

4. METÓDY PODROBNÉHO MERANIA NA ÚČELY KATASTRA NEHNUTEĽNOSTÍ

Predmetom podrobného merania na účely katastra sú:

- a) hranice (a ich zmeny)
 - katastrálnych území,
 - zastavaných území obcí,
 - pozemkov,
 - chránených území a ich ochranných pásiem,
- b) stavby, a to prienik ich vonkajšieho obvodu so zemským povrchom, prípadne priemet ich vonkajšieho obvodu na zemskom povrchu,
- c) zmeny stavieb,
- d) pozemky, ktoré predstavujú zelené plochy s charakterom verejnej zelene, parky, okrasné záhrady a cintoríny zobrazené hranicami vymedzenými právnymi vzťahmi a označené mapovou značkou.

Podrobné meranie sa vykonáva s presnosťou, ktorá je charakterizovaná základnou strednou súradnicovou chybou $\bar{m}_{xy} = \sqrt{0,5(\bar{m}_x^2 + \bar{m}_y^2)}$, kde \bar{m}_x , \bar{m}_y sú základné stredné chyby určenia súradníc x a y . Kritické hodnoty charakteristík presností – kritériá u_{xy} sú uvedené v tab. 4.1 [17].

Kritériá presnosti podrobného merania Tabuľka 4.1

Trieda presnosti podrobných bodov	u_{xy} (m)
1	0,04
2	0,08
3	0,14
4	0,26

Podrobné meranie pre účely katastra nehnuteľností sa vykonáva v tretej triede presnosti so základnou strednou súradnicovou chybou \bar{m}_{xy} , ktorá nepresiahne kritérium $u_{xy} = 0,14$ m. V štvrtej triede presnosti môže byť vykonané meranie mimo zastavaného územia. Kritérium presnosti je vo vzťahu k najbližším bodom podrobného polohového bodového poľa alebo k bodom miestneho súradnicového systému (pri meraní na voľnú meračskú priamku). Dodržanie uvedenej presnosti overujeme testovaním meračských prác.

Overenie presnosti sa vykonáva podľa STN 01 3410 [17]:

- a) priebežnými kontrolami omernými mierami, dva a viackrát určenými súradnicami bodov,
- b) po dokončení geodetických meraní pri tvorbe alebo údržbe mapy v rámci záverečných kontrol. Ide o nezávislé kontrolné zameranie s výpočtom súradníc výberu podrobných bodov a ich porovnaním s pôvodne určenými súradnicami, alebo kontrolným odmeraním dĺžok priamych spojnic výberu podrobných bodov a ich porovnaním s vypočítanými dĺžkami zo súradníc.

Na overenie dĺžok priamych spojnic podrobných bodov (omerných mier) rovnakej triedy presnosti sa určí rozdiel dĺžok

$$\Delta d = d_m - d_k, \quad (4.1)$$

kde d_m je dĺžka spojnice a) vypočítaná z výsledných súradníc, alebo

b) určená z hodnôt odmeraných na mape,

d_k je dĺžka spojnice určená priamym meraním.

Ak ide o nezávislé kontrolné meranie priameho merania, musí byť táto dĺžka určená s presnosťou danou základnou strednou chybou \overline{m}_d nepresahujúcou v prípadoch

- a) kritérium $0,3 u_d$,
 - b) kritérium $0,5 u_d$,
- (4.2)

kde

$$u_d = 1,5 \frac{d + 12}{d + 20} u_{xy} \text{ (m)}, \quad (4.3)$$

d je odmeraná dĺžka.

Napríklad pre $d = 20$ m, $u_{xy} = 0,14$ m je $u_d = 0,17$ m.

Presnosť sa považuje za vyhovujúcu vtedy, ak

1. absolútne hodnoty všetkých rozdielov dĺžok (4.1) vyhovujú kritériu

$$|\Delta d| \leq 2u_d k \text{ (m)}, \quad (4.4)$$

2. kritérium

$$|\Delta d| \leq u_d k \text{ (m)}, \quad (4.5)$$

je splnená pre 60 % a viac testovaných dĺžok, pričom u_d sa vypočíta podľa vzťahu (4.3) a koeficient k má hodnotu

pre prípad a)	$k = 1,0$,	
pre prípad b) pre mierky 1:200, 1:250, 1:500,	$k = 1,1$,	
pre mierku 1:1000,	$k = 1,2$,	(4.6)
1:2000,	$k = 1,3$,	
1:5000,	$k = 1,6$.	

Ak niektorý z rozdielov dĺžok nevyhovuje kritériu (4.4), overí sa správnosť určenia príslušnej dvojice bodov, prípadne aj susedných bodov a zistené chyby sa opravujú.

Presnosť súradníc y, x podrobných bodov, ktoré sú

- a) jednoznačne identifikovateľné,
- b) tvoria reprezentačný výber,
- c) sú rozmiestnené po celej ploche meraného územia,

testujeme prostredníctvom rozdielov súradníc $\Delta y, \Delta x$

$$\Delta y_i = y_{mi} - y_{ki}, \quad \Delta x_i = x_{mi} - x_{ki}, \quad (4.7)$$

kde y_{mi}, x_{mi} sú vypočítané súradnice podrobných bodov polohopisu,

y_{ki}, x_{ki} sú súradnice identických bodov z kontrolného merania.

Stredné chyby súradníc vypočítame zo vzťahov

$$m_y = \sqrt{\frac{\sum \Delta y_i^2}{k n}}, \quad m_x = \sqrt{\frac{\sum \Delta x_i^2}{k n}}, \quad (4.8)$$

kde n je počet bodov,

$k = 2$ ak má kontrolné meranie rovnakú presnosť ako presnosť merania polohopisu,

$k = 1$ ak má kontrolné meranie podstatne vyššiu presnosť ako presnosť merania polohopisu, t. j. $m_{xy} < 0,7 u_{xy}$,

kde u_{xy} je kritérium 3. a 4. triedy presnosti podrobného merania v KN.

Empirickú (výberovú) strednú chybu súradníc vypočítame zo vzťahu

$$m_{xy} = \sqrt{0,5(m_y^2 + m_x^2)}. \quad (4.9)$$

Presnosť určenia súradníc sa pokladá za vyhovujúcu, ak

1. polohová odchýlka vypočítaná zo vzťahu

$$\Delta p = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} \quad (4.10)$$

vyhovuje kritériu

$$|\Delta p| \leq 1,7 u_{xy}.$$

2. je prijatá hypotéza pri hladine významnosti $\alpha = 5\%$ pri výbere v príslušnej triede presnosti s empirickou strednou chybou m_{xy} , rovnica (4.9) vyhovuje kritériu

$$m_{xy} \leq K u_{xy}, \quad (4.11)$$

kde $u_{xy} = 0,14$ m, resp. $m_{xy} = 0,26$ m, $K = 1,1$ pre $100 < n < 300$ bodov a $K = 1$ pre $n > 300$ bodov výberového súboru.

Pri meraní v KN používame výhradne číselné metódy podrobného merania:

- polárna metóda (metóda polárnych súradníc),
- metóda pravouhlých súradníc (ortogonálna metóda),
- metódy pretínania,
- metódy GNSS.

Výber metódy konkrétneho zamerania bodov pre účely využitia v KN vyplýva z výbavy prístroja a pomôcok na meranie, štruktúry bodového poľa, reliéfu terénu, prístupu k zameriavanému územiu, jeho prehľadnosti a tvaru pozemkov. Prihliada sa tiež na to, aby náklady na zameranie boli v súlade s cenou za vykonané práce.

V zásade platí, že nezáleží na metóde merania, ktorá je určená v príslušných predpisoch, pokiaľ jej použitím splníme vyžadovanú presnosť podrobného merania v KN a odmerané údaje umožňujú vypočítať súradnice podrobných bodov vo vzťahu k bodom podrobného polohového bodového poľa. Všetky merania pripájame k PPBP. Ak merania nie sú pripojené na PPBP (voľné meračské priamky), dodatočne odmerané prvky musia umožňovať pripojenie na PPBP výpočtom.

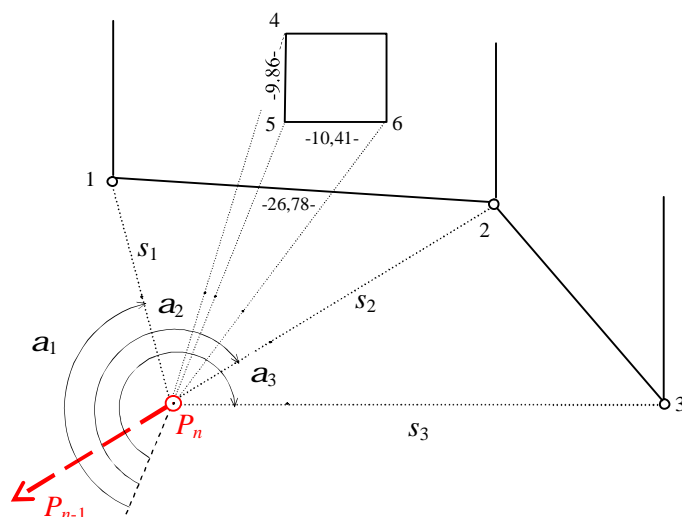
V geometrickom zmysle objekt merania v KN je priestorový mnohouholník ohraničený priamkami. Tvar mnohouholníka je spravidla nepravidelný. Bude určený, ak meraním určíme polohu všetkých lomových bodov mnohouholníka. Objekt merania môže byť ohraničený aj krivkami. Krivá časť sa pred meraním rozdelí bodovým radom na krátke úseky tak, aby sa v ich rozsahu krivá časť hranice dala aproximovať priamkou a pritom chyba z aproximácie neprekročila plochu o výmere 1 m^2 .

Prístroje a pomôcky na meranie zodpovedajú metóde merania. Uhly meriame optickými a elektronickými teodolitmi (ET), dĺžky pásmom, diaľkomermi a elektronickými teodolitmi. Meranie metódami GNSS využíva jedno a dvojfrekvenčné satelitné prijímače. Výsledky meraní sa zaznamenávajú v zápisníkoch, meračskom náčrte, v terminále ET a prijímača GNSS. Po analytickom spracovaní slúžia na konštrukciu vektorovej katastrálnej mapy, geometrického plánu a na výpočet výmer parciel.

4.1 Polárna metóda merania

Stanovisko merania (pól) P_n a bod orientácie P_{n-1} vytvárajú orientovaný polárny súradnicový systém, v ktorom polohopisnými prvkami merania sú smerníky a_i (smery y_i) a dĺžky s_i (obr. 4.1). Pri zameriavaní určitej zmeny v KN sa vytvorí toľko polárnych systémov, koľko bolo stanovísk merania.

Poznámka: Bodkované čiary sa v meračskom náčrte nezobrazujú. Na obr. 4.1 majú ilustračný charakter.



Obr. 4.1. Podrobné meranie polárnou metódou

Presnosť polárnej metódy

Presnosť vyjadrujeme relatívne vo vzťahu k stanovisku merania v pozdĺžnom smere p a priečnom smere q . Pozdĺžny smer je v smere meranej dĺžky, priečny smer je kolmý na meranú dĺžku (obr. 4.2). Rozsah merania dĺžok zorganizujeme tak, aby

$$p \approx q = \frac{s m_a}{r^{cc}} = \frac{u_{xy}}{t_a}, \quad (4.12)$$

kde $t_a = 2$ pre hladinu významnosti $\alpha = 5\%$. Vtedy $p \approx q = 0,07$ m.

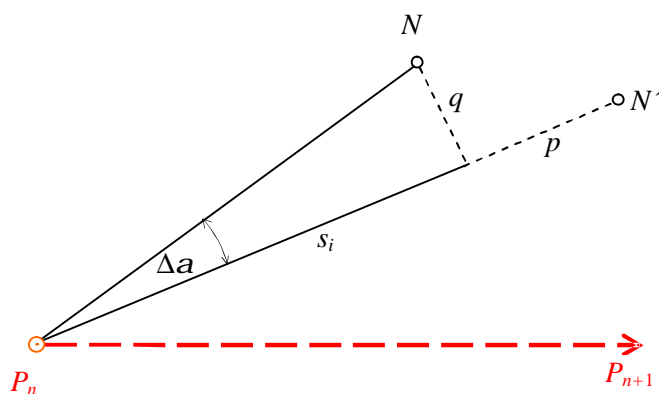
Majme napr. výbavu na meranie:

1. optický teodolit (THEO 020 Zeiss) a 50 m pásmo. Smery odmeriame so strednou chybou $m_a = 0,03^\circ$ a dĺžky so strednou chybou $m_s = 0,03$ m,
2. elektronický teodolit TC 1700 Leica, ktorým smery a dĺžky odmeriame so strednými chybami $m_a = 0,01^\circ$ a $m_s = 0,03$ m. Presnosť odmeraných polárnych prvkov u oboch zostáv na meranie je v tab. 4.2

Presnosť merania polárnou metódou

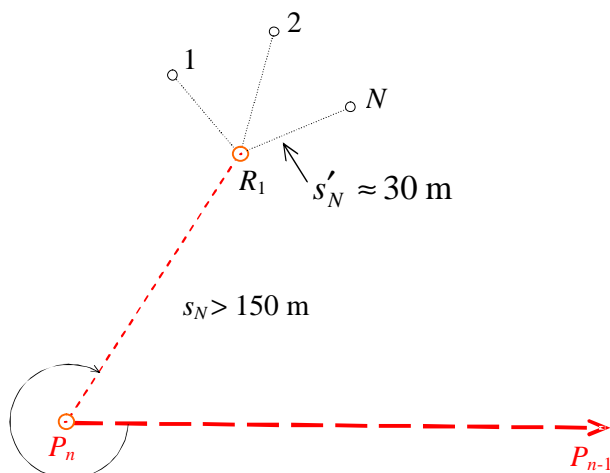
Tabuľka 4.2

Teodolit + pásmo					ET TC1700 Leica				
s (m)	20	50	100	150	20	50	100	150	445
$m_q \approx m_p$ (mm)	9	23	47	70	3	8	16	24	70



Obr. 4.2. Presnosť polárnej metódy

Z vypočítaných údajov v tab. 4.2 je zrejmé, že pre bežnú zostavu prístrojového vybavenia a pomôcok samotné meranie oproti kritériu (4.12) dovoľuje pri použití teodolitu merať dĺžky pásmom do 150 m, pri použití elektronického teodolitu do 445 m. Efektívne meranie pásmom je do 50 m v rámci dosahu dĺžky pásma, ET je do vzdialenosti 150 m. Ak rozsah merania polárnou metódou prekračuje hranice 50 m, resp. 150 m, je vhodné použiť pomocné zhustenie bodového poľa rajónom a z neho pokračovať v podrobnom meraní polárnou metódou (obr. 4.3). V [4] z roku 1999 sú uvedené maximálne dĺžky zámer pre rôzne typy prístrojov. Prax uvedené prístroje už nepoužíva. Odporúčam prijať závery o maximálnych dĺžkach zámer pri polárnej metóde, ktoré vyplynuli z analýzy presnosti v tab. 4.2.



Obr. 4.3. Pomocné zhustenie PPBP rajónom

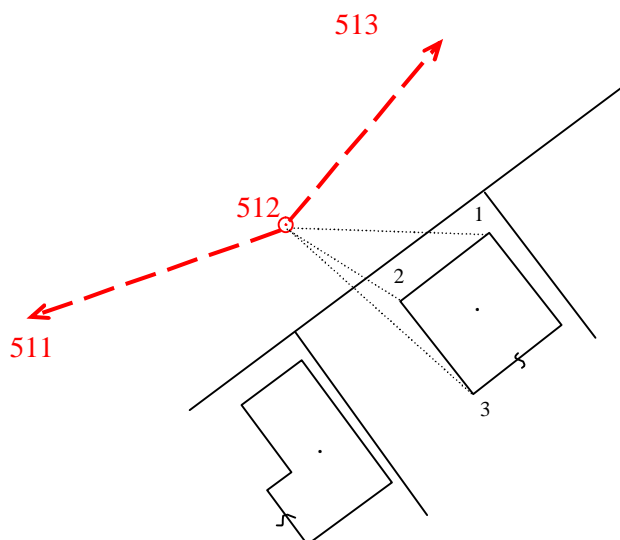
Údaje tab. 4.2 neobsahujú nevyhnutné chyby pri meraní, ako sú náhodné chyby pri meraní dĺžok pásmom a ET, chyby pri meraní uhlov, chyby z priloženia odrazového hranola k miestu merania atď. Je možné tvrdiť, že relatívna pozdĺžna a priečna chyba vo vzťahu k stanovisku merania bude väčšia ako je uvedená v tab. 4.2. Zmenšením maximálnej meranej dĺžky na tretinu teoretickej možnej meranej dĺžky získame väčšiu voľnosť v hromadení stredných chýb merania polárnou metódou.

Meranie polárnou metódou

Po scentrovaní a zhorizontovaní prístroja na bode P_n (obr. 4.1) vodorovné smery (smerníky) $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_i$ na body 1, 2, ... i meriame od východiskového (nulového) smeru, ktorý predstavuje bod podrobného polohového bodového poľa, alebo je s ním v určitom vzťahu. Za nulový smer sa spravidla volí predchádzajúci bod v smere postupu merania, resp. najvzdialenejší vzťažný bod. Súčasne s meraním smerov odmeriavame dĺžky s_1, s_2, \dots, s_i od stanoviska prístroja po bod merania. Dĺžky meriame ET (dialkomerom). Pásmom sa merajú dĺžky v rozsahu dĺžky pásma. Dĺžky zámer na

podrobné body nemajú byť dlhšie ako najvzdialenejší bod, použitý na orientáciu osnovy smerov. Predmety merania, pokiaľ nie sú prirodzene signalizované, vhodne označíme, napr. výtyčkou (tyčou s odrazovým hranolom). Vzďalenessi medzi dvoma polárne odmeranými charakteristickými bodmi kontrolujeme omernými mierami, prípadne krížovými mierami (napr. omerné miery budov a pod.).

Geometrickým základom na tvorbu polohopisu sú vzťahné polohové body. K nim patria: body ZPBP, pevné body PPBP, dočasne stabilizované body PPBP, trvalo alebo dočasne stabilizované pomocné meračské body. Bodové pole sa v priebehu merania naďalej podľa potreby zhusťuje.



Typ úlohy	Číslo bodu					y-súradnica s-staničenie s-dĺžka rajónu	x-súradnica k-kolmice α-smerník	Pozn. (výšk. uhol)		
	evid. j.	náčrtu	bodu							
11					5	1	2	0	0	
					5	1	1	147,24	0,00	
					5	1	3	n.m.	163,33	
							1	31,80	205,55	
							2	20,56	220,54	
							3	34,72	247,78	
					5	1	1	n.m.	0,00	

Obr. 4.4. Polárna metóda merania z pevného stanoviska

Pomocné meračské body určujeme metódami uvedenými v kap. 3 (obr. 4.3). Stabilizujeme ich dočasne, najčastejšie dreveným kolíkom, v zastavaných územiach napr. klincom zatĺčeným do dlažby. Pomocné meračské body na účely merania a vykonávanie zmien v katastri určujeme s takou presnosťou, aby z nich určené podrobné body tretej triedy presnosti spĺňali kritérium charakterizovanú základnou strednou súradnicovou chybou $\overline{m}_{xy} = 0,12 \text{ m}$ [10].

Spojnicu dvoch meračských bodov nazývame **meračská priamka**.

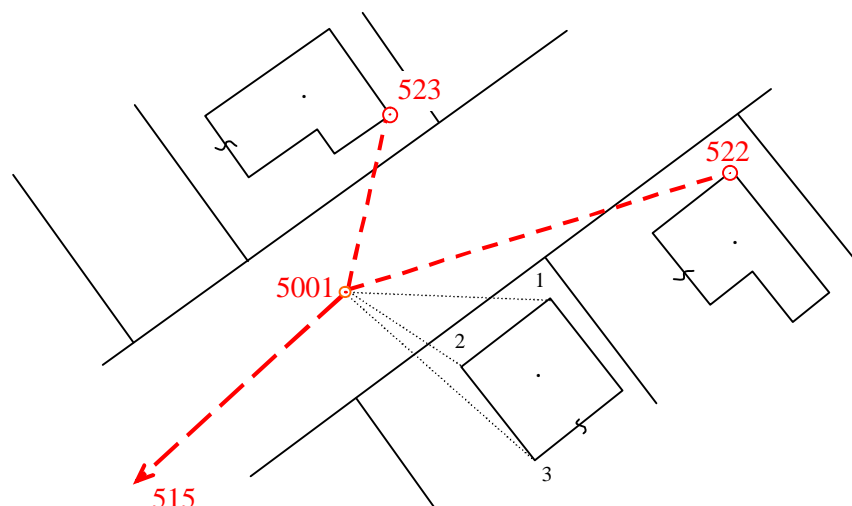
Výsledky merania, t. j. čísla bodov, dĺžky a uhly zaznamenávame do štandardného alebo vhodne upraveného zápisníka.

Polohopis sa vykresľuje do **meračského náčrtu** súbežne s postupom merania.

Polárna metóda môže mať variant pre pevné stanovisko (určené vzťahným bodom bodového poľa) podľa obr. 4.4.

Poznámka: Na znázornenie odmeraných prvkov obr. 4.4 a ďalšie obrázky sú doplnené zápisníkmi (používané sú pri podrobnom meraní zmien).

Zároveň s meraním polárnou metódou môžeme určiť polohu stanoviska merania jeho určením metódou prechodného stanoviska. Vtedy v záujme kontroly určenia polohy bodu meriame uhly a dĺžky najmenej na tri vzťažné body. Zápis výsledkov merania je na obr. 4.5.



Typ ulohy	Číslo bodu				y-súradnica s-staničenie s-dĺžka rajónu	x-súradnica k-kolmice α -smerník	Pozn. (výšk. uhol)				
	evid. j.	náčrtu						bodu			
12					5	0	0	1	0	0	
					5	1	5		92,48	0,00	
					5	2	3		21,30	172,22	
					5	2	2		43,27	232,20	
								1	22,05	251,30	
								2	13,52	288,85	
								3	23,38	300,42	
					5	1	5		n.m.	0,00	

Obr. 4.5. Polárna metóda merania z prechodného stanoviska

Meračský náčrt sa vyhotovuje rovnako aj pri ostatných metódach merania polohopisu. Slúži na zakres podrobných bodov predmetov priameho merania, na konštrukciu originálu mapy, na budúcu údržbu mapy a na vyhotovenie geometrického plánu.

Meračské náčrty sú rámové (obr. 2.3) alebo blokové (obr. 2.4).

Do meračského náčrtu sa pred meraním zobrazí sieť bodov podrobného polohového bodového poľa (polygónová sieť), ktorá sa v priebehu merania podľa potreby dopĺňa ďalšími meračskými bodmi a meračskými priamkami (obr. 4.6).

Z takto zhusteného bodového poľa sa zameriavajú jednotlivé predmety merania.

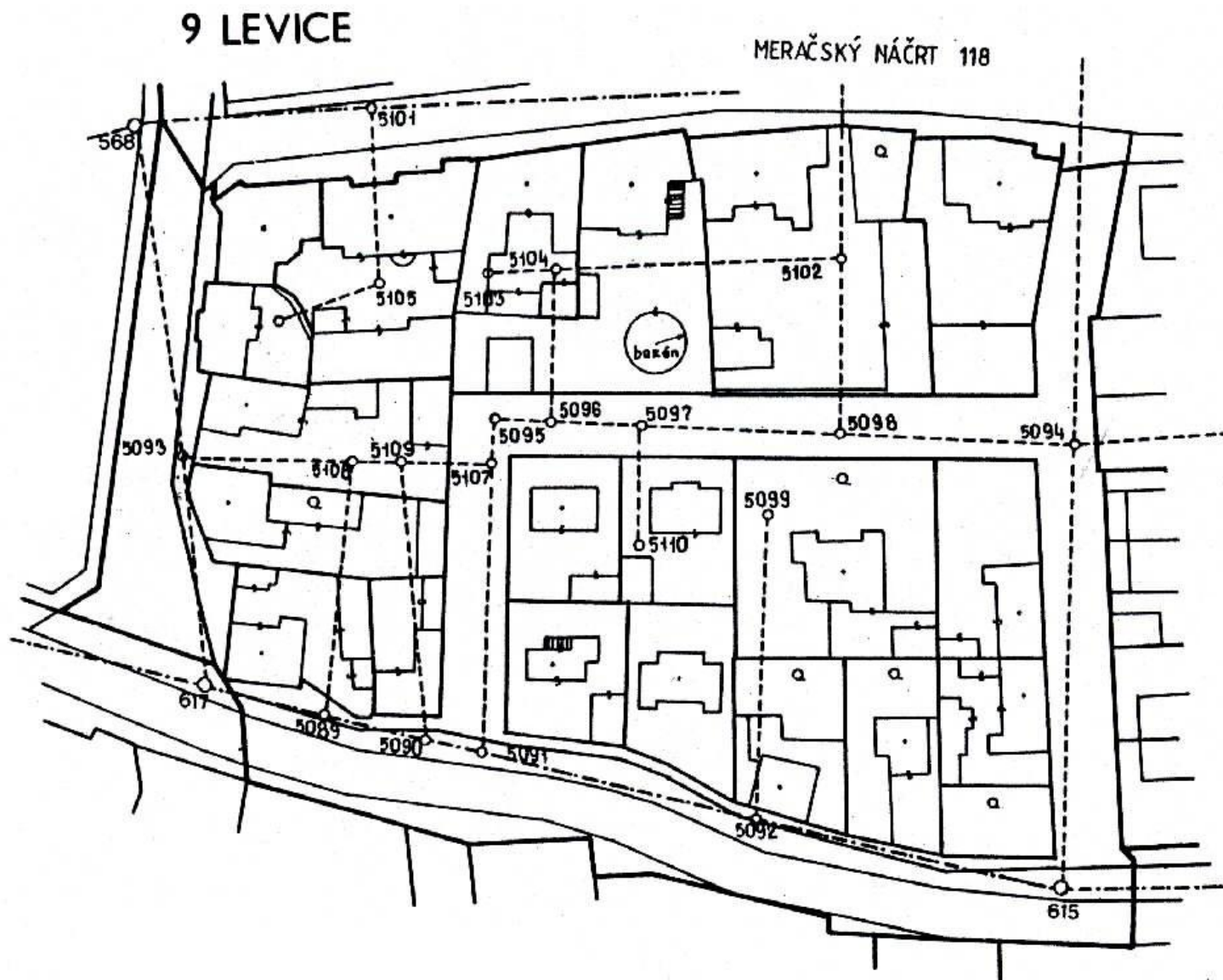
Meračská sieť sa pri manuálnom spracovaní vykresľuje červeným tušom, polygónové strany bodkočiarkovane (hrúbka čiar 0,7 mm), meračské priamky čiarkovane (hrúbka čiar 0,5 mm), polygónové body krúžkom \varnothing 2,0 mm, pomocné meračské body krúžkom (\varnothing 1,5 mm) [18]. Body

s príslušnými číslami sa popisujú tiež červenou farbou. Analogicky to platí aj pri použití vhodného grafického editora.

Podrobné body sa v zápisníkoch i náčrtoch číslojú v rámci jednotlivých náčrtov začínajúc číslom 1. Body ležiace na styku dvoch alebo viacerých náčrtov sa označujú len jedným číslom prislúchajúcim náčrtu, pre ktorý boli očíslované najskôr. Číslo dvakrát odmeraného podrobného bodu sa v náčrte podčiarkne.

Jednotlivé predmety merania (budovy, hranice pozemkov, pomníky a pod.) sa označia príslušnými značkami podľa zoznamu značiek pre Základnú mapu SR veľkej mierky (Mapové značky STN 01 3411) [18].

Po ukončení merania v teréne, v záujme zaistenia trvanlivosti kresby a zaznamenaných údajov, meračský náčrt adjustujeme. Murované stavby kolorujeme svetločervenou farbou, drevené stavby sa označujú žltou farbou. Ukážka adjustovaného meračského náčrtu je na obr. 4.7.



Obr. 4.6. Zhustenie meračskej siete (výrez)

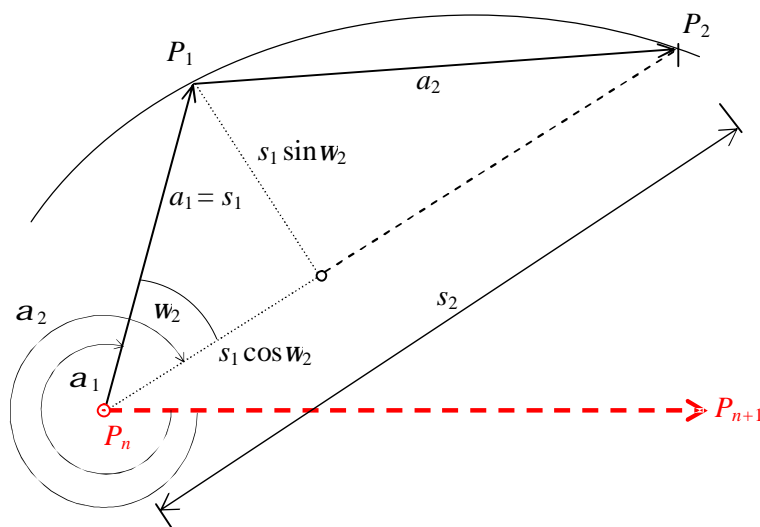
Obr. 4.7. Meračský náčrt z merania polárnou metódou (výrez)

Omerné miery medzi odmeranými bodmi polohopisu predstavujú uplatnenie **metódy semipolárnych súradníc**. Hlavným účelom merania omerných mier je kontrola odmeraných prvkov polárnou a ortogonálnou metódou. Zároveň je omerná miera jedným z prvkov semipolárnych súradníc. Semipolárne prvky merania sú uhol (ako pri polárnej metóde) a dĺžka (omerná miera) od posledne odmeraného bodu polárnou metódou po odmeraný bod. (Najvýznamnejšie uplatnenie má metóda semipolárnych súradníc pri vytyčovaní prechodníc a oblúkov. Uplatnila sa aj pri podrobnom meraní tvaru koľajníc a označovala sa metóda lúčov a tetív.)

Poloha bodu P_2 je určená vo vzťahu k bodu P_1 uhlom $w_2 = a_2 - a_1$ a dĺžkou a_2 . Dĺžka s_2 sa vypočíta zo vzťahu (obr. 4.8)

$$s_2 = s_1 \cos w_2 + \sqrt{a_2^2 - s_1^2 \sin^2 w_2}. \quad (4.13)$$

Semipolárne meranie sa využíva v prípadoch, ak po meraní objekt nemôžeme odmerať dĺžku s_2 , ktorú nahradíme vzdialenosťou a_2 . Vzdialenosť – omerná miera a_2 k odmeraným prvkom μ_1, s_1, μ_2, s_2 (s_1, s_{k1}, s_2, s_{k2}) predstavuje kontrolný (nadbytočný) prvok, ktorý použijeme pri vyčíslení rozdielu dĺžok Δd (4.1).



Obr. 4.8. Výpočet dĺžky v metóde semipolárnych súradníc

4.2 Ortogonálna metóda merania

Poznámka: Na meranie zmien [16] je určená „metóda pravouhlých súradníc“, ktorá má dve alternatívy: „ortogonálnu metódu“ a metódu „konštrukčných omerných mier“. Pri mapovaní [10] je metóda pravouhlých súradníc stotožnená s ortogonálnou metódou a metóda konštrukčných omerných mier je uvedená ako samostatná metóda

Ortogonálna metóda merania sa používa hlavne v prípadoch, keď sa vyžadujú pravouhlé číselné údaje v polohe zameriavaných bodov alebo predmetov. Použitie elektronických teodolitov znižuje využívanie tejto mapovacej metódy polohopisu na úroveň doplňujúceho merania k polárnej metóde.

Presnosť ortogonálnej metódy vyjadríme vo vzťahu k meračskej priamke. Pravý uhol vytýčime pentagónom s presnosťou $m_w \approx 0,1^s$. Pozdĺžnu odchýlku päty kolmice vypočítame pre rôzne dĺžky kolmíc podľa vzťahu (4.12).

Pozdĺžne odchýlky päty kolmice pri meraní ortogonálnou metódou

Tabuľka 4.3

Dĺžka kolmice (m)	10	20	30	40	50
p (mm)	16	31	47	63	78

Keď predpokladáme, že meračská priamka bude signalizovaná výtyčkami v maximálnej odľahlosti do 80 m, zaradenie päty kolmice do smeru meračskej priamky docielime s krajinou priečnou odchýlkou $q = 50$ mm. Podľa zákona o hromadení stredných chýb, ak namiesto stredných chýb

použijeme p a q , $m_{xy} = \sqrt{p^2 + q^2} = 68 \text{ mm} \approx \frac{u_{xy}}{t_a} = 70 \text{ mm}$. Podľa analýzy tab. 4.3 je prijatá zásada určiť podrobný bod kolmým rajónom do dĺžky $s_k = 30$ m.

Maximálne dĺžky priamok a kolmíc pri metóde pravouhlých súradníc uvádza [16] (tab. 4.4)

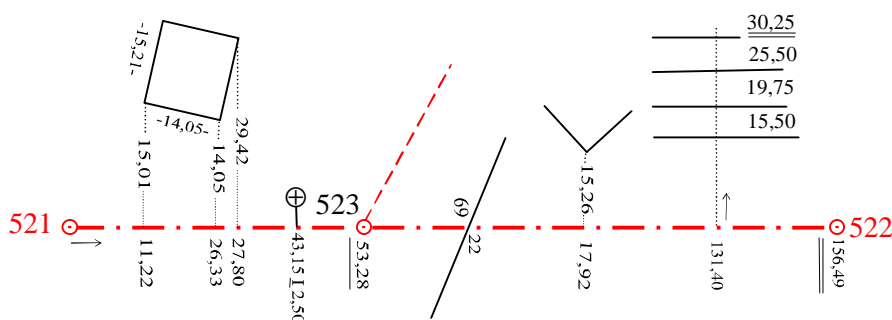
Tabuľka 4.4

	Trieda presnosti	
	3	4
	Dĺžka v metroch	
a) vytýčenie pomocných meračských bodov na priamke do celkovej dĺžky priamky (vizuálne vytýčenie)	20	120
b) určenie pomocného meračského bodu kolmým rajónom do dĺžky	30	40
c) maximálna dĺžka kolmice jednoznačne identifikovateľného podrobného bodu (platí aj pre dĺžku polárnej kolmice)	40	50
d) maximálna dĺžka kolmice nejednoznačne identifikovateľného podrobného bodu (platí aj pre dĺžku polárnej kolmice)	60	80

Meranie ortogonálnou metódou

Zamerané body predmetov merania sa vyjadrujú dvoma na seba kolmými mierami s (staničením) a $s_k = k$ (kolmicou) ku geodetickej priamke, ktorou môže byť polygónová strana, rajón, meračská priamka, alebo iná geometrická úsečka, ktorá je zapojená do siete podrobného polohového bodového poľa.

Súradnice s a s_k vytyčujeme pomocou pentagónu a meriame dvoma pásmami. Začiatok merania môžeme zvoliť na jednom, alebo na druhom konci meračskej priamky a označujeme ho šípkou alebo číselným údajom napr. 0.00 (obr. 4.9). Posledný údaj staničenia, kde sme meranie ukončili, dvojnásobne podčiarkneme. Údaj staničenia ďalšej meračskej priamky (53.28 m na obr. 4.9) vychádzajúcej z bodu 523 podčiarkneme raz. Vzdialenosti medzi dôležitými bodmi merania kontrolujeme omernými mierami.



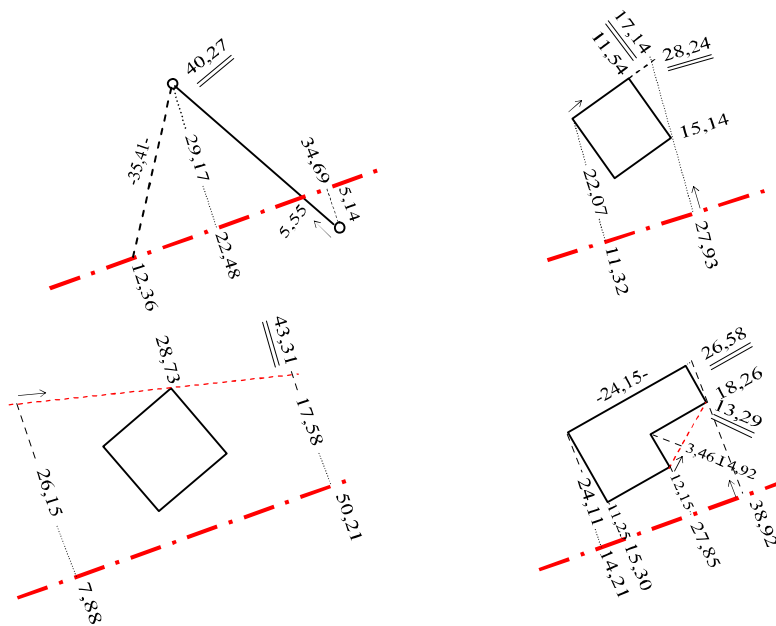
Obr. 4.9. Základné spôsoby záznamu ortogonálnych údajov do meračského náčrtu

Poznámka: Odmerané kontrolné omerné miery v meračskom náčrte označujeme napr. -14.05-. Ak v geometrickom pláne zobrazujeme vypočítané miery, označujeme ich napr. 10.62, t. j. bez pomlčiek.

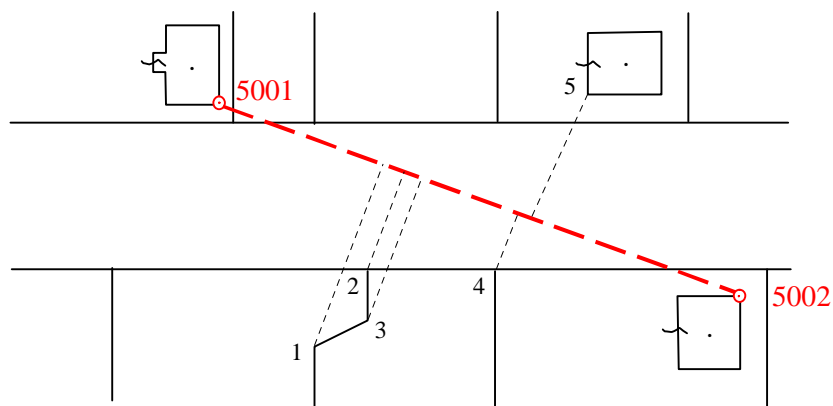
Výsledky merania metódou ortogonálnych súradníc zaznamenávame do meračského náčrtu alebo zapisujeme do zápisníka. Na obr. 4.9 sú vyznačené základné spôsoby záznamu odmeraných údajov do meračského náčrtu.

Na obr. 4.10 sú iné spôsoby merania a vyjadrovania polohy bodov. Ak potrebujeme odmerať ojedinelú kolmicu $s_k > 30$ m, zaistujeme ju dopĺňujúcimi meraniami (obr. 4.10).

Metódu pravouhlých súradníc aplikujeme k pevnej meračskej priamke (obr. 4.11) a k voľnej meračskej priamke (obr. 4.12). Na obr. 4.11 a 4.12 sú uvedené aj spôsoby zápisu (zápisník) z merania ortogonálnou metódou.

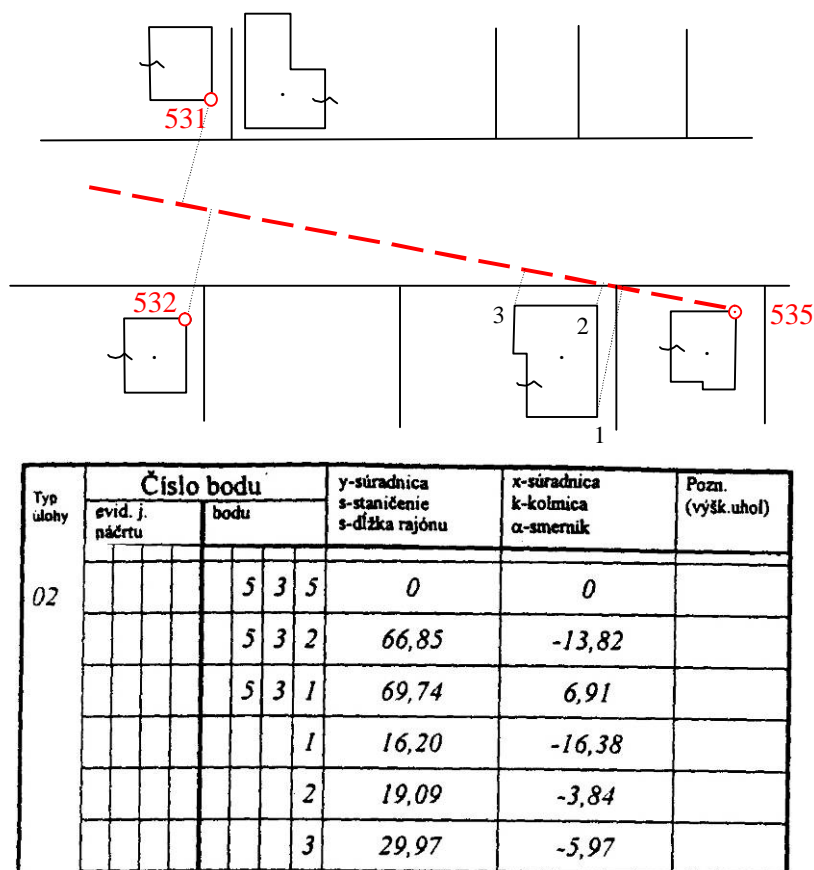


Obr. 4.10. Spôsoby merania a vyjadrovania polohy bodov



Typ ulohy	Číslo bodu				y-súradnica s-staničenie s-dĺžka rajónu	x-súradnica k-koľnica α -smerník	Pozn. (výšk.uhol)
	evid. j.	j.	páču	bodu			
01				5 0 0 1	0	0	
				5 0 0 2	64,92	0,00	
				1	17,10	22,10	
				2	19,02	10,42	
				3	20,94	17,21	
				4	30,76	7,17	
				5	35,12	-10,94	

Obr. 4.11. Meranie pravouhlých súradníc k pevnej meračskej priamke



Obr. 4.12. Meranie pravouhlých súradníc k voľnej meračskej priamke

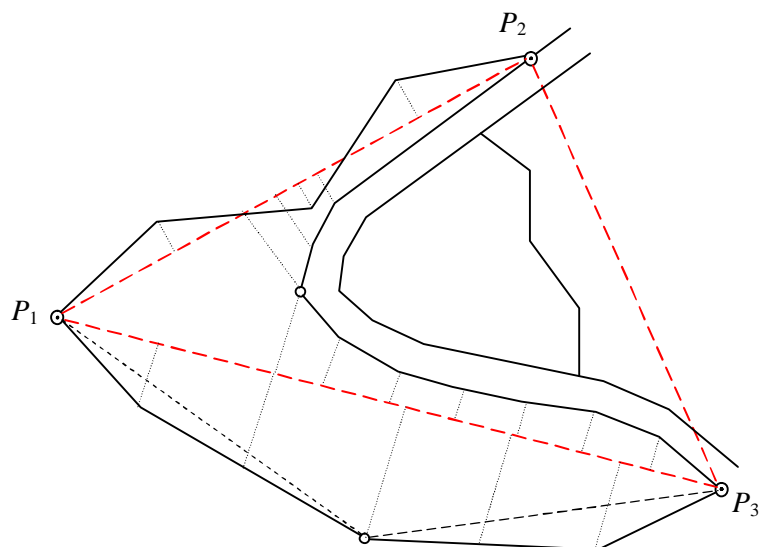
Voľná meračská priamka nie je pripojená na vzťažný bod na jednom z koncových bodov (obr. 4.12) alebo nie je pripojená na vzťažné body na oboch koncových bodoch meračskej priamky. Odmerané staničenia a koľmice bodov k voľnej meračskej priamke $P_i(s_i \equiv x_i, s_{ki} = k \equiv y_i)$ vyjadríme súradnicami v S-JTSK po transformácii (kap. 3.4). K transformácii potrebujeme na výpočet transformačných koeficientov 2, príp. 3 a viac (podľa druhu transformácie) identických bodov (bodov, ktorých súradnice sú známe v oboch systémoch – miestnom a v S-JTSK).

Identické body v oboch systémoch majú podľa obr. 4.12 súradnice:

Miestny súradnicový systém		S-JTSK	
$y_{535} = 0,00$	$x_{335} = 0,00$	Y_{535}	X_{535}
$y_{531} = 69,74 \text{ m}$	$x_{531} = 6,91 \text{ m}$	Y_{531}	X_{531}
$y_{532} = 66,85 \text{ m}$	$x_{532} = -13,82 \text{ m}$	Y_{532}	X_{532}

Keďže na transformáciu potrebujeme poznať súradnice v oboch systémoch minimálne u dvoch bodov, transformáciu súradníc bodov 1, 2, 3 (obr. 4.12) môžeme aplikovať vyrovnaním metódou najmenších štvorcov.

Ortogonálnu metódu merania je účelné využiť pri zameriavaní s hustou a nepravidelnou štruktúrou lomových bodov (obr. 4.13). Hranice zameriame k vhodnému obrazcu meračských priamok.

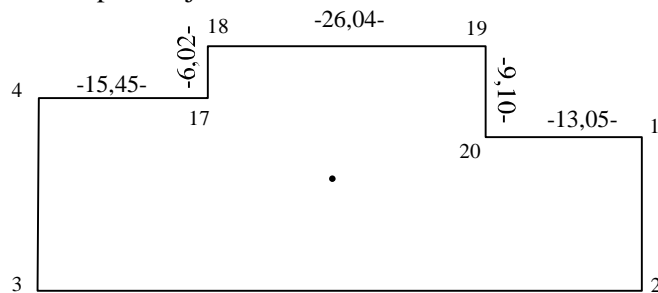


Obr. 4.13 Meranie nepravidelnej štruktúry lomových bodov

Na každej meračskej priamke porovnávame odmeranú dĺžku (korigovanú o príslušné opravy) s dĺžkou vypočítanou zo súradníc koncových bodov priamky. Napr. rozdiel dĺžok v 3. triede presnosti nesmie prekročiť krajnú odchýlku $\Delta_s = 0,012\sqrt{s} + 0,10$ udanú v m. Ak je splnené uvedené kritérium, vyrovnajú sa odmerané dĺžky staničení na meračskej priamke vo vzťahu k dĺžke meračskej priamky určenej zo súradníc, ako je to uvedené v kap. 4.9.1.

4.3 Metóda konštrukčných omerných mier

Metódu konštrukčných omerných mier účelne využívame pri meraní geometricky usporiadaných členitých stavieb, kde omernými mierami v systéme staničení a kolmíc vyjadríme tvar stavby (obr. 4.14). Počiatočný a koncový bod konštrukčných omerných mier 4 a 1 dopredu odmeriame Kolmost' stien členitých stavieb preverujeme vizuálne.

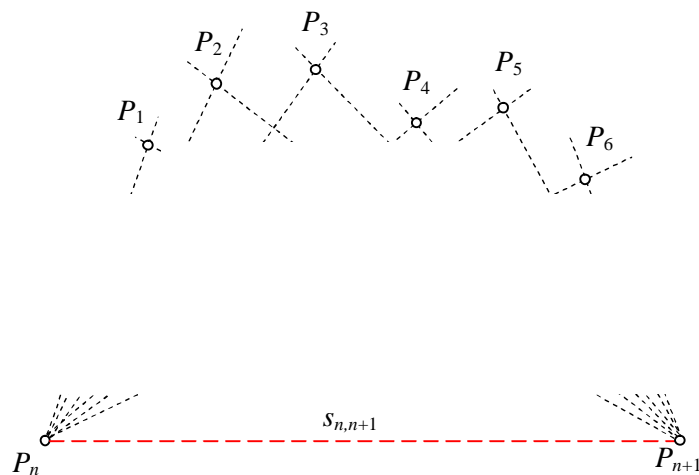


Typ ulohy	Číslo bodu				y-súradnica s-staničenie s-dĺžka rajónu	x-súradnica k-kolmice α -smerník	Pozn. (výšk. uhol)
	evid. j.	náčrtu	bodu				
03				4	0		
				1 7	12,56		
				1 8	-6,02		
				1 9	26,04		
				2 0	9,10		
				1	-20,14		

Obr. 4.14. Zápisník metódy konštrukčných omerných mier

4.4 Metóda pretínania napred

Použitie metódy pretínania napred prichádza do úvahy v zložitom teréne s prekážkami a malou hustotou predmetov merania. Metódu pretínania napred aplikujeme s meraním uhlov alebo dĺžok. Pretínanie napred s meraním uhlov využívame hlavne v prípadoch, keď nie je možné odmerať dĺžky (obr. 4.15).



Obr. 4.15. Metóda pretínania napred s meraním uhlov

Na koncoch polygórovej strany $s_{n,n+1}$ meriame uhly (smerníky) na podrobné body predmetov merania, ktoré sú spravidla prirodzene signalizované. S ohľadom na použitú technológiu merania sa vyžaduje, aby uhly priesečku na určovanom bode neklesli pod 20° a neprekročili 180° . Polohu odmeraných bodov vyjadrujeme po výpočte súradnicami y , x , z ktorých konštruujeme polohopis.

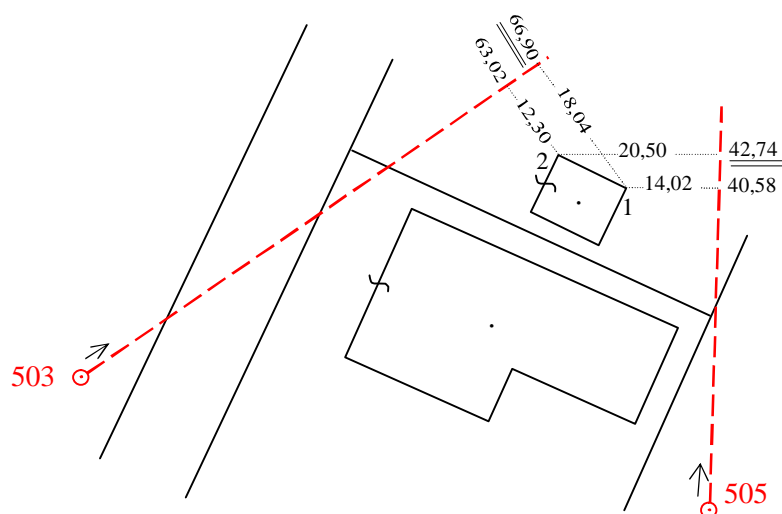
Pretínanie z dĺžok počítame z priamo odmeraných dĺžok alebo nepriamo odmeraných dĺžok (obr. 4.16). Nepriamo odmerané dĺžky vyjadrujú staničenia a kolmice na voľných meračských priamkach vedených zo vzťažných bodov. Zo staničení a kolmíc vypočítame dĺžky na merané body.

4.5 Podrobné meranie v KN s využitím technológií GNSS

Podrobné meranie v KN s využitím technológií globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) efektívne prichádza do úvahy hlavne s využitím Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS), ktorá má sieť stanovísk prijímačov na permanentný záznam satelitných signálov (kap. 3.4), ktoré umožňujú meranie aj v reálnom čase. V súčasnej dobe (2007) je sieť SKPOS v skúšobnej prevádzke. Podrobné meranie na jednej lokalite je možné s viacerými pohyblivými prijímačmi. Referenčnú stanicu predstavuje prijímač SKPOS.

Z kinematických metód GPS, v lokálnych systémoch merania, pri podrobnom meraní polohopisu je vhodná metóda STOP and GO. Táto metóda merania vyžaduje, aby počas merania pohybujúcou sa aparátúrou boli prijímané signály aspoň zo štyroch rovnakých družíc ako prijíma referenčná aparátúra. Za jednu hodinu je možné odmerať 20 až 25 bodov.

Efektívne využitie technológií GNSS môže byť v členitom teréne, ktorý by si vyžiadaval zhršťovanie bodového poľa na terestrické merania. Obmedzujúcou podmienkou metódy môže byť vertikálny zákryt objektov alebo porastov na príjem signálov na meraných bodoch.



Typ úlohy	Číslo bodu			y-súradnica s-staničenie s-dĺžka rajónu	x-súradnica k-kolmica α -smerník	Pozn. (výšk. uhol)
	evid.	j.	bodu			
24			5 0 3	66,90	18,04	
			5 0 5	40,30	-14,02	
			1		-1	
			5 0 3	63,02	12,30	
			5 0 5	42,74	-20,50	
			2		-1	

Obr. 4.16. Metóda pretínania napred z dĺžok

4.6 Výpočty v meračskej sieti

Pri terestrickom meraní v KN potrebujeme vypočítať súradnice bodov meračskej siete určené v priebehu merania a súradnice bodov z podrobného merania. Výpočty súradníc sú štandardné a na ich aplikáciu využívame vhodné programové vybavenie.

V meračskej sieti sú to úlohy: výpočet rajónu vychádzajúceho z bodu na meračskej priamke, výpočet bodu na kolmici, určenie súradníc päty kolmice a výpočet priesečníka dvoch priamok. Výpočet súradníc bodov podrobného merania sa viaže na metódu merania.

4.6.1 Výpočet rajónu vychádzajúceho z bodu na meračskej priamke

Súradnice bodu P_i určeného rajónom z bodov podrobného polohového bodového poľa P_1, P_2 vypočítame podľa rovníc

$$y_i = y_1 + s_{1i} \sin S_{1i}, \quad x_i = x_1 + s_{1i} \cos S_{1i}. \quad (4.14)$$

Poznámka: Rajón chápeme ako orientovanú a dĺžkovo zameranú spojnicu východiskového a určovaného bodu.

Na výpočet rajóna vychádzajúceho z bodu M na meračskej priamke (obr. 4.17), máme zastaničenú jeho polohu na meračskej priamke s'_{1M} a odmeranú celú dĺžku meračskej priamky s'_{12} . V bode M odmeriame polárne prvky w_M a s_{MN} , ktoré určujú polohu bodu N určeného rajónom k meračskej priamke.

Dĺžky v meračskej sieti meriame opakovane (dvojité meranie – meranie v oboch smeroch). Krajné odchýlky rozdielu medzi dvojitým meraním dĺžok v meračskej sieti sú uvedené v tab. 4.5.

Tabuľka 4.5

Trieda presnosti	Vzťah na výpočet krajnej odchýlky (m)
3	$0,01\sqrt{s} + 0,10$
4	$0,02\sqrt{s} + 0,15$

Zo súradníc bodov P_1 , P_2 vypočítame dĺžku strany s_{12} a smerník s_{12} .

Odmeranú dĺžku s'_{12} porovnáme s vypočítanou dĺžkou. Dĺžkovú odchýlku $O_s = |s_{12} - s'_{12}| < \Delta_s$, vypočítame zo vzťahov tab. 4.5. Krajné odchýlky medzi dĺžkou s_{12} meračskej priamky alebo spojnice začiatočného a koncového bodu pomocného polygónu vypočítanou zo súradníc a odmeranou dĺžkou s'_{12} určíme podľa vzťahov v tab. 4.6.

Tabuľka 4.6

Trieda presnosti	Vzťah na výpočet krajnej odchýlky (m)
3	$0,012\sqrt{s} + 0,10$
4	$0,024\sqrt{s} + 0,20$

Vyrovnáme odmeranú dĺžku s'_{1M} pomocou úmery

$$s_{1M} = \frac{s_{12}}{s'_{12}} s'_{1M} = k_s s'_{1M}. \quad (4.15)$$

Koeficient k_s z rovnice (4.15) môžeme použiť na opravu aj ďalších odmeraných dĺžok medzi bodmi P_1 a P_2 .

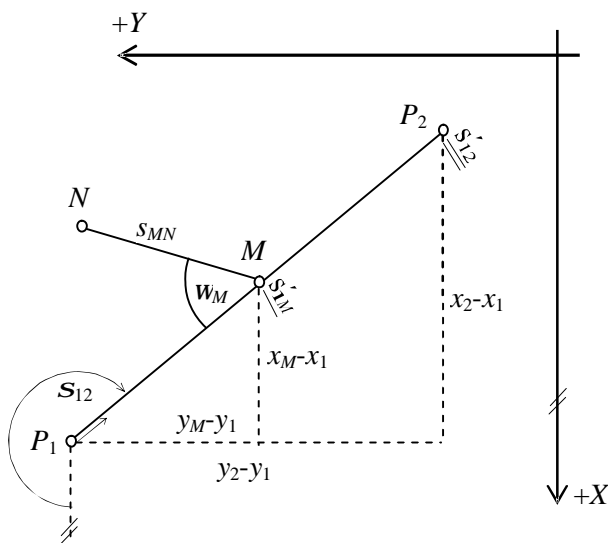
Súradnice bodu N vypočítame aplikovaním výpočtu voľného polygónu cez súradnice bodu M :

$$y_M = y_1 + s_{1M} \sin S_{12}, \quad x_M = x_1 + s_{1M} \cos S_{12}, \quad (4.16)$$

$$y_N = y_M + s_{MN} \sin S_{MN}, \quad x_N = x_M + s_{MN} \cos S_{MN},$$

keď smerník S_{MN} podľa obr. 4.17 sme určili z rovnice:

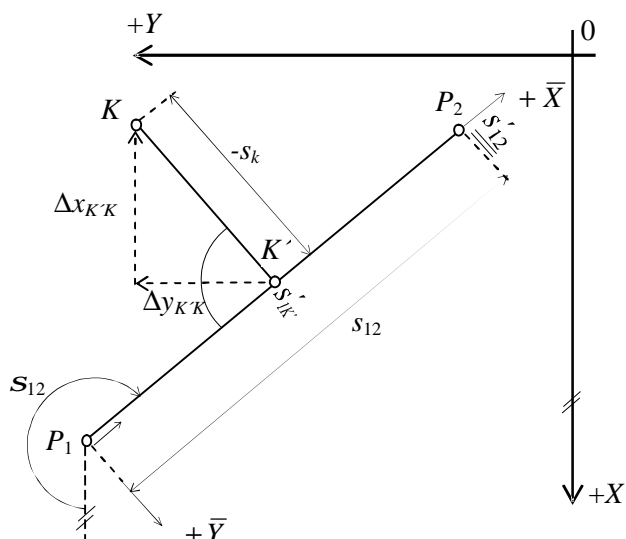
$$S_{MN} = S_{12} + w_M - 200^g. \quad (4.16)$$



Obr. 4.17. Výpočet rajóna vychádzajúceho z bodu na meračskej priamke

4.6.2 Výpočet súradníc bodu na kolmici

Výpočet tejto úlohy je analógiou výpočtového postupu súradníc bodu určeného rajónom vychádzajúcim z bodu na meračskej priamke (obr. 4.18). Po porovnaní odmeranej a vypočítanej dĺžky (s'_{12} , s_{12}) vypočítame staničenie bodu K' . Súradnice bodov K' a K vypočítame podľa rovníc (4.16), keď smerník $S_{K'K}$ je $S_{K'K} = S_{12} \pm 100^g$.



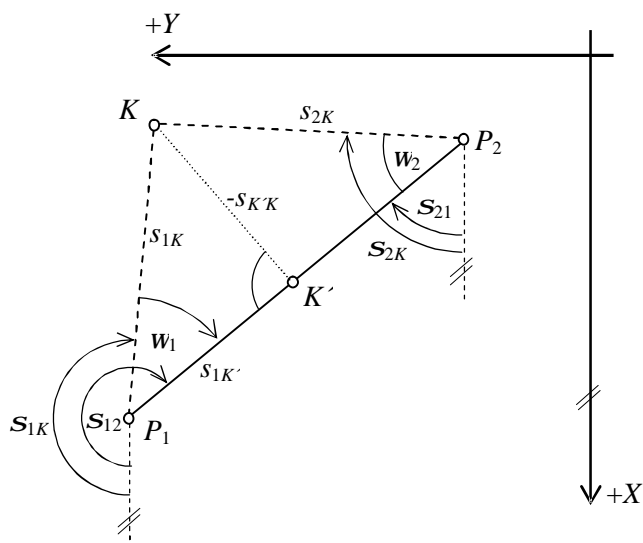
Obr. 4.18 Výpočet súradníc bodu na kolmici

Keď os súradnicového systému meračskej priamky $+X$ stotožníme so spojnicou P_1P_2 , kolmice naľavo budú záporné, napravo kladné.

$$\begin{aligned} \text{Pri: } -s_k \quad s_{KK'} &= s_{12} + 300^g = s_{12} - 100^g, \\ +s_k \quad s_{KK'} &= s_{12} + 100^g. \end{aligned} \quad (4.17)$$

4.6.3 Výpočet staničenia a dĺžky kolmice

Pri polohových vytyčovacích prácach hraníc pozemkov a delení pozemkov sa vyskytuje obrátená úloha, keď sú dané súradnice bodu K a máme určiť pravouhlé súradnice tohto bodu vo vzťahu k meračskej priamke.



Obr. 4.19 Výpočet staničenia a dĺžky kolmice

Jedno z riešení vyplýva z obr. 4.19. Z rozdielov smerníkov vypočítame uhly w_1 a w_2 :

$$w_1 = s_{1K} - s_{12}, \quad w_2 = s_{2K} - s_{21}. \quad (4.19)$$

Dĺžku kolmice vypočítame pomocou dĺžok s_{1K} , s_{2K} a uhlov w_1 a w_2 z rovníc:

$$s_{K'K} = s_{1K} \sin w_1 = s_{2K} \sin w_2 \quad (4.20)$$

a staničenie:

$$s_{1K'} = s_{1K} \cos w_1. \quad (4.21)$$

Výpočet prekontrolujeme vyčíslením rovnice:

$$s_{12} = s_{1K} \cos w_1 + s_{2K} \cos w_2. \quad (4.22)$$

4.6.4 Výpočet súradníc priesečníka dvoch priamok

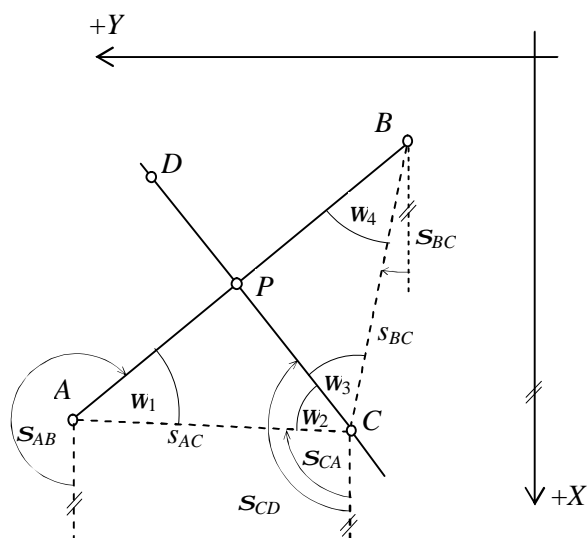
Výpočet priesečníka dvoch priamok určených súradnicami dvojíc bodov (obr. 4.20) má tiež niekoľko spôsobov riešení. Naznačíme si riešenie, založené na postupe výpočtu pretínania napred. Súradnice bodu P určíme napr. z trojuholníkov ACP a CBP .

Zo súradníc bodov A , B a C , D vypočítame smerníky a dĺžky strán: s_{AB} , s_{CD} , s_{CA} , s_{BC} , a s_{AC} , s_{CB} . Z rozdielov smerníkov vypočítame uhly w_1 až w_4 :

$$w_1 = s_{AC} - s_{AB}, \quad w_2 = s_{CD} - s_{CA}, \quad (4.23)$$

$$w_3 = s_{CB} - s_{CD}, \quad w_4 = s_{BA} - s_{BC}.$$

Výpočet súradníc priesečníka priamok $P(y_p, x_p)$ určíme podľa známeho postupu pretínania napred.



Obr. 4.20. Výpočet súradníc priesečníka dvoch priamok