

Nový koncept zvyšovania právnej istoty katastra nehnuteľností s využitím GNSS(SKPOS) a terestrických meraní

Matej Klobušiak a Jozef Kožár

**GEO-KOD, s.r.o.,
Karloveská 24,
841 04 Bratislava**

Čo všetko sa zmenilo a rozpracovalo? :

- Podmienky na geodetické určovanie polohy a tvaru objektov v priestore s metrikou 1 : 1.
- Ucelený teoretický, matematicko-štatistický koncept stochastického spracovania veľkého objemu nameraných údajov vo viacerých etapách
- Zásadná zmena pri právnej ochrana vlastníctva a snaha po zvyšovaní právnej istoty.
- Hromadný zber, analýza, spracovanie a distribúcia údajov a informácií.
- Nové vízie pre oblasť priestorových informácií z pohľadu určovania geocentrickej polohy (positioning).
- Interoperabilita geopriestorových informácií v metrickom priestore

Aktualizácia VKM podmienky:

- Geometrické plány a meračské náčrty.
- Naviazanie na RS SKPOS v ETRS89 resp. JTISK03(ETRS89)
- Spracovanie kombinovaného merania GNSS a terestrických meraní etapovou voľnou sieťou.
- Spoločné spracovanie geometrického aspektu VKM a GP v spoločnej projekčnej rovine ETRS-LH

Model efektívneho spojenia VKM a GP

$$L = \begin{pmatrix} L_{GP} \\ L_{VKM} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{\Theta_{GP}} \\ L_{\gamma} \\ L_{\Theta} \\ L_{\beta} \\ L_d \\ L_{\omega} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{GP}, 0, 0 \\ 0, 0, G \\ X_{\Theta}, 0, 0 \\ 0, B, 0 \\ X_d, D, 0 \\ X_{\omega}, U, 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta\Theta \\ \delta\beta \\ \delta\gamma \end{pmatrix}$$

$$\Sigma_L = \text{Diag}(\Sigma_{\xi^*}, \Sigma_{\Theta}, \Sigma_{\beta}, \Sigma_d, \Sigma_{\omega}) = \text{Diag}\left(\begin{bmatrix} M^{11} & M^{12} \\ M^{22} & M^{22} \end{bmatrix}, \Sigma_{\Theta}, \Sigma_{\beta}, \Sigma_d, \Sigma_{\omega}\right)$$

$$\Sigma_L^{-1} = \text{Diag}(\Sigma_{\xi^*}^+, \Sigma_{\Theta}^{-1}, \Sigma_{\beta}^{-1}, \Sigma_d^{-1}, \Sigma_{\omega}^{-1}) = \text{Diag}\left(\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix}, \Sigma_{\Theta}^{-1}, \Sigma_{\beta}^{-1}, \Sigma_d^{-1}, \Sigma_{\omega}^{-1}\right)$$

$$\hat{\delta\Theta} = K^{11}\eta_{\Theta} + K^{12}\eta_{\beta} = K^{11}(\eta_{\Theta} - K_{12}K_{22}^{-1}\eta_{\beta}).$$

$$\hat{\delta\beta} = K^{21}\eta_{\Theta} + K^{22}\eta_{\beta} = -K_{22}^{-1}(K_{21}\hat{\delta\Theta} - \eta_{\beta}).$$

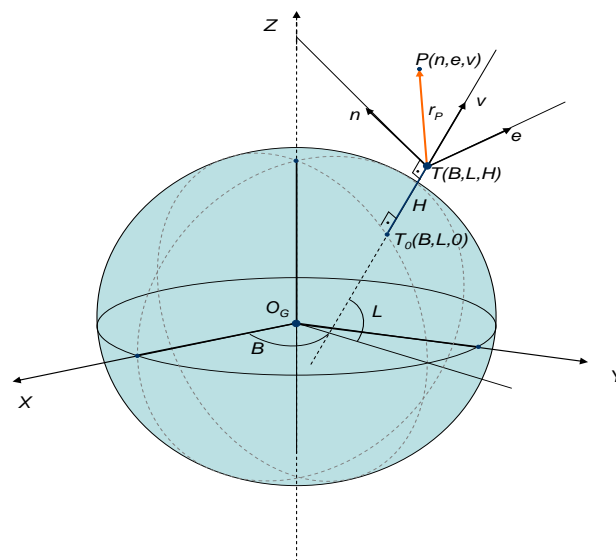
$$\hat{\delta\gamma} = K^{31}\eta_{\Theta} + K^{32}\eta_{\beta} = -K_{33}^{-1}K_{31}\hat{\delta\Theta}.$$

Metrika 1:1 - interoperabilita

- Definícia ETRS-LHT – karteziánsky systém
- Definícia ETRS-LH – kartografický systém
- Dôsledky

Definícia : ETRS-LHT lokálny horizontálny topocentrický systém

- *ETRS-LHT*, označovaný skratkou (nev) , patrí medzi lokálne karteziánske 3D súradnicové systémy.
- Deterministická väzba na globálny 3D karteziánsky geocentrický systém XYZ , resp. na systém geodetických súradníc BLH .
- Lokálny horizontálny topocentrický systém je definovaný charakteristickým bodom (ťažiskom) $T(B, L, H)$.
- V ňom sa nachádza origo (počiatok) súradnicových osí nev .
- Os n smeruje na sever a leží v rovine základného meridiánu,
- os e smeruje na východ a
- os v je totožná s normálou referenčného elipsoidu, pričom kladné hodnoty sú nad dotykovou rovinou ne .
- Výšky v nemajú charakter normálnych (nivelovaných) a ani ortometrických výšok.
- Priemet priestoru do roviny ne nemá vlastnosti vhodného kartografického zobrazenia, nakoľko priemet nie je ani konformný, ani ekvidištančný, teda nezachováva uhly, smery ani pomer dĺžok.



$$ETRS-LHT(n, e, v) = R(B, L) \times rp$$

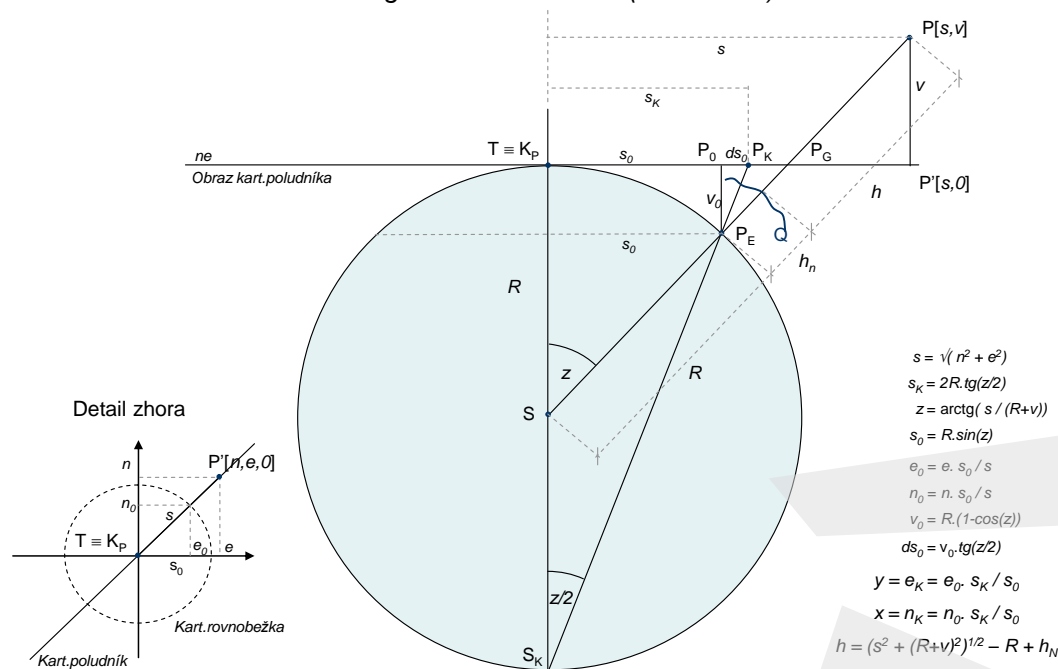
kde $R(B, L)$ je rotačná matica, $rp = (X_P - X_T, Y_P - Y_T, Z_P - Z_T)'$ je stĺpcový vektor súradnicových rozdielov bodov $T(X, Y, Z)$ a $P(X, Y, Z)$.

Definícia : ETRS-LH lokálny horizontálny kartografický systém

- ETRS-LH vzniká z ETRS-LHT tak, že sa k súradniciam ETRS-LHT(n, e, v) pripočítajú korekcie z kartografického zobrazenia dK v príslušnom bode $P(n, e, v)$.
- Kartografické zobrazenie projekčnej roviny je **konformné, stereografické azimutálne**, s origom v definičnom bode letiska.
- Orientácia osi x je totožná so smerovaním osi n smerujúcej do severného pólu, t.j. s priemetom základného geodetického meridiánu-poludníku do roviny ne .
- Os y je totožná so súradnicovou osou e smerujúcou na východ.
- Výška h je normálna výška výškového systému Balt po vyrovaní (Bpv).

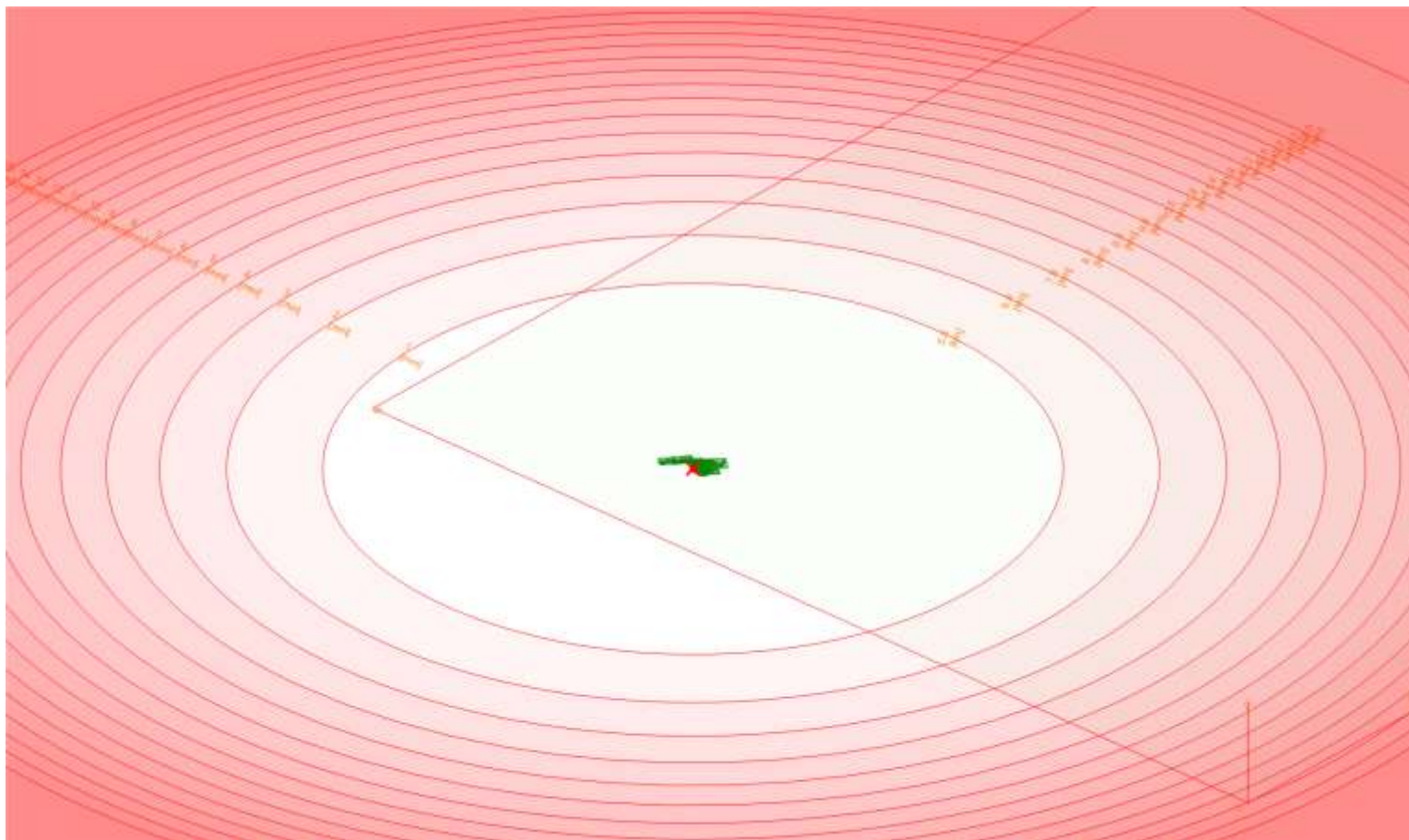
Prepočet súradníc ETRS-LHT(nev) na kartografické ETRS-LH(xyh)

Stereografické azimutálne (konformné)



$$ETRS-LH(x, y, h) = ETRS-LHT(n, e, v) + dK(n, e, v)$$

Polomery kartografického skreslenia



Prvý polomer je vo vzdialenosti cca 5.6 km a skreslenie je 1 [ppm]. Ďalšie kružnice skreslenia sú s krokom 2, 3, 4, ... [ppm]

Postup geodetického zabezpečenia pri OKO NM

Konfigurácia GNSS bodov základnej siete OKO NM, GNSS body (červené), pomocné orientačné body (vodojem, kostolná veža)(modré 1100, 1101)



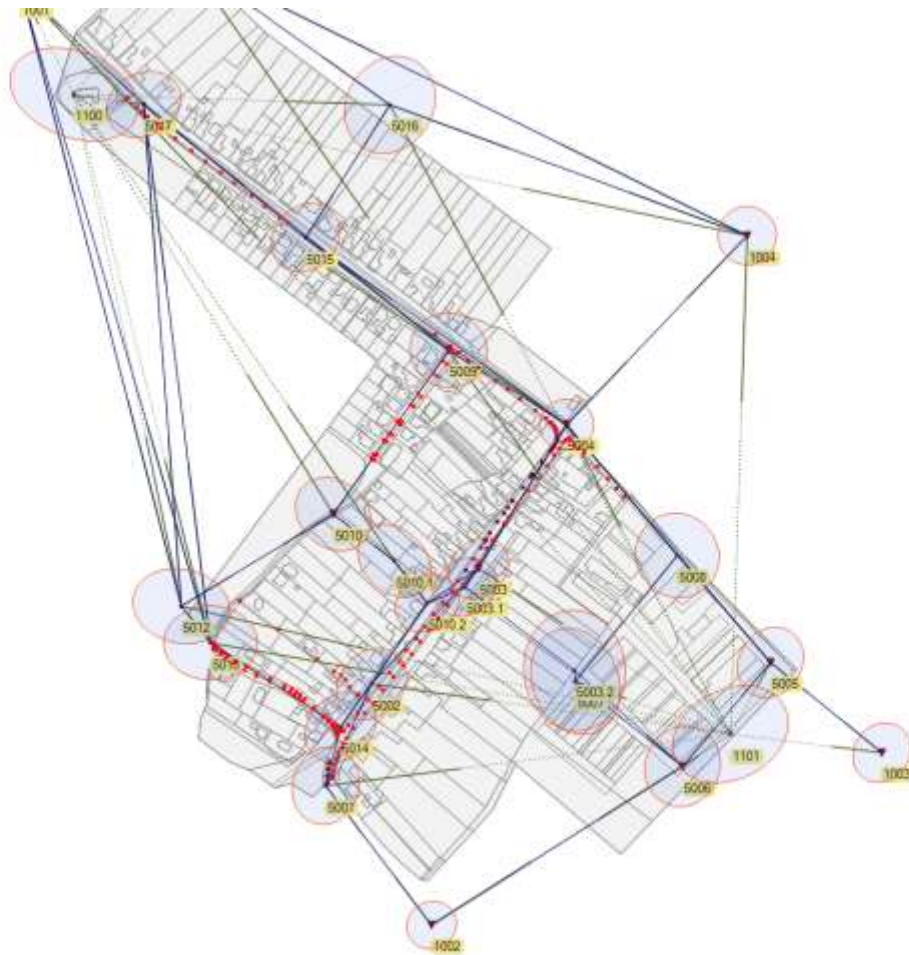
GNSS a terestrické meranie ZBP



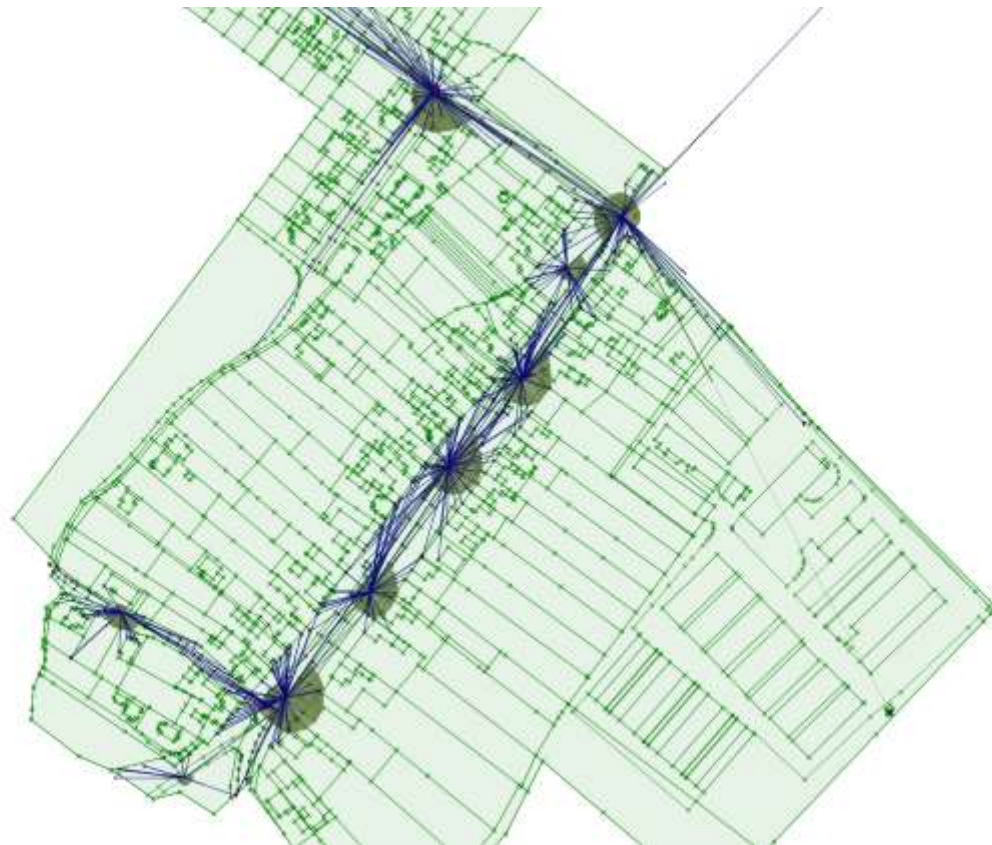
Efektívny odhad súradníc ZBP

Relativizované stredné elipsy chýb
ZBP v rozsahu :
poloos $a= 0.1$ až 0.34 mm, $b=0.1$ až
 0.26 mm.

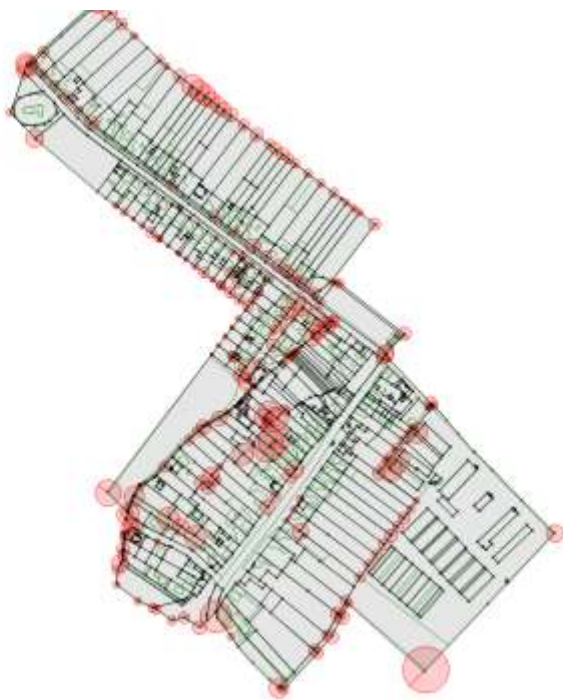
Absolútne stredné elipsy chýb
rešpektujúce nepresnosť súradníc
určených GNSS technológiou s
minimálnou 10 min. observačnou
dobou v rozsahu :
poloos $a= 7.3$ až 7.7 mm, $b=5.5$ až 6.0
mm.



Podrobné meranie lomových bodov



Porovnanie pôvodnej VKM a VKM po OKO NM

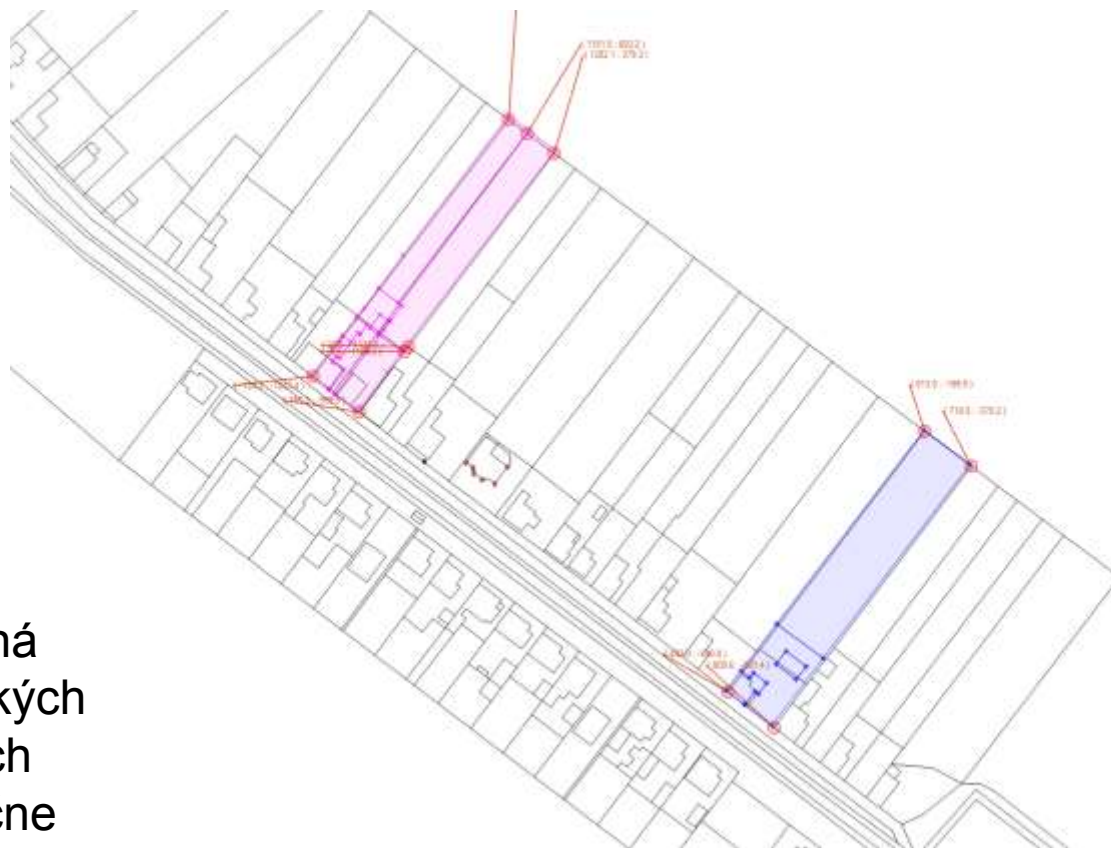


Škálovanie rozdielu aktuálneho stavu a pôvodného stavu VKM na vybraných lomových bodoch. Veľkosť krúžkov odpovedá priamoúmerne vzdialenosti medzi pôvodnou a aktuálnou polohou lomových bodov.



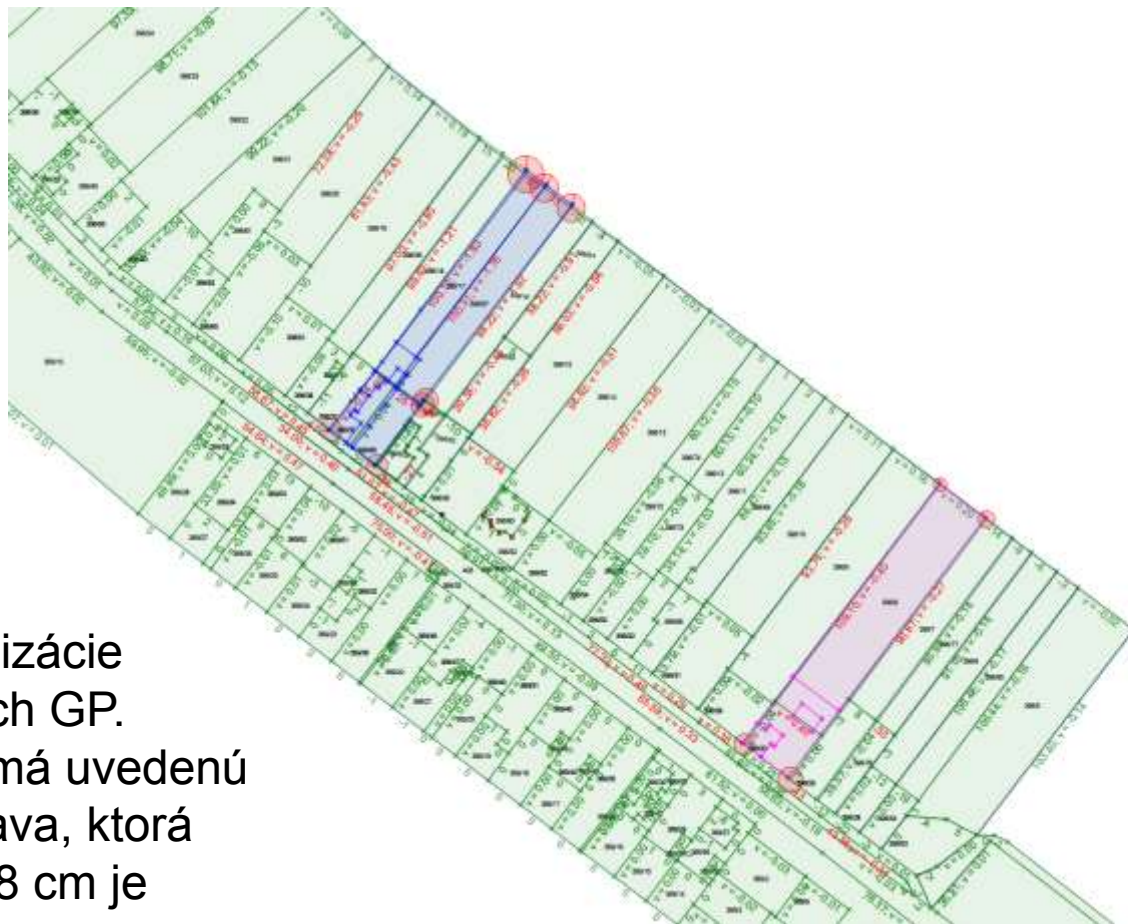
Absolútne vektory pretvorenia pôvodného stavu na aktuálny stav. Smery vektorov pretvorenia sú aj protichodné, meniace svoju veľkosť. Je zrejmé, že deformácie pôvodného stavu VKM nie je jednoduché interpretovať, tobôž eliminovať.

Prvá etapa aktualizácie pomocou skupiny GP



Pôvodná VKM aktualizovaná pomocou dvoch geometrických plánov. Výberom identických lomových bodov jednoznačne identifikovateľných na VKM, teréne a GP získame absolútne vektory pretvorenia.

VKM po prvej etape aktualizácie – detail A

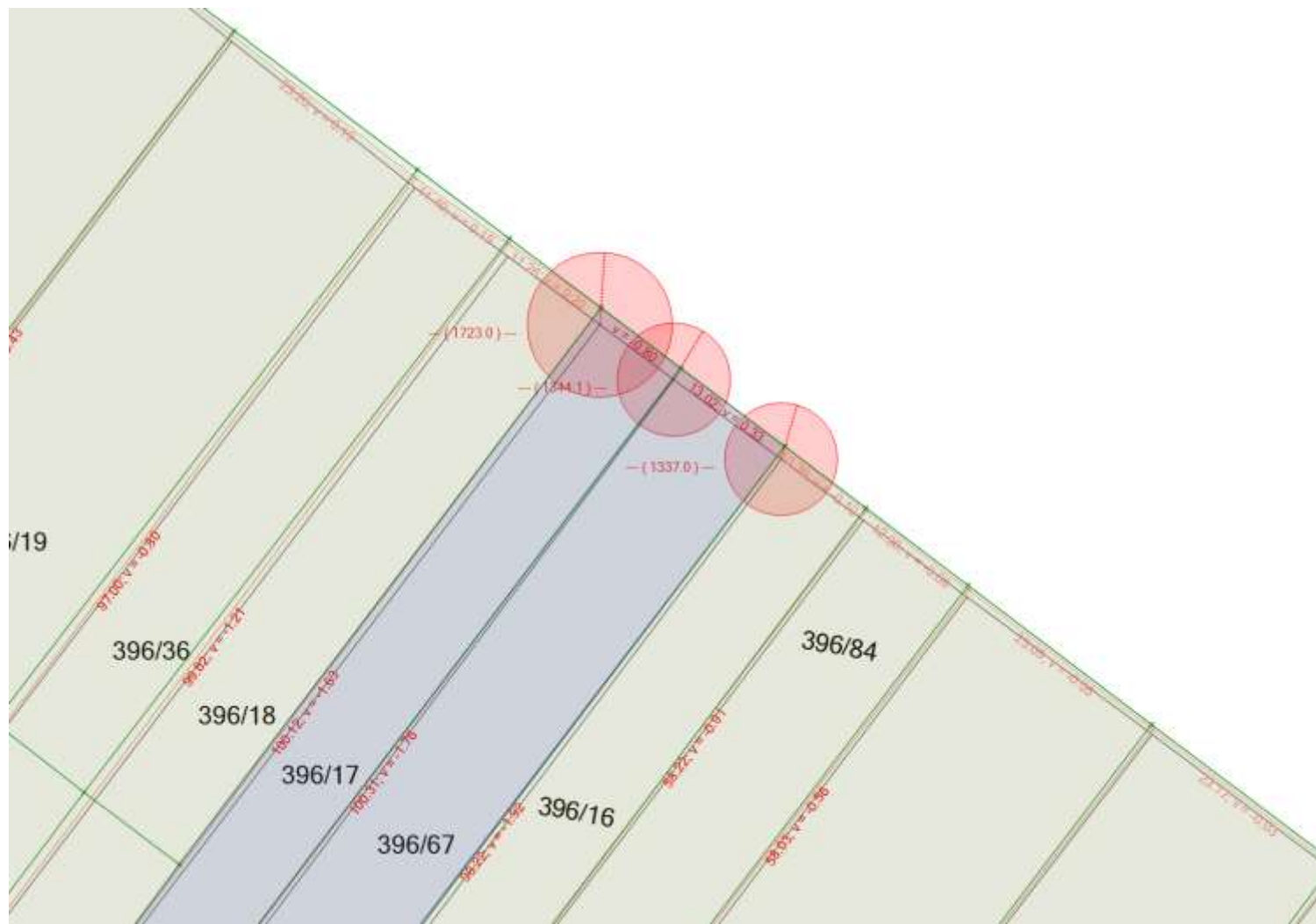


VKM po prvej etape aktualizácie pomocou informácií z dvoch GP. Každá vlastnícka hranica má uvedenú opravu z pretvorenia. Oprava, ktorá prekročila kritickú hranicu 8 cm je zvýraznená červenou farbou.

VKM po prvej etape aktualizácie – detail B

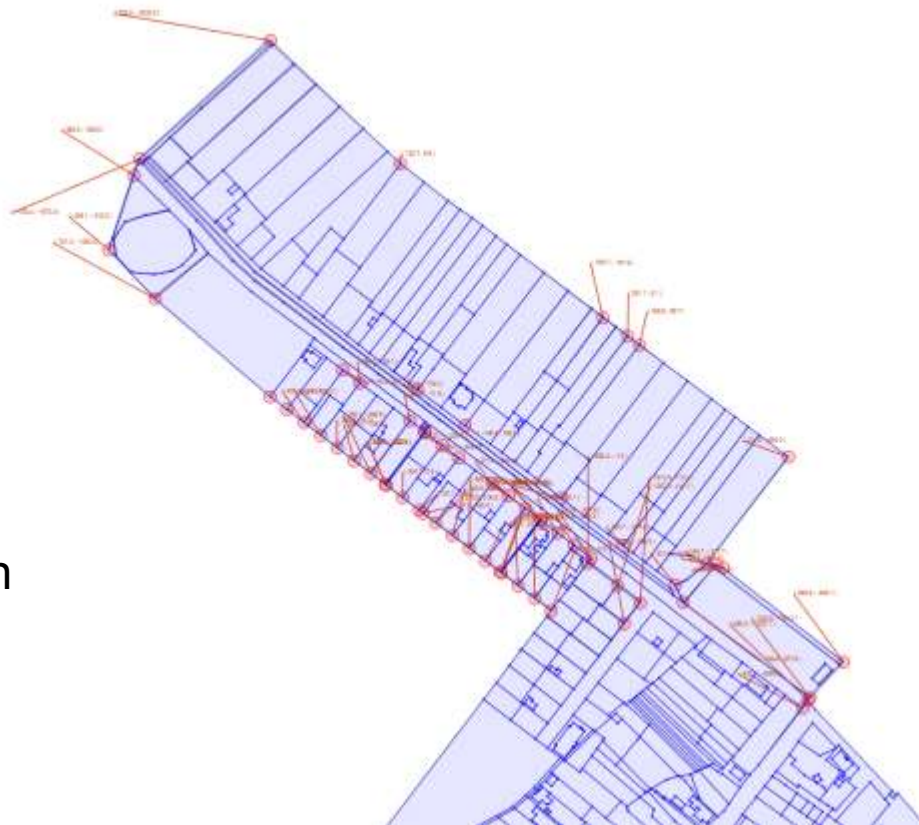


VKM po prvej etape aktualizácie – detail C



Druhá etapa aktualizácie pomocou diskretných bodov

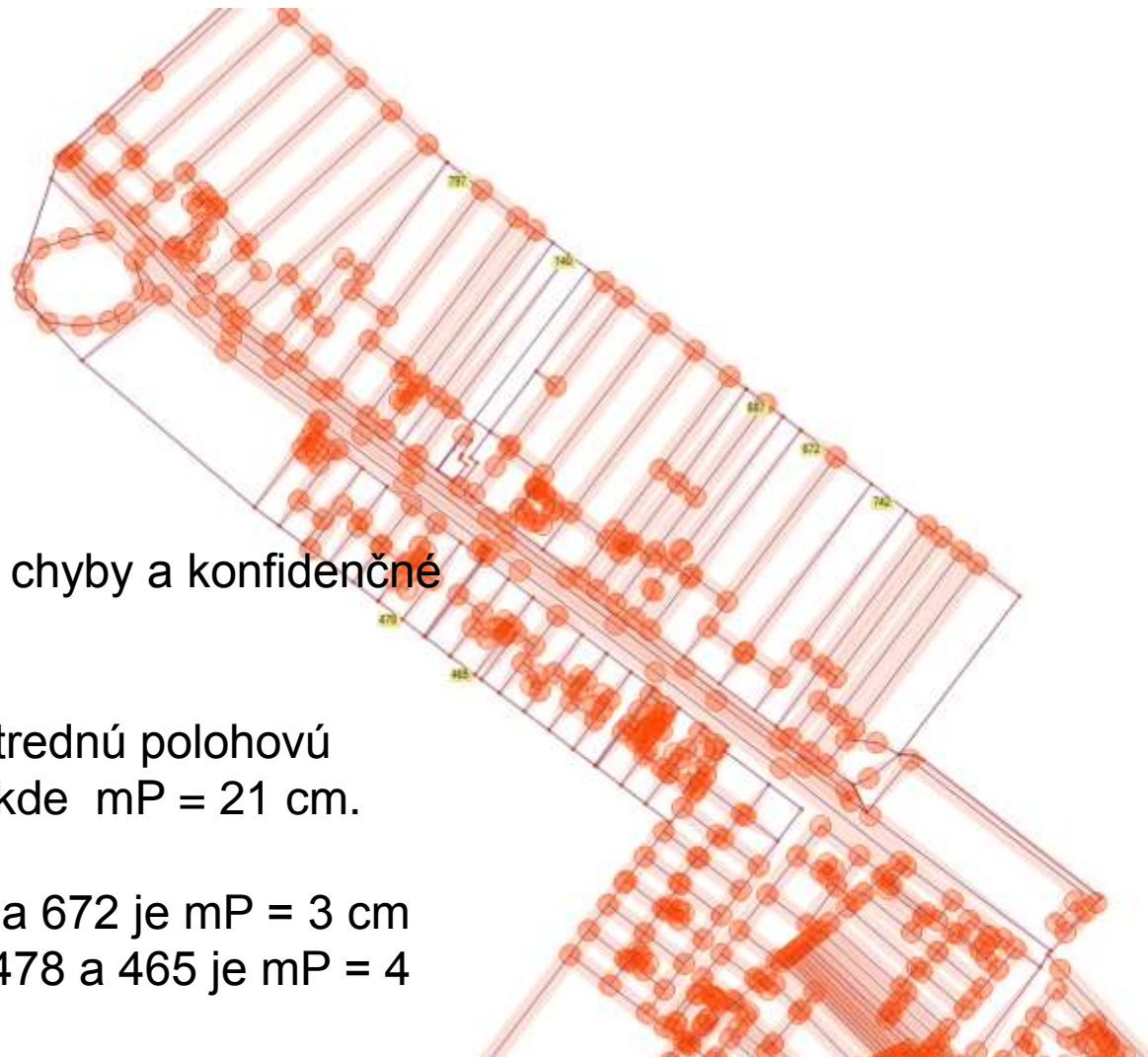
Vektory pretvorenia na diskretných lomových bodoch. Poloha bola určená kombináciou GNSS a terestrických meraní v JTSK03(ETRS89).



VKM po druhej aktualizácii – detail A



VKM po druhej aktualizácii – detail B



Absolútne polohové stredné chyby a konfidénčné oblasti vlastníckych hraníc.

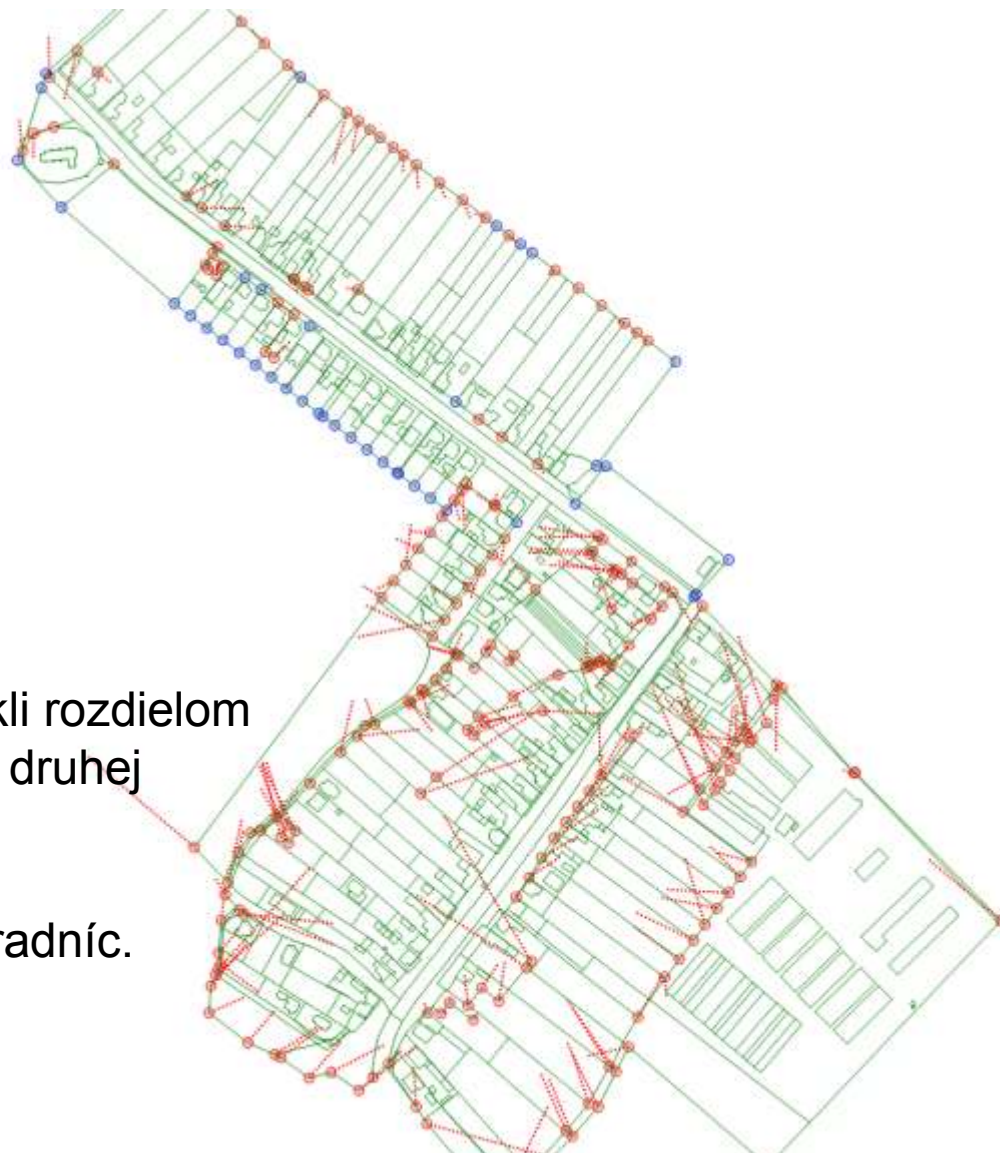
Veľké krúžky reprezentujú strednú polohovú chybu triedy presnosti $T=6$, kde $mP = 21$ cm.

Na bodoch GP, napr. č. 140 a 672 je $mP = 3$ cm
a na diskretných bodoch č. 478 a 465 je $mP = 4$ cm.

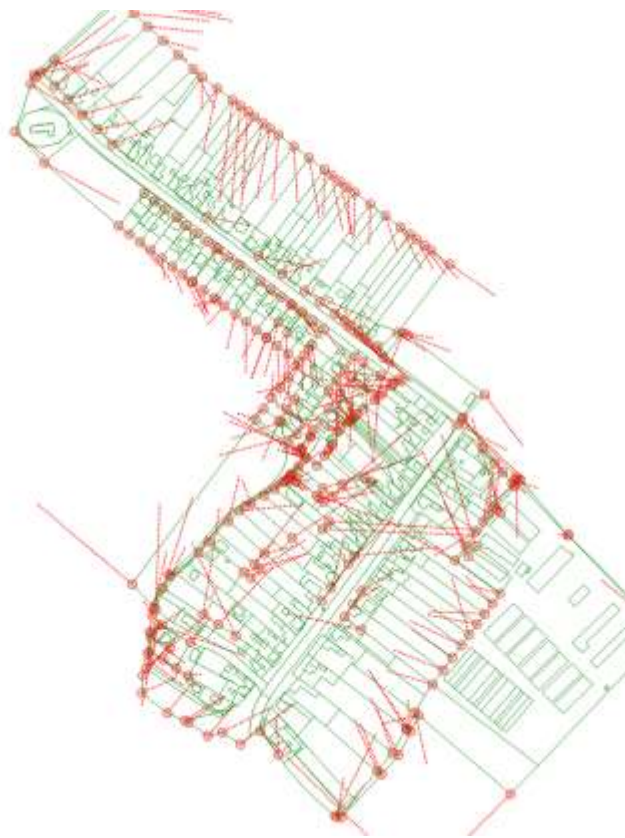
VKM po druhej aktualizácii – detail C

Absolútne vektory pretvorenia vznikli rozdielom súradníc vybraných bodov VKM po druhej aktualizácii a VKM po OKO NM.

Modré krúžky identifikujú zhodu súradníc.



Porovnanie pôvodnej VKM a VKM po druhej aktualizácii

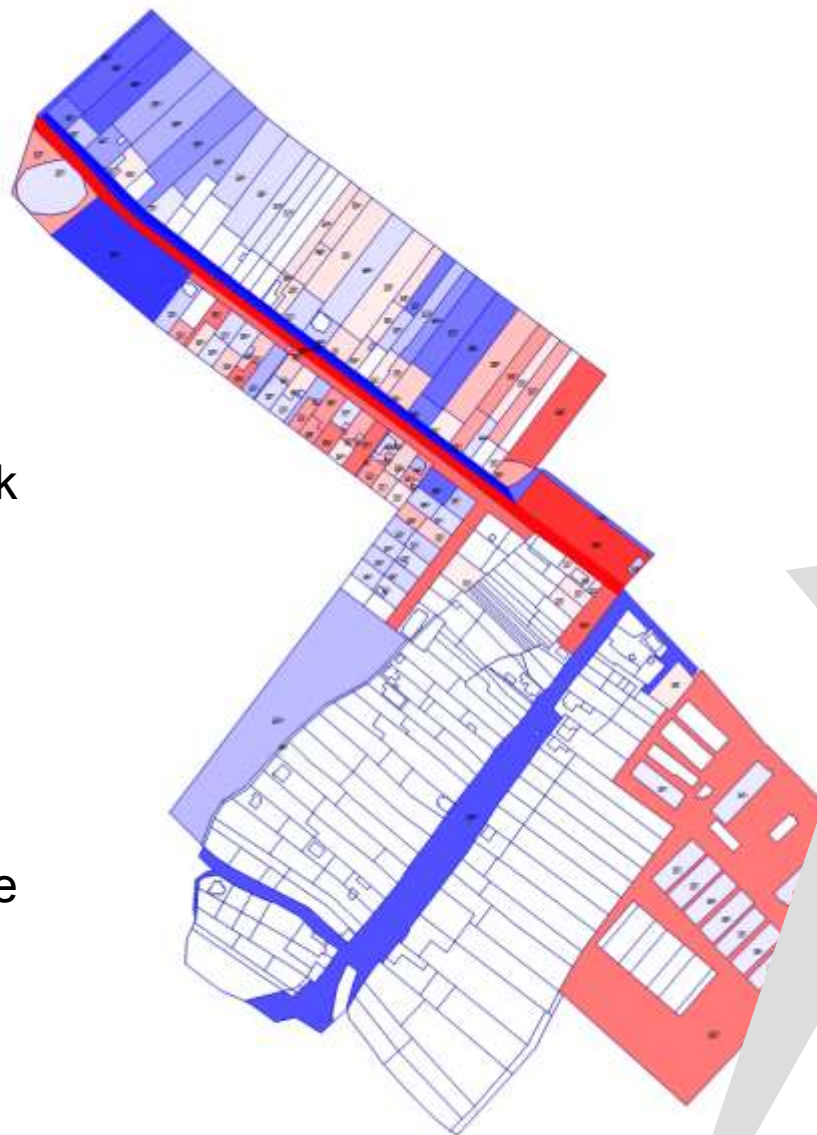


Pretváranie geometrie na metriku 1:1 a dôsledky

Zmena výmer parciel.
Tmavomodrá identifikuje prírastok
plochy,

tmavočervená úbytok plochy.

Čím je farba svetlejšia, tým je
zmena menšia. Svetlá farba až
plocha bez výplne znamená, že je
zmena plochy menšia ako 1 m²



Dôvody prečo VKM transformovať z realizácie JTSK do JTSK03 – detail A

Lomový bod vlastníckej hranice

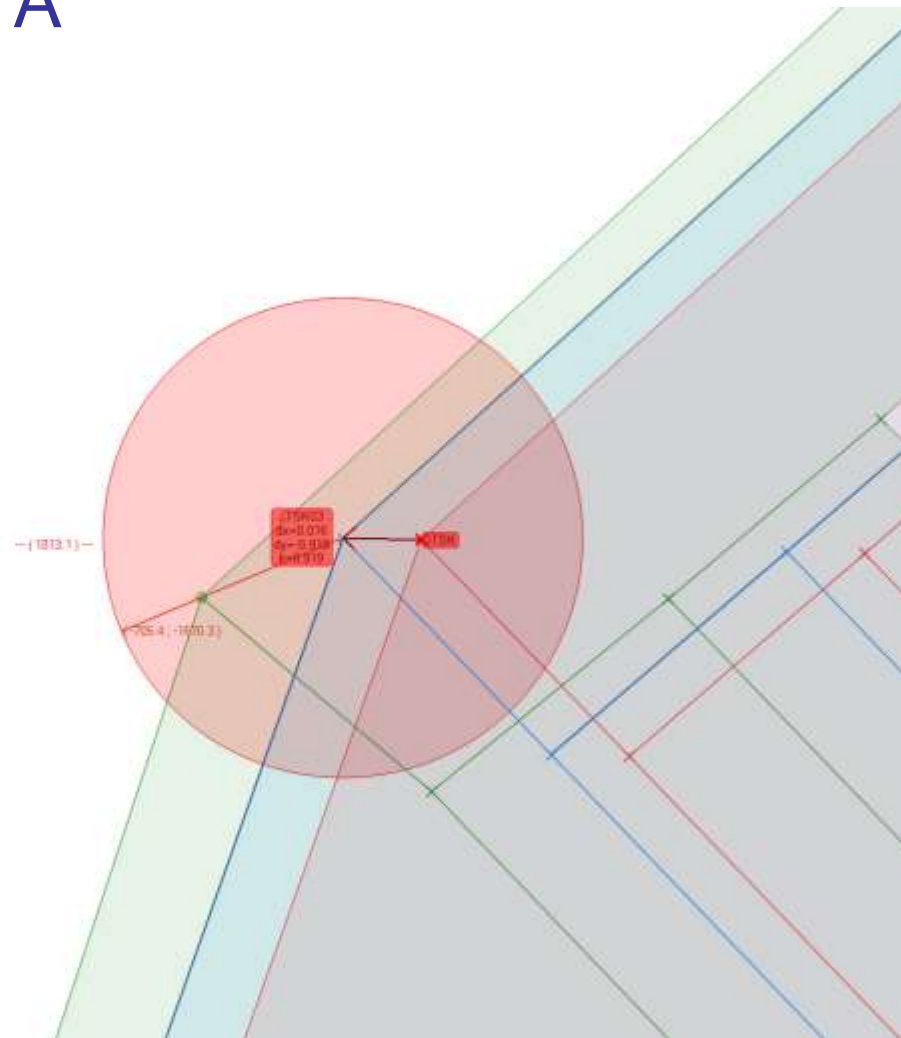
v realizáciách :

- JTSK(červená)
- JTSK03(modrá)
- JTSK03 po aktualizácii (zelená)

Lomový bod z pôvodnej realizácie JTSK je potrebné globálnou transformáciou posunúť do realizácie JTSK03 o hodnotu $dx=0.02$, $dy=-0.92$ [m].

Novým zameraním lomového bodu s väzbou na ETRS89 (zelený štvorček) sme získali polohu v realizácii JTSK03(ETRS89). Rozdiel $dx = x_{JTSK03(ETRS89)} - x_{JTSK03} = -0.71$ a $dy = y_{JTSK03(ETRS89)} - y_{JTSK03} = -1.67$ [m].

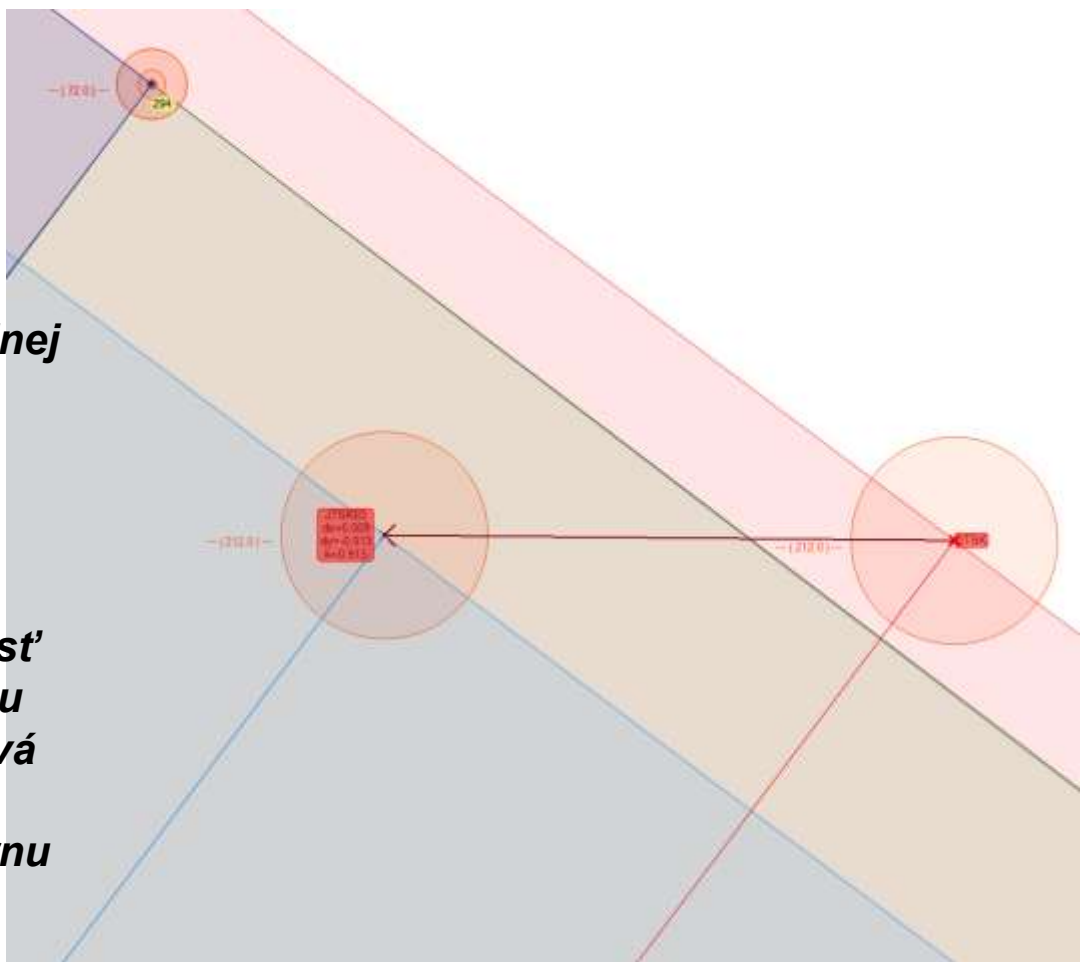
Je zrejmé, že rozdiel súradníc medzi pôvodnou JTSK a spresnenou polohou lomového bodu JTSK03(ETRS89) má hodnotu $dx=-0.69$ a $dy=-2.59$ [m].



Dôvody prečo VKM transformovať z realizácie JTSK do JTSK03 – detail B

Posun lomového bodu č.294 z pôvodnej realizácie JTSK(červená) do JTSK03(bledomodrá) a spresnenej realizácie JTSK03(ETRS89)(zelená a tmavomodrá).

Globálnou transformáciou sa presnosť lomového bodu nemení. Aktualizáciou na základe nových meraní sa polohová presnosť zvyšuje z absolútnej polohovej chyby 21 cm na aposteriórnu 2 cm.



Jednoznačnosť v identifikácii lomového bodu v priestore



Ďakujeme za Vašu pozornosť.

Držíme palce všetkým, ktorí nájdú odvahu a chuť
implementovať uvedený koncept v praxi.

e-mail : matej.klobusiak@geokod.sk
jozef.kozar@geokod.sk