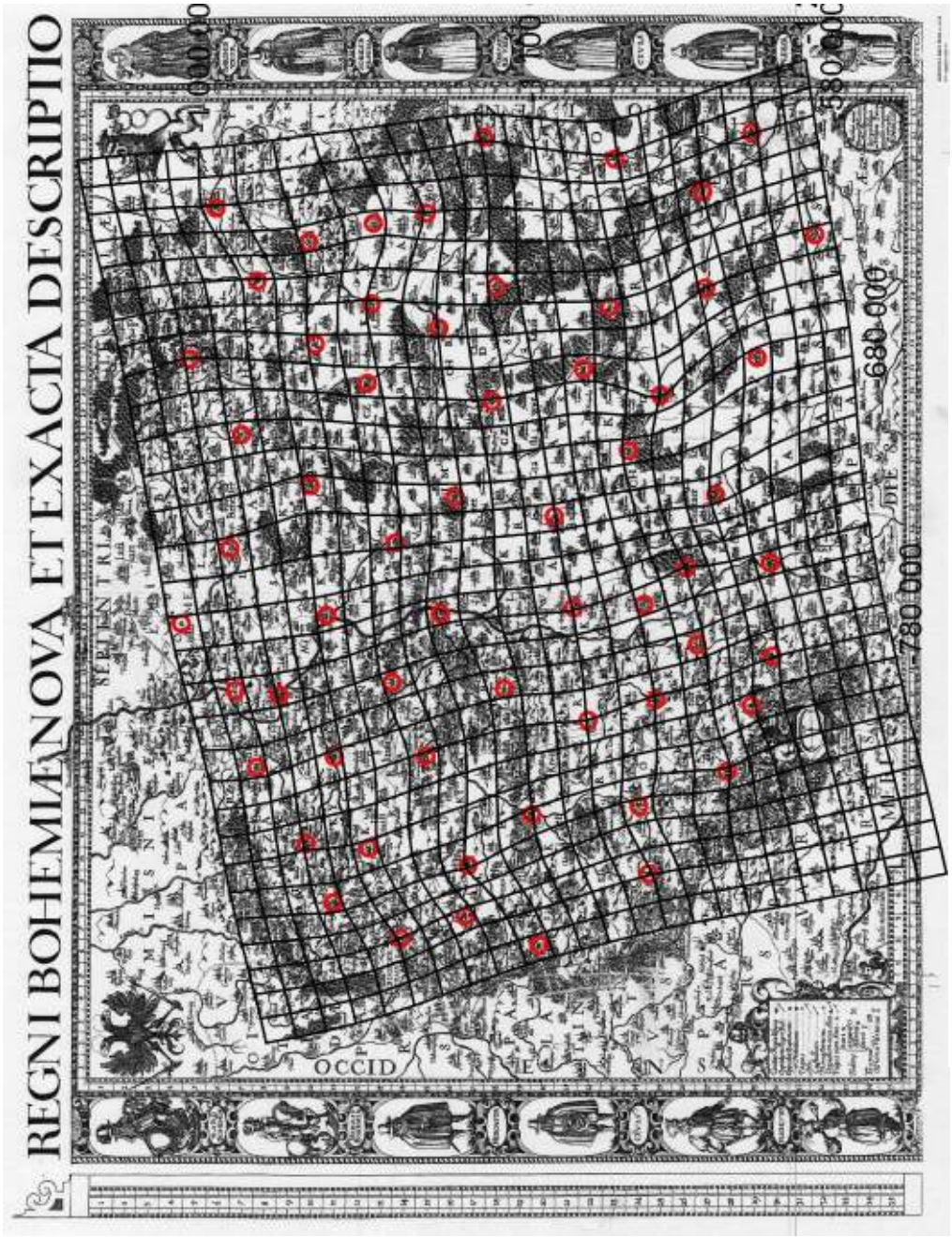


obr.30 Vektory zkreslení při použití 29 soutoků jako identických bodů

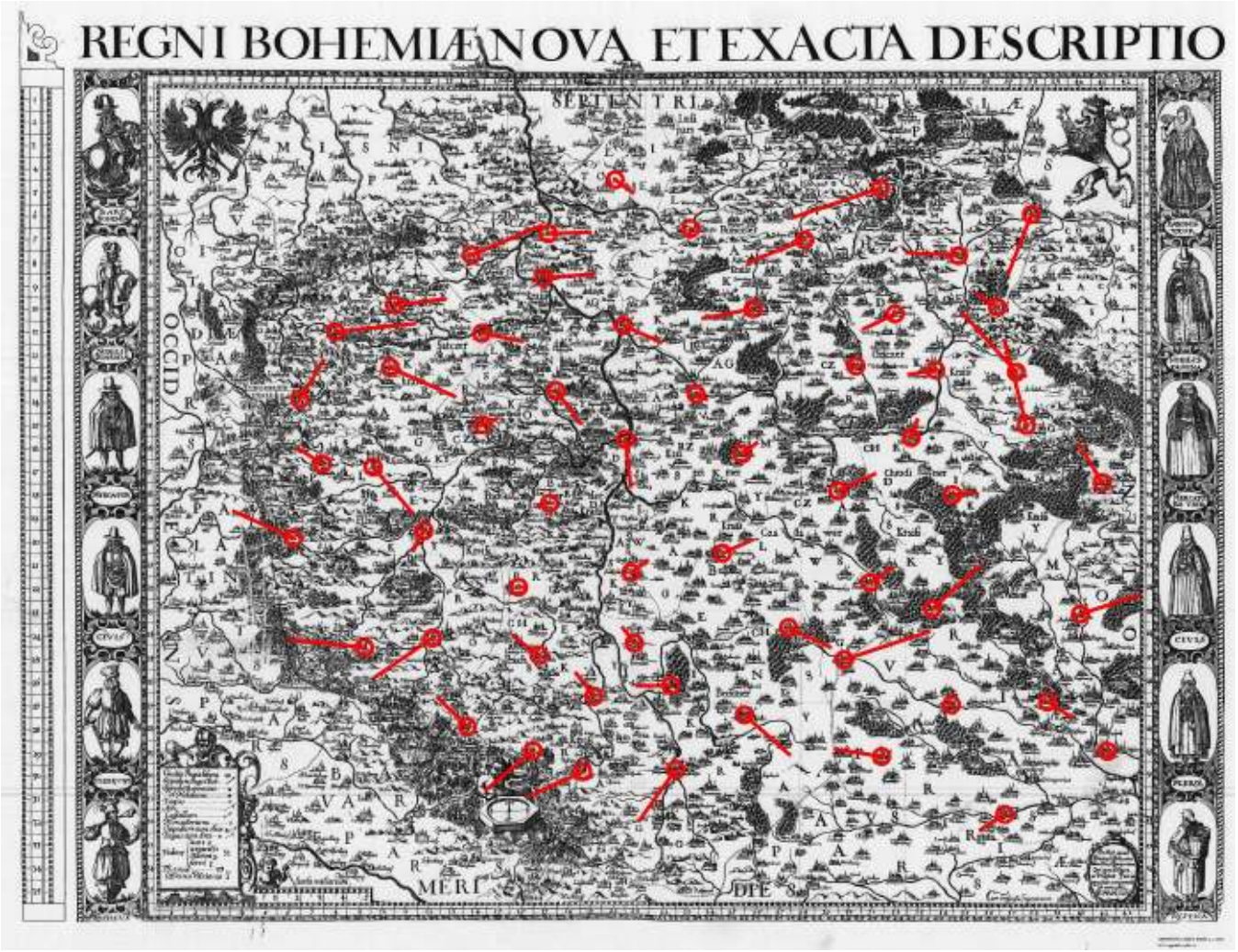


obr.31 Měřítkové izolinie při použití 29 soutoků jako identických bodů

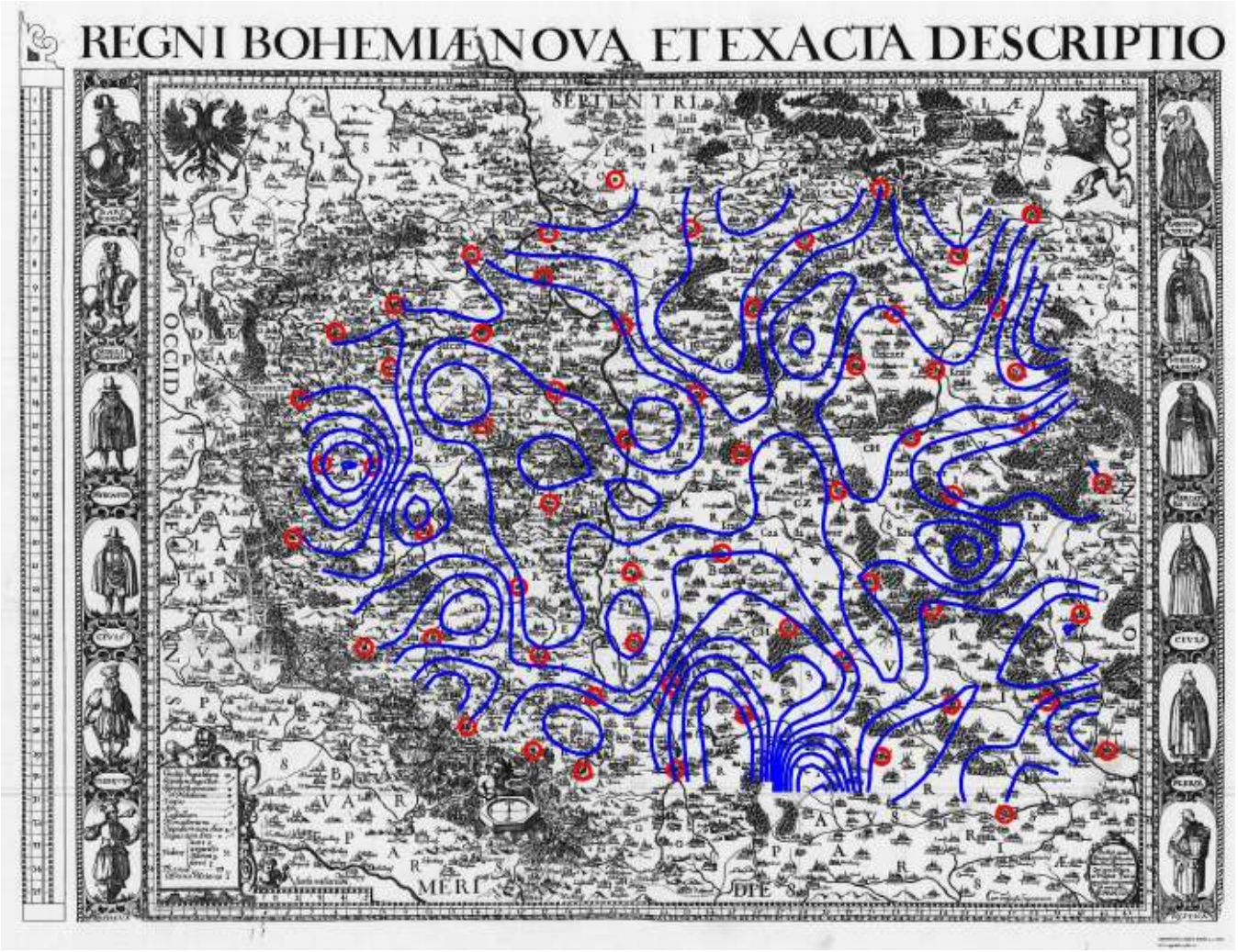
9.2.2 Při použití sídel jako identických bodů



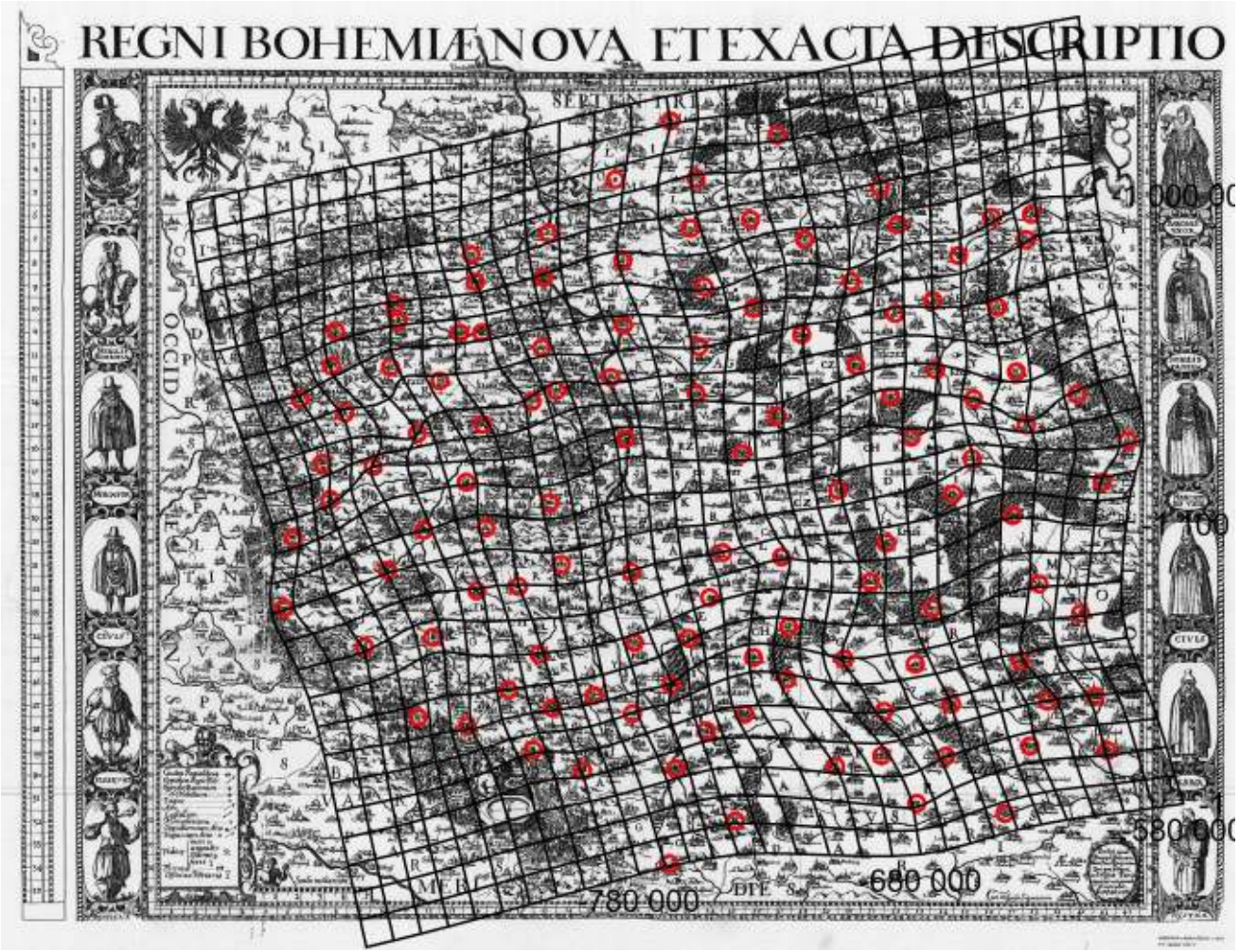
obr.32 Distorzní mřížka při použití 60 sídel jako identických bodů body



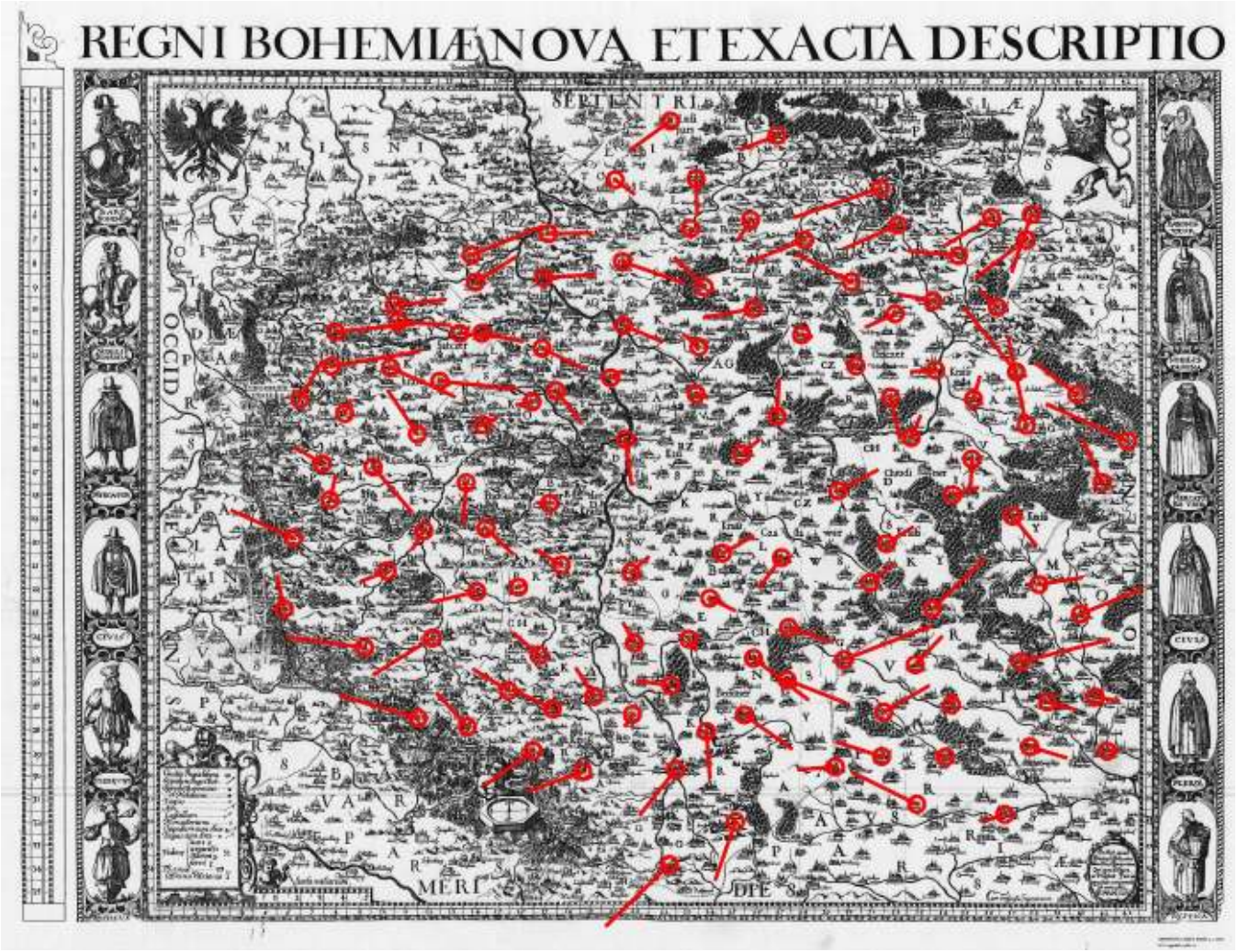
obr.33 Vektory zkreslení při použití 60 sídel jako identických bodů



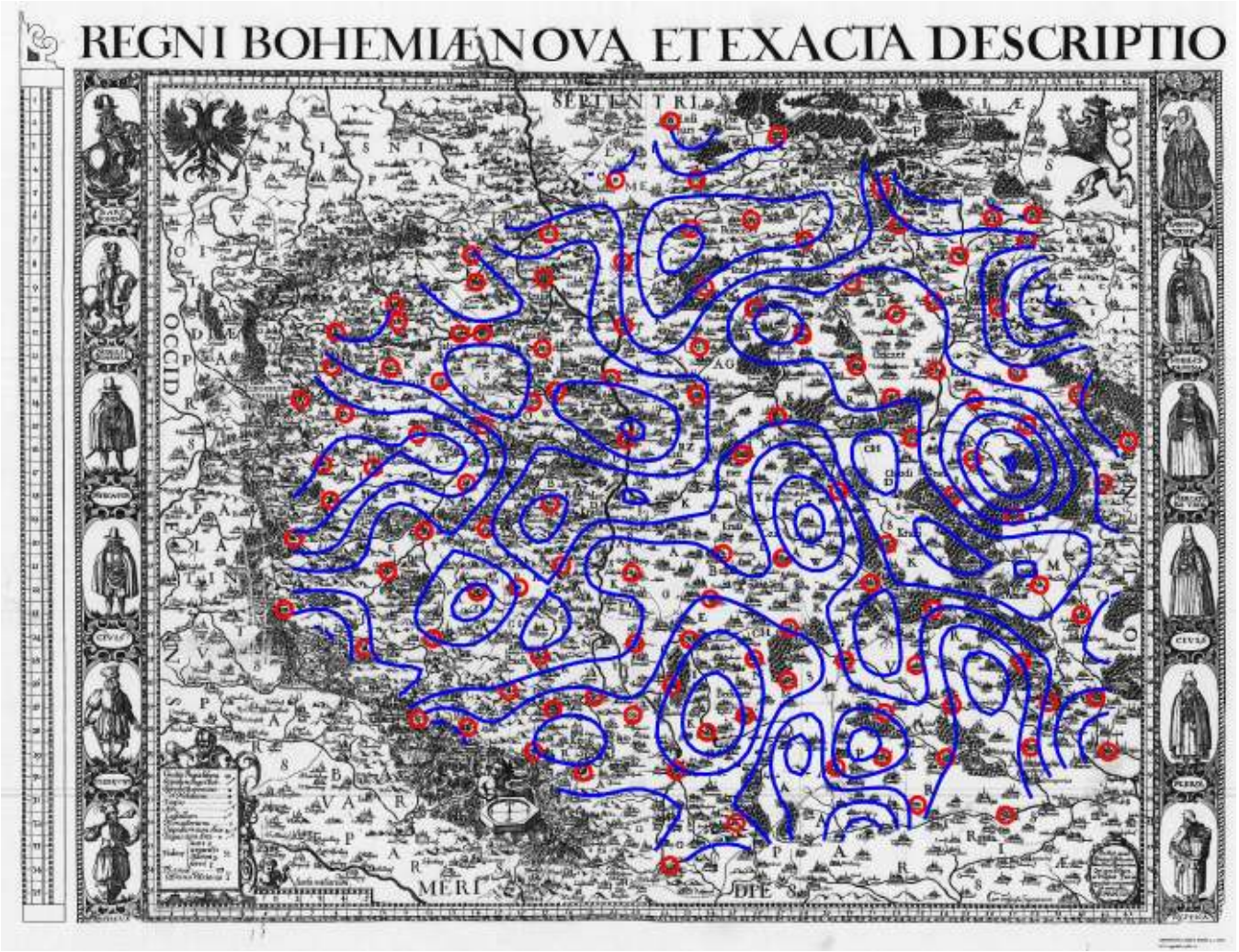
obr.34 Měřítkové izolinie při použití 60 sídel jako identických bodů



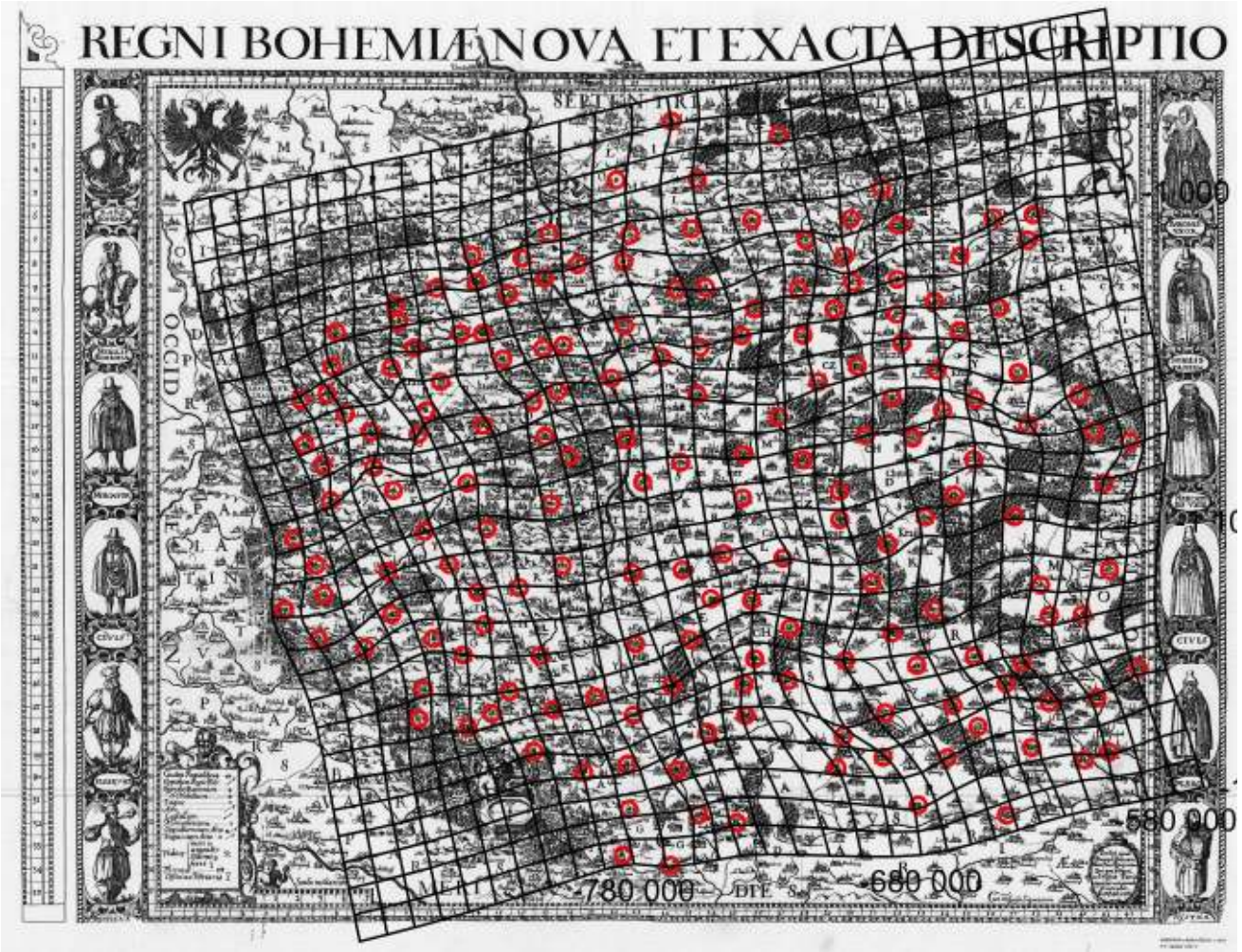
obr.35 Distorzní mřížka při použití 120 sídel jako identických bodů



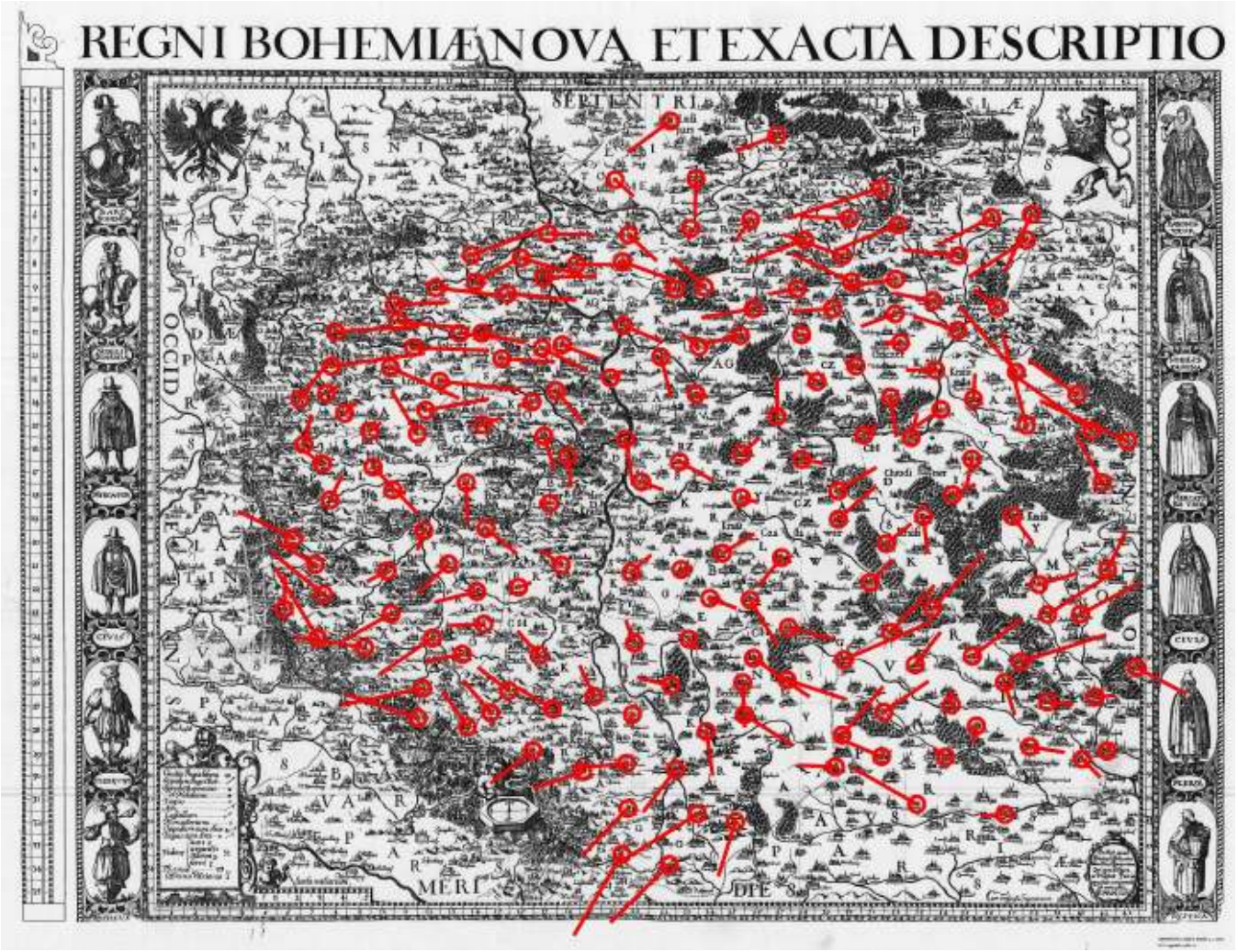
obr.36 Vektory zkreslení při použití 120 sídel jako identických bodů



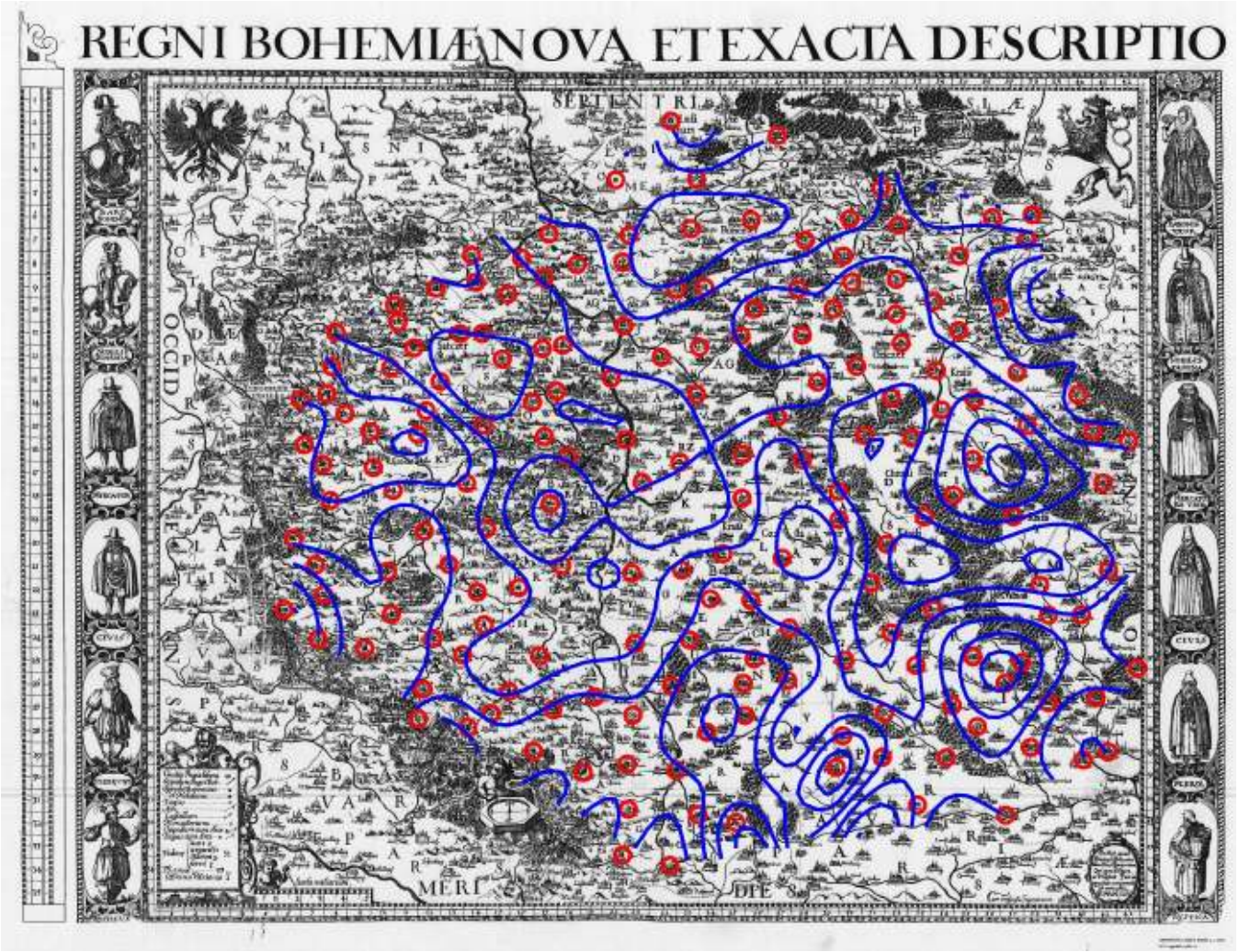
obr.37 Měřítkové izolinie při použití 120 sídel jako identických bodů



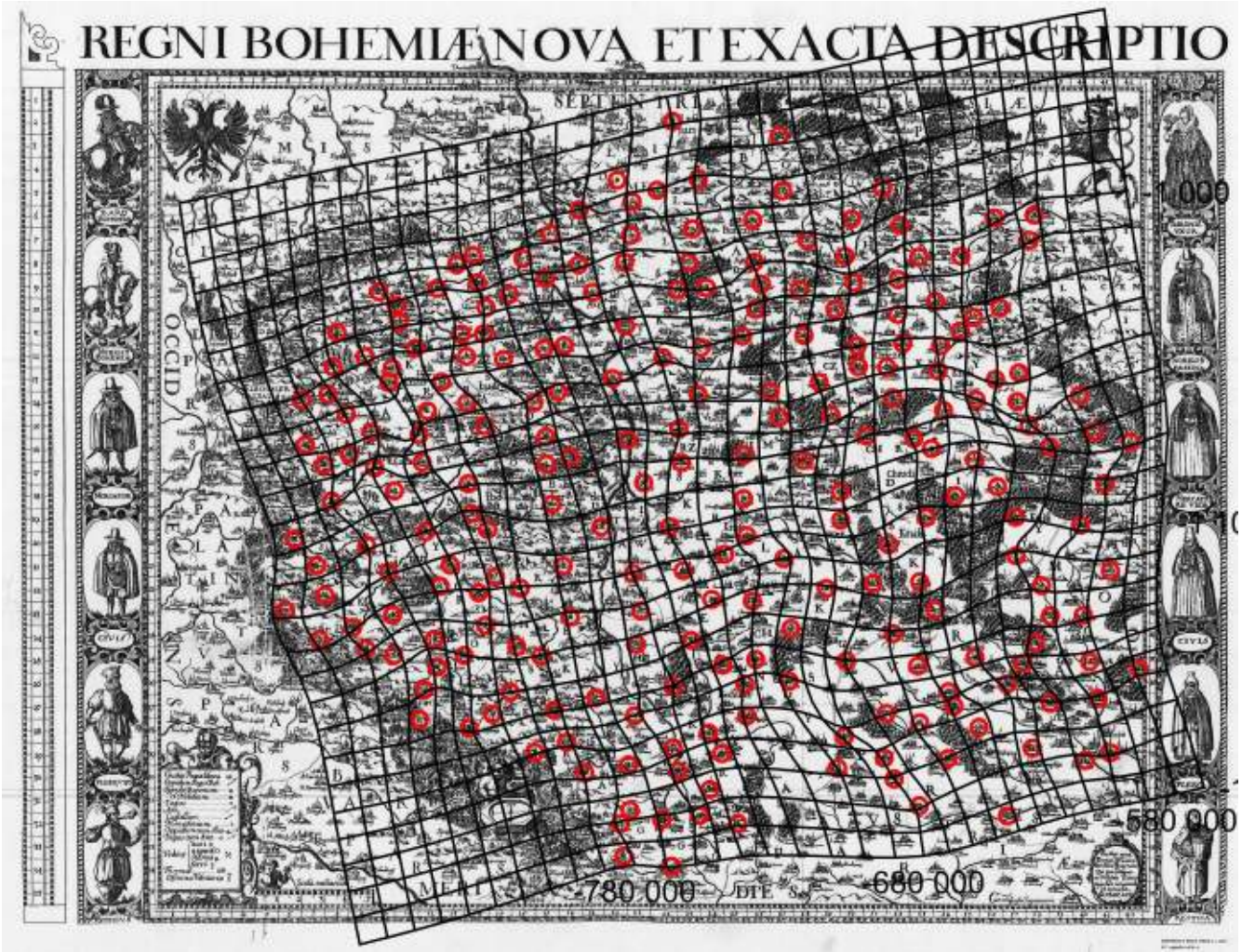
obr.38 Distorzní mřížka při použití 180 sídel jako identických bodů



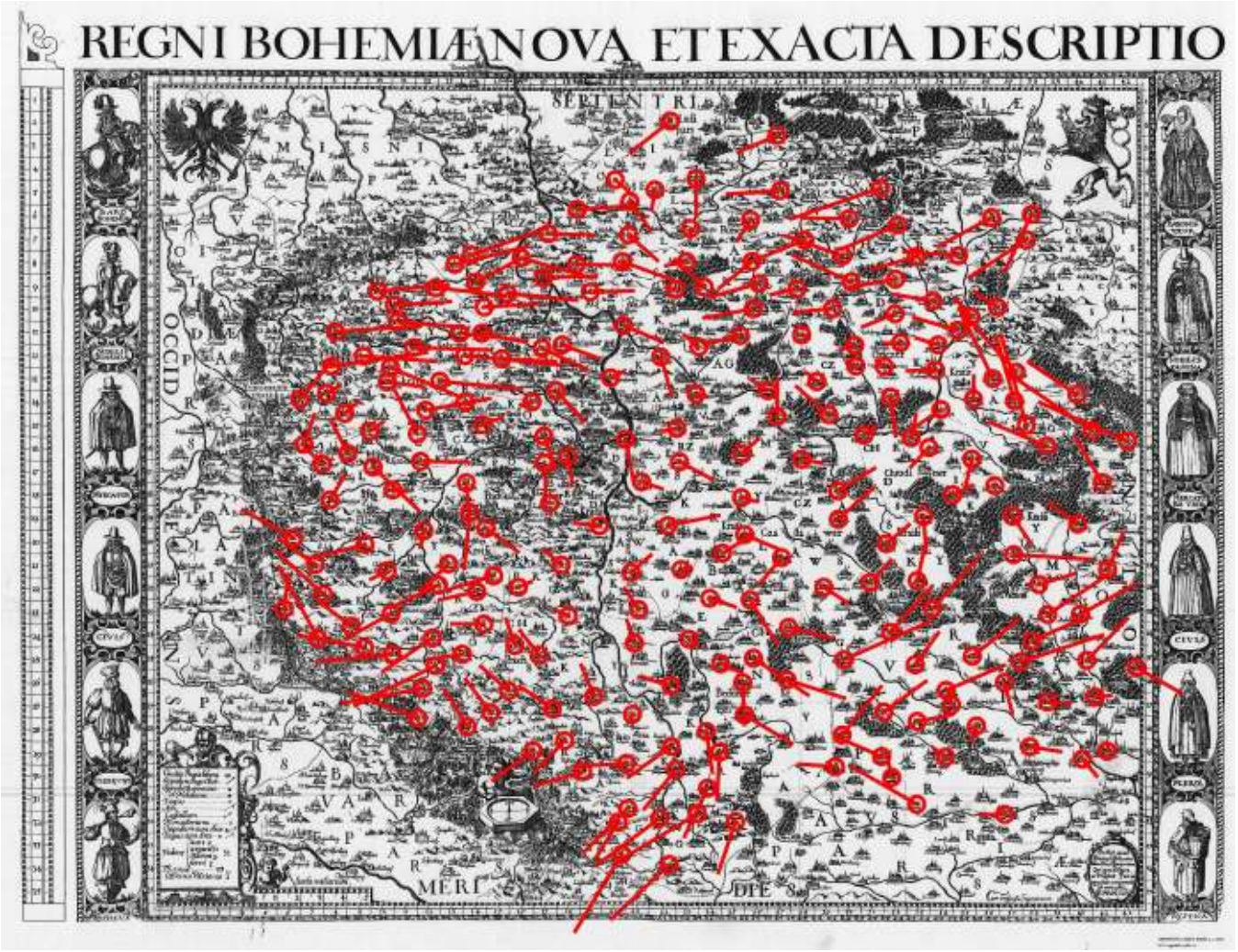
obr.39 Vektory zkreslení při použití 180 sídel jako identických bodů



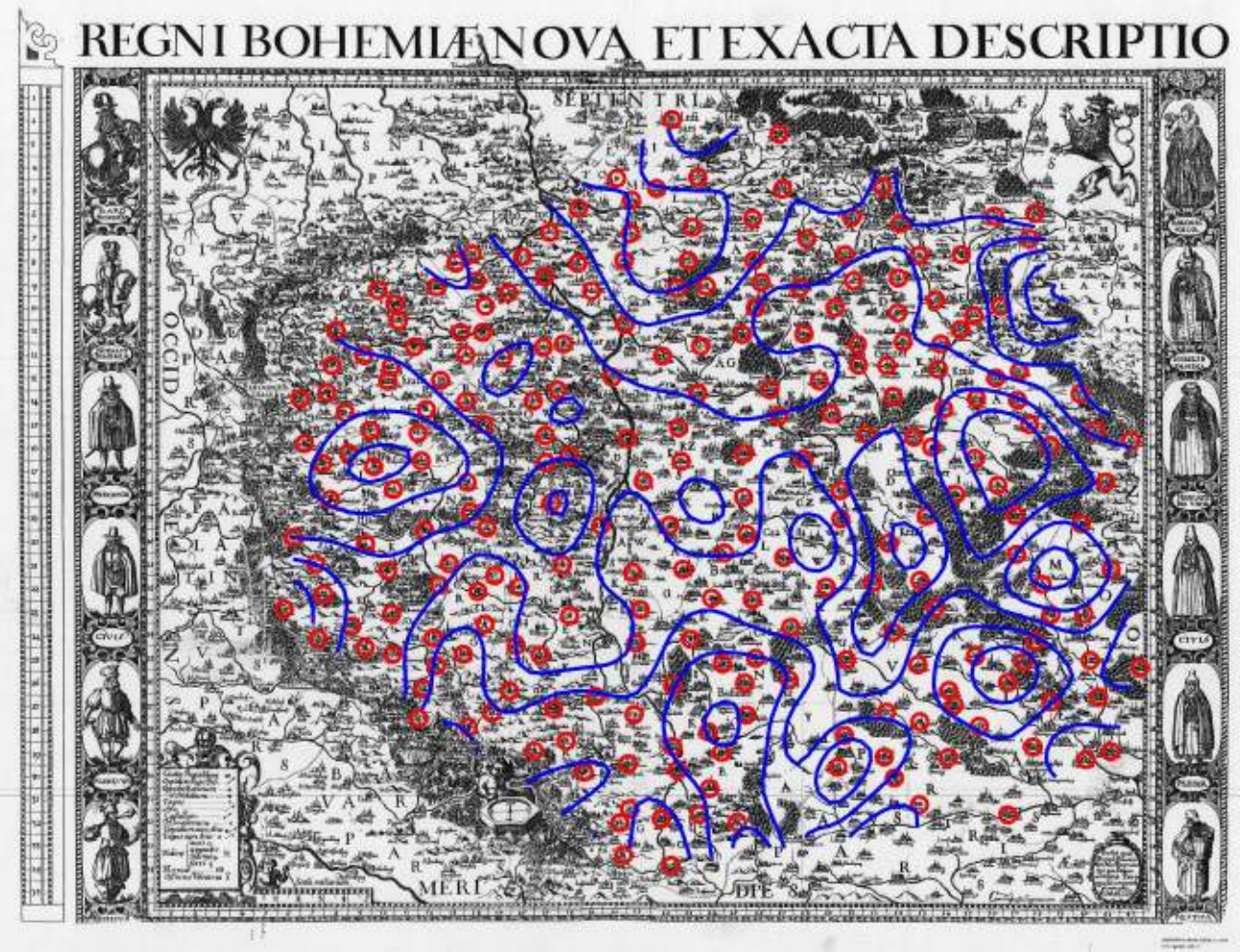
obr.40 Měřítkové izolinie při použití 180 sídel jako identických bodů



obr.41 Distorzní mřížka při použití 240 sídel jako identických bodů

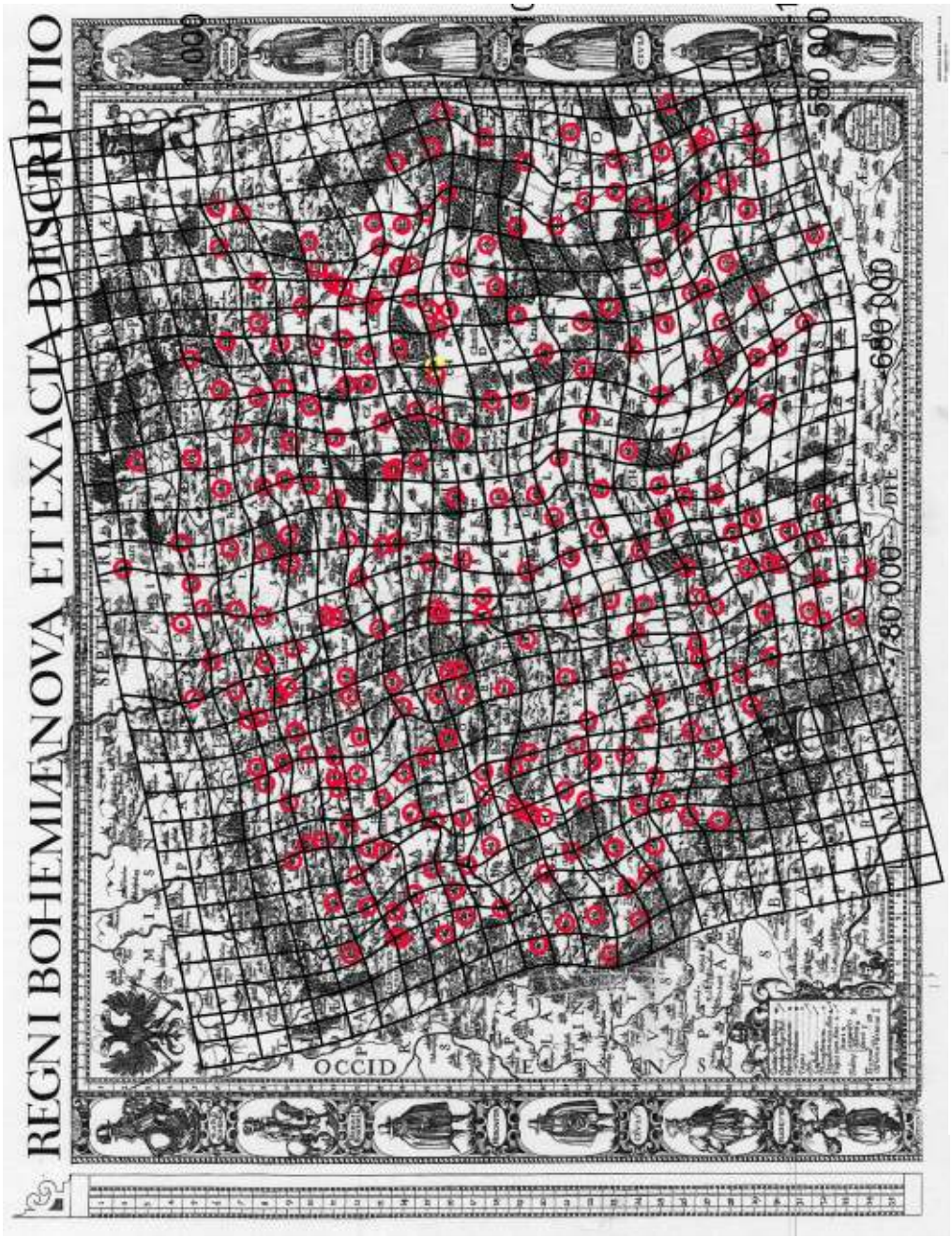


obr.42 Vektory zkreslení při použití 240 sídel jako identických bodů

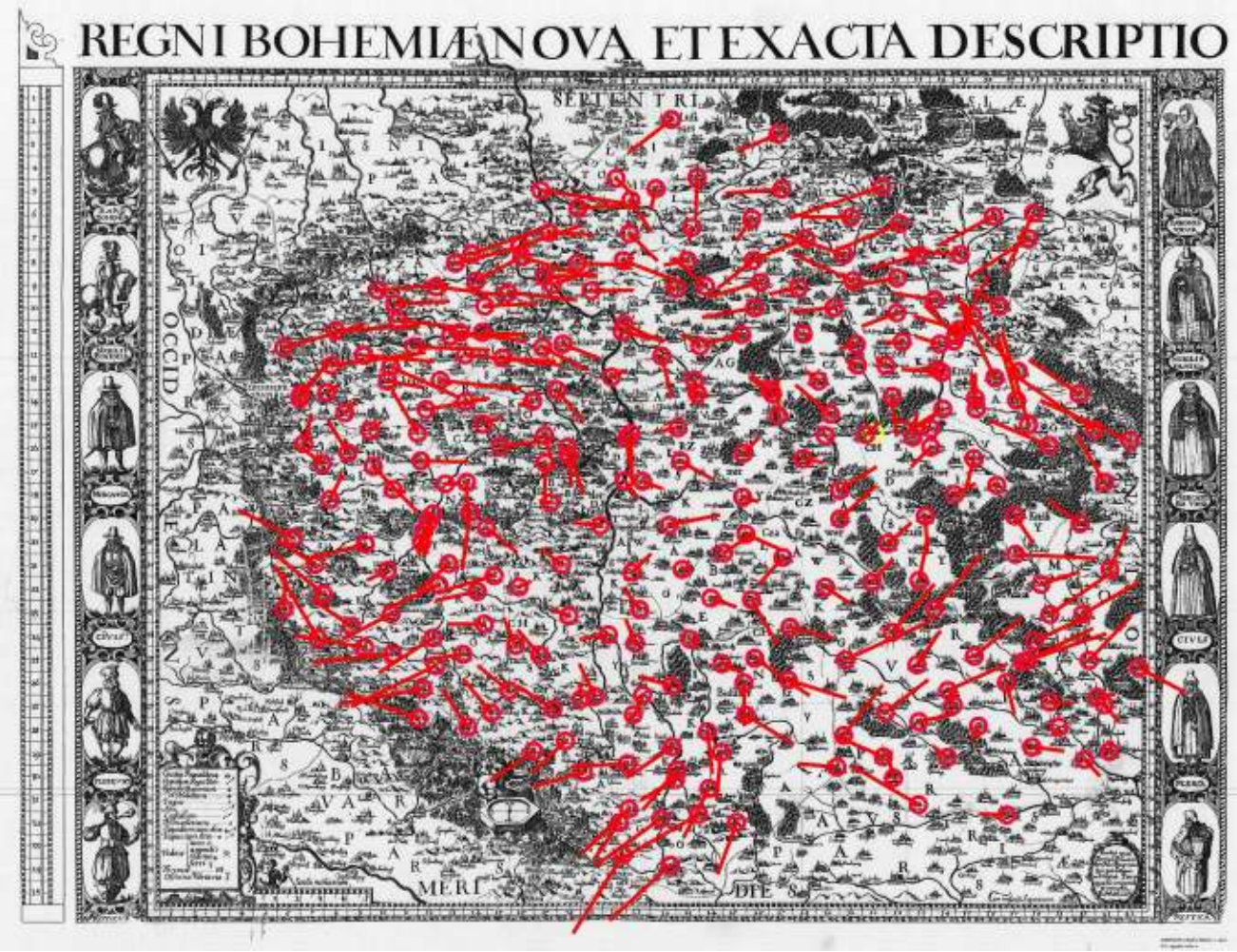


obr.43 Měřítkové izolinie při použití 240 sídel jako identických bodů

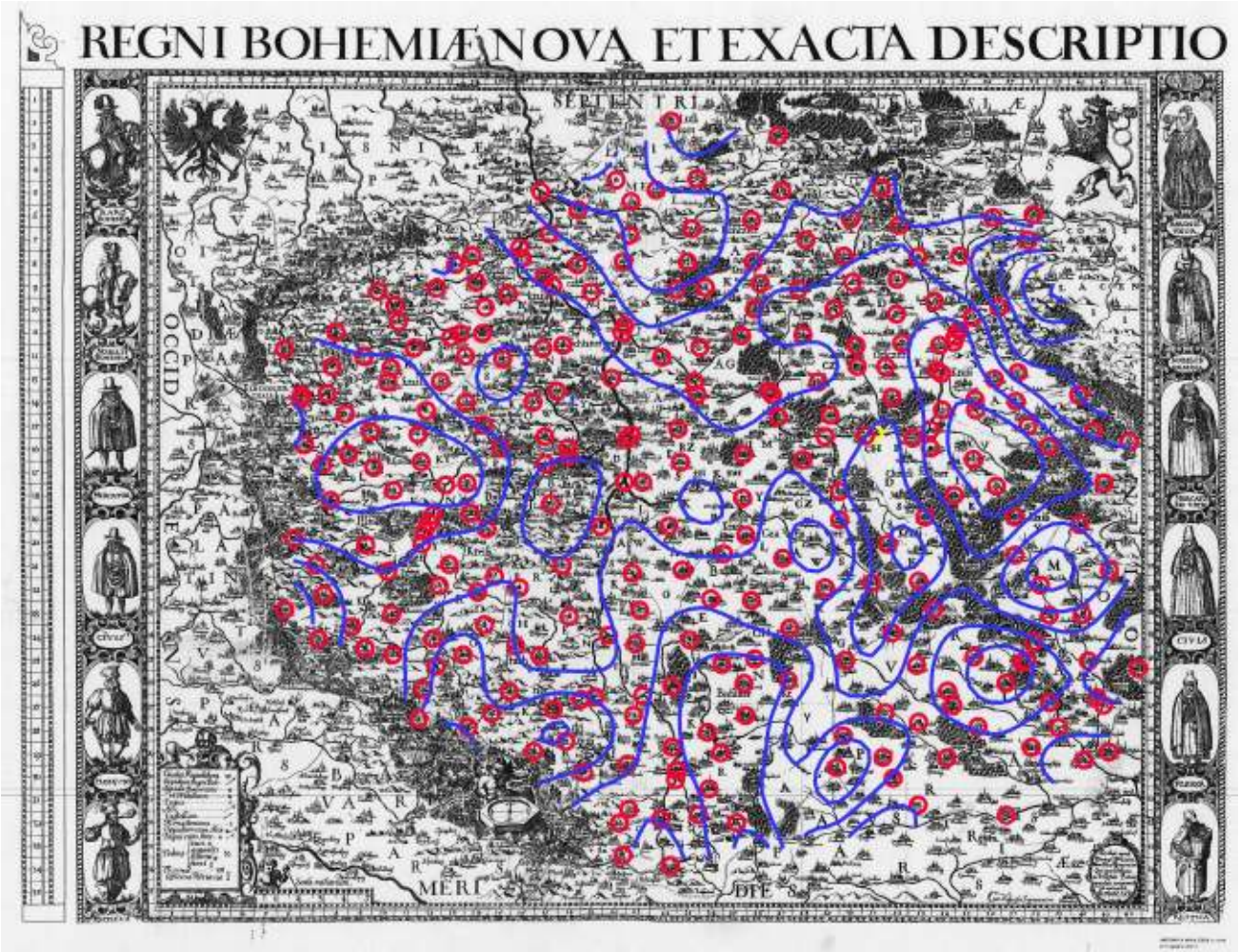
9.2.3 Při použití sídel i soutoků jako identických bodů



obr.44 Distorzní mřížka při použití 240 sídel + 29 soutoků jako identických bodů



obr.45 Vektory zkreslení při použití 240 sídel + 29 soutoků jako identických bodů



obr.46 Měřítkové izolinie při použití 240 sídel + 29 soutoků jako identických bodů

9.3 Protokoly o transformaci z programu MapAnalyst

9.3.1 Identické body = 30 soutoků

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3

1.11.2008 12:36:40

Computation with 30 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:620 200

Rotation: 9° [ccw]

Std. Deviation: ±6 538m

Mean Pos. Error: ±9 246m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:627 300

Scale Vert.: 1:628 000

Rotation: 9° [ccw]

Std. Deviation: ±6 598m

Mean Pos. Error: ±9 332m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:629 000

Scale Vert.: 1:630 000

Rotation X: 8° [ccw]

Rotation Y: 12° [cw]

Std. Deviation: ±6 326m

Mean Pos. Error: ±8 947m

9.3.2 Identické body = 29 soutoků

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3

1.11.2008 12:48:12

Computation with 29 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:620 200

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation: ±5 056m

Mean Pos. Error: ±7 151m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:629 600

Scale Vert.: 1:627 000

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation: ±5 085m

Mean Pos. Error: ±7 191m

Affine (6 Parameters)
Scale Hor.: 1:630 000
Scale Vert.: 1:632 000
Rotation X: 8° [ccw]
Rotation Y: 13° [cw]
Std. Deviation: ±4 574m
Mean Pos. Error: ±6 469m

9.3.3 Identické body = 60 sídelních jednotek

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3
1.11.2008 18:05:15

Computation with 60 linked points.

Helmert (4 Parameters)
Scale: 1:620 700
Rotation: 9° [ccw]
Std. Deviation: ±6 039m
Mean Pos. Error: ±8 540m

Affine (5 Parameters)
Scale Hor.: 1:629 400
Scale Vert.: 1:606 300
Rotation: 10° [ccw]
Std. Deviation: ±5 909m
Mean Pos. Error: ±8 356m

Affine (6 Parameters)
Scale Hor.: 1:630 000
Scale Vert.: 1:607 000
Rotation X: 9° [ccw]
Rotation Y: 10° [cw]
Std. Deviation: ±5 881m
Mean Pos. Error: ±8 317m

9.3.4 Identické body = 120 sídelních jednotek

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3
1.11.2008 18:13:09

Computation with 120 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:623 800
Rotation: 10° [ccw]
Std. Deviation: ±5 904m
Mean Pos. Error: ±8 350m

Affine (5 Parameters)
Scale Hor.: 1:629 400
Scale Vert.: 1:615 600
Rotation: 10° [ccw]
Std. Deviation: ±5 829m
Mean Pos. Error: ±8 243m

Affine (6 Parameters)
Scale Hor.: 1:630 000
Scale Vert.: 1:616 000
Rotation X: 9° [ccw]
Rotation Y: 10° [cw]
Std. Deviation: ±5 833m
Mean Pos. Error: ±8 249m

9.3.5 Identické body = 180 sídelních jednotek

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3
1.11.2008 17:59:08

Computation with 180 linked points.

Helmert (4 Parameters)
Scale: 1:625 000
Rotation: 10° [ccw]
Std. Deviation: ±6 006m
Mean Pos. Error: ±8 493m

Affine (5 Parameters)
Scale Hor.: 1:629 400
Scale Vert.: 1:615 800
Rotation: 10° [ccw]
Std. Deviation: ±5 902m
Mean Pos. Error: ±8 347m

Affine (6 Parameters)
Scale Hor.: 1:630 000
Scale Vert.: 1:616 000
Rotation X: 9° [ccw]
Rotation Y: 10° [cw]
Std. Deviation: ±5 889m
Mean Pos. Error: ±8 328m

9.3.6 Identické body = 240 sídelních jednotek

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3

1.11.2008 15:20:54

Computation with 240 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:629 000

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation: ±6 020m

Mean Pos. Error: ±8 514m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:630 100

Scale Vert.: 1:630 500

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation: ±5 909m

Mean Pos. Error: ±8 356m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.: 1:640 000

Scale Vert.: 1:617 000

Rotation X: 9° [ccw]

Rotation Y: 11° [cw]

Std. Deviation: ±5 865m

Mean Pos. Error: ±8 295m

9.3.7 Identické body = 240 sídelních jednotek + 29 soutoků

Comparison of Transformations

MapAnalyst Version 1.2.3

31.10.2008 11:59:55

Computation with 269 linked points.

Helmert (4 Parameters)

Scale: 1:626 000

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation: ±5 936m

Mean Pos. Error: ±8 394m

Affine (5 Parameters)

Scale Hor.: 1:630 100

Scale Vert.: 1:630 100

Rotation: 10° [ccw]

Std. Deviation:	±5 842m
Mean Pos. Error:	±8 263m

Affine (6 Parameters)

Scale Hor.:	1:630 000
Scale Vert.:	1:616 000
Rotation X:	9° [ccw]
Rotation Y:	11° [cw]
Std. Deviation:	±5 773m
Mean Pos. Error:	±8 164m