

6. POLOHOVÉ BODOVÉ POLE

Geodetické výpočty rôznych úloh polohového charakteru a určovanie vzájomnej polohy bodov na vhodnej výpočtovej a zobrazovacej ploche vyžadujú, aby bola k dispozícii sústava jednoznačne navzájom určených a orientovaných bodov v spoločnom súradnicovom systéme. V Slovenskej Republike (SR) je to Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK).

Tieto body tvoria polohové bodové pole, sú trvalo alebo dočasne stabilizované a určené so stanovenou presnosťou. Polohové bodové pole rozdeľujeme na:

- základné polohové bodové pole (ZBPB),
- podrobné polohové bodové pole (PPBP).

ZBPB obsahuje body Štátnej astronomicko-geodetickej siete a body Štátnej trigonometrickej siete. Vrcholy trigonometrickej siete sú v prírode trvalo označené. Ich súradnice sa určili na podklade presného merania a výpočtov s vyrovnáním podľa zásad vyrovnávacieho počtu. Vo výpočtoch sa zohľadnil zakrivený tvar Zeme a zobrazovacia projekcia. Tvorba trigonometrickej siete postupovala podľa zásad "z veľkého do malého". Najprv sa určila trigonometrická sieť I. radu, ktorá sa ďalej postupne zhŕňovala až do V. radu. V súčasnom období je trigonometrická sieť na celom území SR prakticky dobudovaná a má priemernú vzdialenosť medzi trigonometrickými bodmi 1 až 3 km. Všetky údaje o trigonometrických bodoch môžeme získať z výpisu triangulačných údajov. Meranie v základnom polohovom bodovom poli sa musí vykonávať s takou presnosťou, aby základná súradnicová chyba m_{xy} rovinných pravouhlých súradníc vypočítaná vyrovnáním bola menšia, ako je vyznačená v tab. 6.1. Krajná odchýlka sa určuje na 2,5 násobok základnej strednej súradnicovej chyby.

Presnosť trigonometrických bodov

Tabuľka 6.1

Rad trigonometrickej siete	I.	II.	III.	IV.	V.
m_{xy} [m]	0,040	0,035	0,030	0,025	0,015

V štádiu budovania je Slovenská geodynamická referenčná sieť (SLOVGERENET) je sieť špecializovaných geodetických bodov, ktoré tvorí základ národného rámca Štátnej priestorovej siete v rámci geodetických základov.

Meranie SLOVGERENET začalo v roku 1993 na 17-tich bodoch. Sieť bodov SLOVGERENET v roku 1999 mala 43 bodov a stala sa referenčnou sieťou pre špecializovanú sieť budovanú technológiou Globálneho určovania priestorovej polohy (GPS), označenú ako Štátna priestorová sieť (ŠPS). V prvej etape prác do roku 2003 má byť určených 1500 bodov s priemernou odľahlosťou 6 až 7 km.

Pre body ŠPS v teréne je charakteristický ich oranžový náter aj oranžový náter ich ochranných zariadení. Bod je stabilizovaný jednoznačnou meračskou značkou (klincová značka s dierkou - geoklinec, dierka môže byť umiestnená aj excentricky) prevažne v kamenných hranoloch o rozmeroch hlavy minimálne 20 x 20 cm. Pri výbere bodov sa kladie dôraz na minimálny zákryt bodu pri meraní metódou GPS a vhodnosť i na terestrické meranie. Sleduje sa tiež prístup na bod a ich bezpečnosť proti zničeniu. Do siete sú preberané body zo Štátnej trigonometrickej siete, ktoré sú prestabilizované a doplnené o meračskú značku. Výšky bodov sú určené zo Štátnej nivelačnej siete a sú pripojené na Štátnu gravimetrickú sieť. Vo vhodných priestoroch sú stabilizované nové body. Body zriadené v ŠPS sú evidované v rámci evidenčnej jednotky, ktorou je klad ZM 1:50 000 a číslované približne od čísla 1000. Pripojené (hostujúce) body z iných špecializovaných sietí si ponechávajú svoje (pôvodné) označenie.

Body ŠPS sú určené statickou metódou merania dvojfrekvenčnými prístrojmi GPS. Presnosť súradníc bodov v zemepisnej šírke a dĺžke je $m_{\varphi} = m_{\lambda} < 0,009$ m a vo výške je $m_H < 0,025$ m.

Záväzným systémom je Európsky terestrický systém ETRS (European Terrestrial System 89) a elipsoid GRS 80, ktorý nahradil od roku 1991 elipsoid WGS 84.

Pre tvorbu grafických a číselných projekčných podkladov, vytyčovací práce a pod., trigonometrická sieť svojou hustotou nevystačuje a ďalej sa dopĺňa jednotlivými bodmi, polygónmi, trojuholníkovými reťazcami, vlčovacími bodmi, ktoré vytvárajú **podrobné polohové bodové pole**. Body PPBP sú v prírode trvalo alebo dočasne stabilizované (pevné body PPBP; dočasne stabilizované body PPBP) a slúžia ako stanoviská prístroja pre podrobné geodetické výkony. Spojnice polygónových bodov a polygónové strany sa môžu už priamo použiť ako **meračské priamky** na podrobné meranie alebo vytyčovanie. Pomocou meračských priamok sa dostaneme až k zameraniu alebo vytýčeniu všetkých podrobností. Prevažná väčšina bodov ZBPB a PPBP má určené aj nadmorské výšky v balstskom výškovom systéme po vyrovnaní (Bpv).

Dané bodové pole, t.j. body určené pred tvorbou základnej mapy SR a inými dôležitými meraniami, sa podrobí revízii a údržbe v potrebnom rozsahu. Základné polohové bodové pole sa podľa potreby doplní ďalšími bodmi.

Presnosť podrobného polohového bodového poľa sa posudzuje podľa hodnôt stredných alebo krajných chýb (odchýlok). Krajné (maximálne) chyby sú dané dvojnásobkom príslušných stredných chýb. V súbore určených bodov má byť približne 2/3 zistených chýb v medziach od nuly do veľkosti stredných chýb. Pravdepodobnosť výskytu krajných chýb je pritom 5 %. Polohová presnosť bodov podrobného polohového bodového poľa sa posudzuje podľa hodnoty empirickej strednej súradnicovej chyby m_{xy} , vyjadrenej vzťahom:

$$m_{xy} = \sqrt{0,5(m_y^2 + m_x^2)}, \quad (6.1)$$

kde m_y a m_x sú stredné chyby v súradniciach y a x .

Podľa účelu použitia sa body podrobného bodového poľa určujú v 5-tich triedach presnosti. Základné stredné súradnicové chyby bodov m_{xy} podľa tried presnosti stanovuje STN 73 0415 Geodetické body nasledovne:

1. trieda presnosti 0,02 m (buduje sa: polygónmi s dlhými stranami meranými elektronickými diaľkometermi, uhlovým a diaľkovým pretínaním, rajónmi),
2. trieda presnosti 0,04 m (ako v odstavci 1. a trojuholníkovými reťazcami, výnimočne pretínaním nazad),
3. trieda presnosti 0,06 m (ako v odstavci 2. a polygónmi s opticky meranými dĺžkami, výnimočne pásmom),
4. trieda presnosti 0,12 m (ako v odstavci 3. a polygónmi so stranami meranými diaľkometerom so základňou v prístroji. V súčasnosti sa v praxi využíva 4. trieda presnosti už len výnimočne,
5. trieda presnosti 0,20 m (určujú sa prevážne fotogrametricky).

Hustota bodov podrobného polohového bodového poľa sa volí s maximálnou účelnosťou a hospodárnosťou. Body 1. triedy presnosti (predtým zhusťovacie body) sa zriaďujú tam, kde je nedostatočná hustota trigonometrickej siete. Za optimálnu hustotu súboru trigonometrických bodov a bodov 1. triedy presnosti sa orientačne požaduje pomer 1 bod na 1 km².

Podrobné polohové bodové pole sa buduje s ohľadom na možnosť jeho zachovania a využívania aj v budúcnosti. Hustota bodov závisí od charakteru územia a účelu využívania. Vymedzuje sa vzájomná vzdialenosť bodov, ktorá pozdĺž líniových stavieb by mala byť 120 až 150 m. V miestnych tratiach sa vzdialenosť bodov volí v rozsahu 150 až 300 m a v poľných honoch okolo 500 m.

Evidenčnou jednotkou na číslovanie PPBP je pre body 1. triedy presnosti triangulačný (nomenklatúrny) list. Body sa čísľujú priebežne s trigonometrickými bodmi. Body PPBP 2. až 5.

triedy presnosti sa číslujú v rámci katastrálneho územia od čísla 501 do 5000, podľa postupného určenia bez ohľadu na spôsob stabilizácie a triedu presnosti. Body určené polygónmi sa číslujú priebežne.

Poznámka: V skriptách uvádzanému termínu polygón zodpovedá podľa Slovníka geodetickej a kartografickej terminológie polygónový ťah.

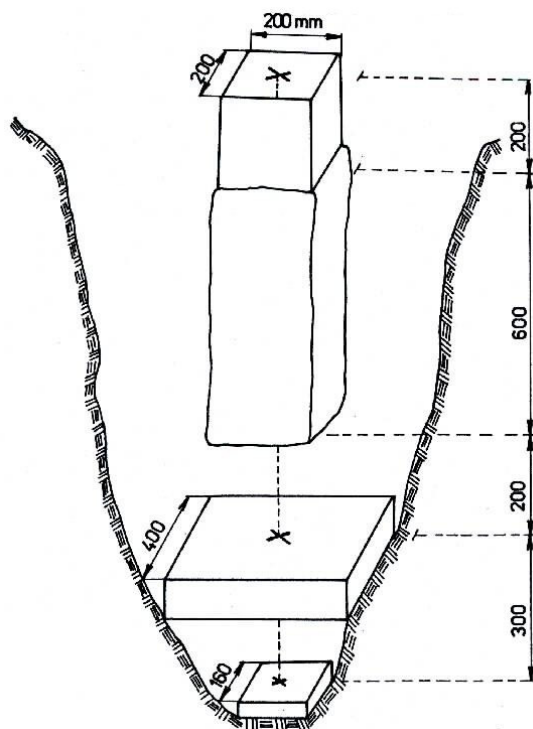
6.1 STABILIZÁCIA A SIGNALIZÁCIA BODOV

V záujme uchovania geodetických bodov pre ich dlhodobejšie využívanie sa vykonáva ich stabilizácia. Stabilizovať body môžeme **dočasne** alebo **trvalo**, keď sa stabilizácia bodov zaistí na dlhé obdobie.

Dočasná stabilizácia bodov sa vykonáva najčastejšie drevenými kolíkmi primeranej hrúbky a dĺžky (0,05-0,1 m a 0,3-0,5 m). Pri presnejších prácach sa poloha stabilizovaného bodu označuje klinčekom. So stabilizáciou dreveným kolíkom vystačíme len v priebehu jedného meračského obdobia (jar až jeseň). Tepelný a vodný režim v pôde spôsobuje znehodnotenie stabilizácie po zimnom období, kedy sa stabilizácia účinkami mrazov porušuje. Vhodnejším dočasným stabilizačným materiálom sú železné tyče alebo rúrky o dĺžke cca 0,6 až 1 m. Na železničných tratiach s drevenými podvalmi sa krátkodobá stabilizácia vhodne vykonáva klinčekom na doštičke pribitej na podvaloch.

Trvalo sa stabilizujú len dôležité body, ktoré je potrebné zachovať aj pre neskoršie meračské a vytyčovací práce. Trvalo sa stabilizujú trigonometrické body, body 1. až 3. triedy presnosti a iné body technického významu, ktoré zaistujú napr. os tunela, os mostu a pod.

Dôležité je uvedomiť si spôsob stabilizácie trigonometrických bodov z toho dôvodu, že na správcovi ZBPB Geodézia n.p. môžeme požadovať obnovu stabilizácie. Trigonometrické body sa stabilizujú troma nad sebou umiestnenými znakmi (obr. 6.1). Povrchovou značkou je krížik vytesaný na hornej štvorcovej ploche kamenného 0,8 m stĺpika, alebo geoklinec. Horná časť stĺpika je



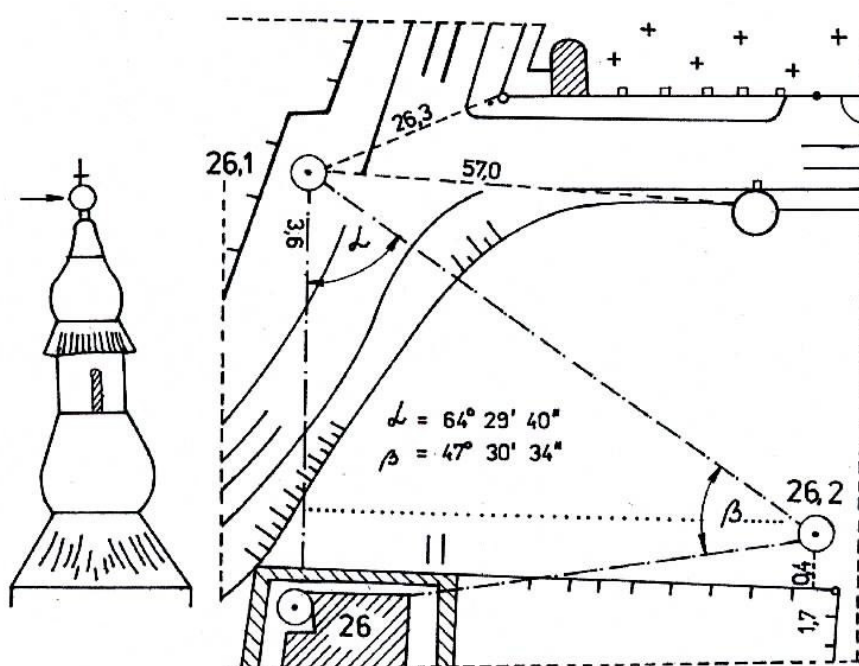
Obr. 6.1. Stabilizácia trigonometrického bodu

Opracovaná do tvaru kocky 0,2 x 0,2 x 0,2 m. Pod bodom sú centricky umiestnené dve podzemné značky. Tvorí ich sklenené doštičky s vylisovaným krížikom, resp. iným vhodným stabilizačným materiálom ako je kamenná doska s krížikom, šamotová dlaždička atď. Podzemné značky sú oddelené od seba vrstvou materiálu (hlina, štrk, piesok) a chránené pred poškodením. Trigonometrický bod vyhladáme podľa miestopisu (topografie) bodu (obr. 6.2) vyznačenom v Geodetických údajoch bodu, ktorý obsahuje číslo a názov bodu, spôsob stabilizácie a signalizácie a situačný náčrt s dĺžkovými mierami k okolitým význačným bodom ako sú budovy, medzníky, zariadenia na komunikáciách atď.

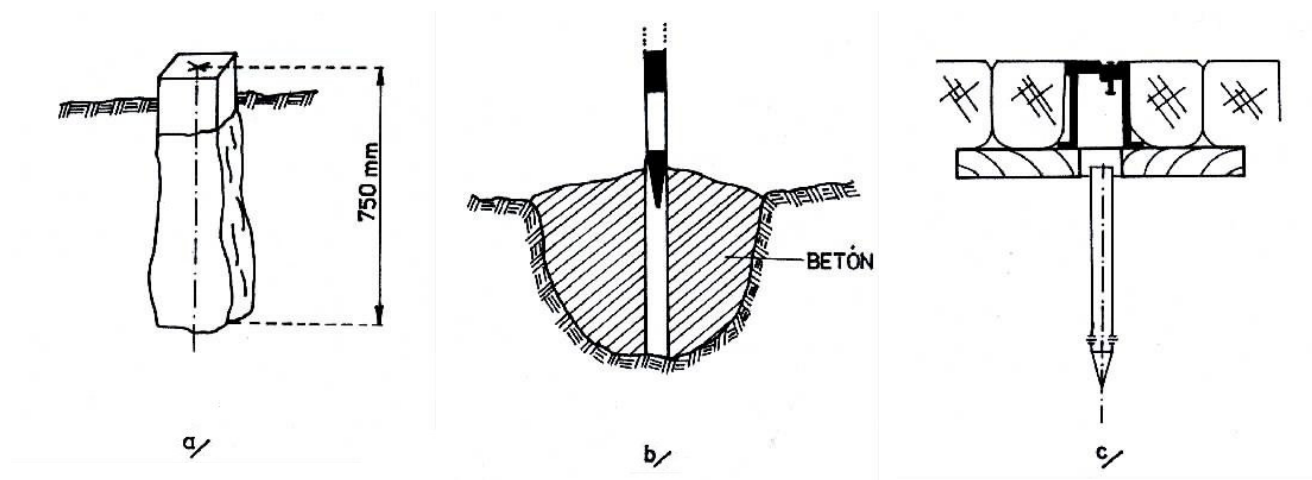
Pri budovaní podrobného polohového bodového poľa sa trvalá stabilizácia bodov obmedzuje najmä tam, kde by bola ohrozená (poľnohospodársky obrábaná pôda). Preto sa stabilizácia podrobného polohového bodového poľa uprednostňuje na technických objektoch trvalého rázu, ktoré sú pevné, ľahko sa dajú

vyhľadať a môžeme ich použiť pre stanovisko prístroja. Sú to napr. klincové značky na betónovom základe vedenia vysokého napätia, priepustu a mosta, nivelačné kamene, hraničné kamene obcí atď.

Pri stabilizácii bodov kameňmi sa používajú kamene o rozmeroch 0,15 x 0,15 x 0,75 m s krížikom na hornej ploche kameňa (obr. 6.3a), alebo kamene o rozmeroch 0,2 x 0,15 x 0,65 m (u železničných polygónov). Osadenie kameňa do terénu sa vykonáva v súlade s bezpečnostnými predpismi, napr. na železničnom telese sa osadzuje do úrovne terénu. Je treba tiež dbať, aby realizovaná stabilizácia neprekážala pri udržiavacích a obnovovacích prácach na železničnom zvršku, alebo káblom elektrickej a komunikačnej siete. V poľných tratiach môžu kamene vystupovať asi 10 cm nad terénom. Iné možné spôsoby trvalej stabilizácie sú najmä: krížik vytesaný na opracovanej plochej skale, klincové značky zabetónované železnú rúrku (obr. 6.3b). V mestách po dláždených uliciach sa body PPBP spravidla stabilizujú zabetónovanou železnou rúrkou chránenou liatinovým príklopom (obr. 6.3c). Môžu byť tiež stabilizované na rohu pevného objektu (budovy) v určitej výške nad terénom. Vtedy sa jedná o vertikálnu stabilizáciu bodu. V poľných honoch stabilizujeme body znakmi z umelej hmoty, ktoré sa zavrtávajú do zeme.



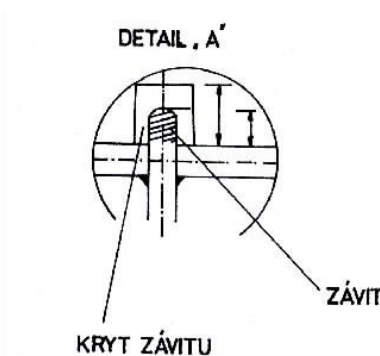
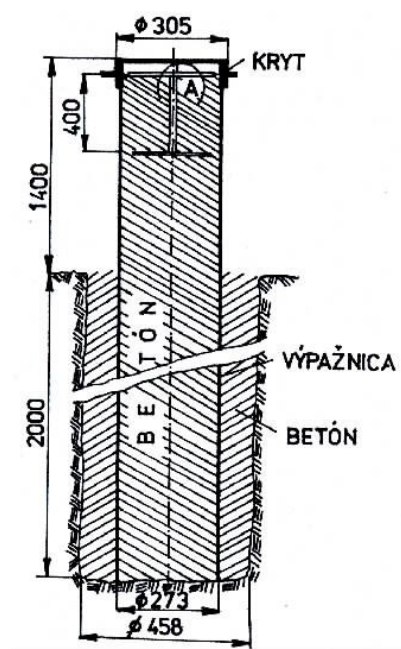
Obr. 6.2. Miestopis trigonometrického bodu



Obr. 6.3. Spôsob stabilizácie podrobného bodového poľa

Stabilizácia bodov v mikrotriangulačných sieťach sa uskutočňuje piliermi (obr. 6.4), ktoré umožňujú nútenú centráciu prístroja a meračských pomôcok. Založenie takejto stabilizácie má byť pod úrovňou premrzania pôdy v hĺbke 2 až 4 m, v prípade potreby aj hlbšie. Konštrukcia stabilizácie umožňuje priskrutkovanie podložky teodolitu na normalizovaný závit, privarený k observačnej doske na pilieri, alebo je vo forme zariadenia, ktoré zaistí jednoznačné umiestnenie podložky prístroja na pilieri (obr. 4.39).

Zapojenie bodu do merania umožňuje jeho **signalizácia** viditeľnou vertikálnou značkou. Niektoré trigonometrické body a body 1. triedy presnosti sú **trvalo signalizované**, napr. stred makovice kostolnej veže a pod.

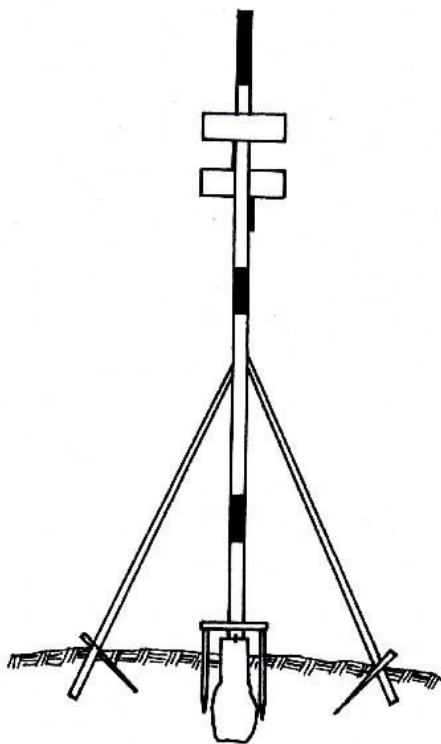


Umelé signalizačné prostriedky môžu byť umiestnené nad bodmi dočasne alebo trvalo.

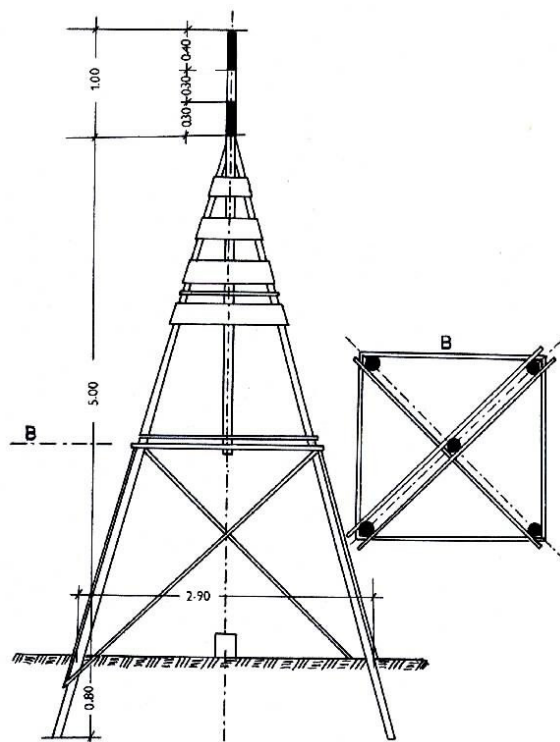
K dočasným signalizačným prostriedkom patria výtyčky, cieľové značky trojpodstavcovej súpravy atď. Najčastejšie sa používajú 2 m výtyčky. Na signalizáciu do väčších vzdialeností sú k dispozícii 3 alebo 4 m výtyčky. Na zvýšenie viditeľnosti sa pripieňuje na horný koniec výtyčky červeno-biela zástavka. Voľným okom sú výtyčky dobre viditeľné do 400 m, s použitím ďalekohľadu do 1 km.

Obr. 6.4. Stabilizácia piliera

Dočasné signalizačné prostriedky u trigonometrických bodov a bodov 1. triedy presnosti sú najmä: tyčové signály, trojboké alebo štvorboké pyramídy, triangulačné veže a stromové signály.

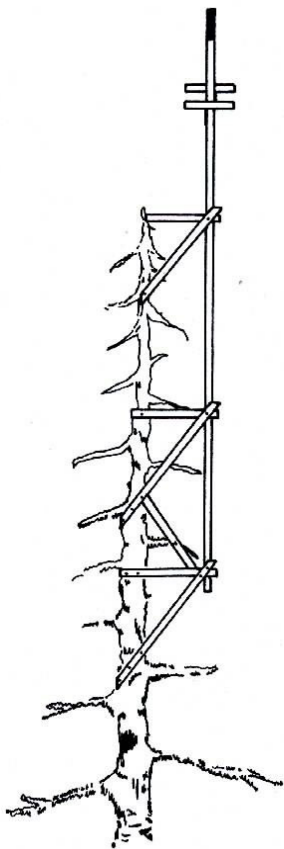


Obr. 6.5. Tyčový signál

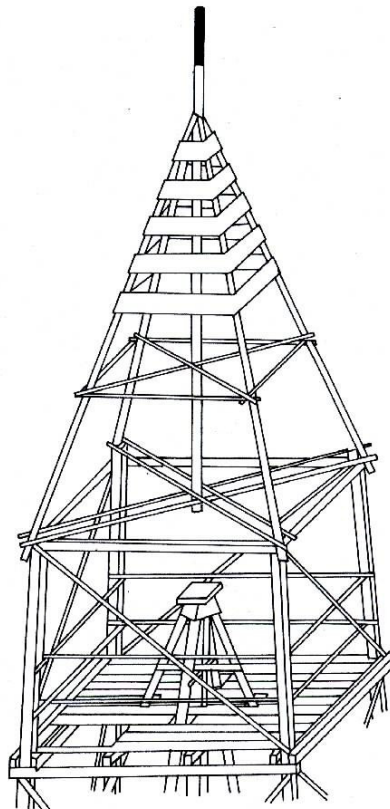


Obr. 6.6. Štvorboká pyramída

Tyčový signál sa používa na signalizáciu bodov vo vzdialenostiach väčších ako 1 km, keď sa na daných bodoch nebude vykonávať meranie. Účelnú úpravu tyčového signálu ukazuje obr. 6.5.



Obr. 6.7. Stromový signál



Obr. 6.8. Vrchná časť meračskej veže

U bodov používaných tiež ako stanoviská merania, sa signalizácia vykonáva trojbokými resp. štvorbokými pyramídami (obr. 6.6). Výška tyčového signálu a pyramíd sa riadi podľa veľkosti prekážok, ktoré zabráňujú viditeľnosti. Pri budovaní trigonometrickej siete v zalesnených oblastiach sa stavali meračské veže vysoké až 30 m. Dnes sú tieto stavby už zničené. U týchto trigonometrických bodov sú zriadené orientačné body, umožňujúce smerové pripojenie. V odôvodnených prípadoch signalizujú sa excentrickými stromovými signálmi (obr. 6.7).

Meračské stavby sa budujú zvyčajne z ihličnatej guľatiny. Ak meračská veža slúži tiež ako stanovisko prístroja, má dvojité konštrukciu, jednu konštrukciu pre observačný stôl a druhú konštrukciu pre signál a plošinu pre obsluhu prístroja na observačnom stole (obr. 6.8).

6.2 ZÁKLADNÉ ÚLOHY SÚRADNICOVÝCH VÝPOČTOV

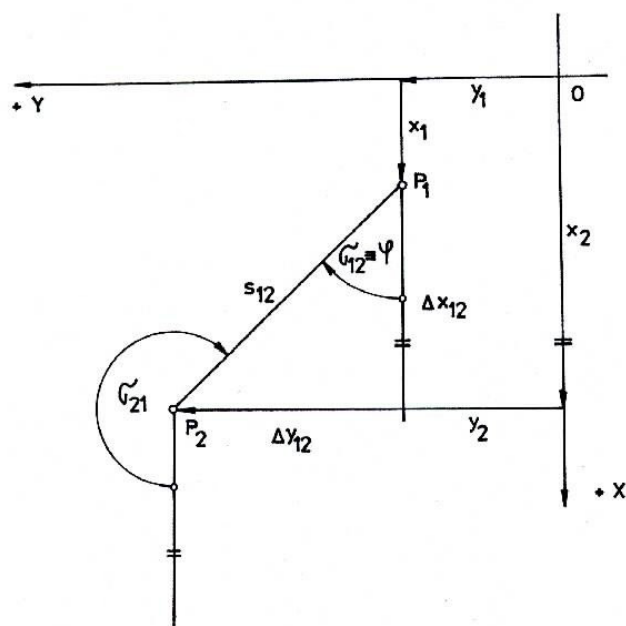
Všetky súradnicové výpočty geodetických úloh riešime v pravouhlom súradnicovom systéme, ktorý prináleží k zobrazovaciemu systému. V SR je to S-JTSK, v ktorom os $+X$ je orientovaná smerom na juh a os $+Y$ smerom na západ. Geodetické výpočty lokálneho charakteru sa môžu realizovať v miestnom súradnicovom systéme.

Výpočty uskutočňujeme podľa zásad rovinnej analytickej geometrie.

Základným racionalizačným prvkom výpočtov bolo donedávna používanie výpočtov formulárov. Vo formulári sa sprehľadňoval zápis výsledkov jednotlivých výpočtových krokov a súčasne sa formulár stal vodičkom celého postupu výpočtu. V súčasnom období sa už bežne používajú programovateľné kalkululačky vreckového typu a počítače. Najnovšie elektronické teodolity sú už vybavené programovateľným modulom a výsledkom práce v teréne môžu byť súradnice odmeraných bodov. Hospodárnosť využitia toho-ktorého výpočtového zariadenia ovplyvňujú programovacie možnosti, kapacita pamäti, rýchlosť výpočtov a v neposlednej miere aj rozsah a vyžadovaná presnosť geodetických výpočtov.

V záujme správneho zostavovania a využívania programov súradnicových výpočtov vyznačíme si niektoré najčastejšie sa vyskytujúce geodetické počtárske úlohy.

6.2.1 Výpočet smerníka a dĺžky strany



Pre priamku zadanú dvoma bodmi so súradnicami $P_1 (y_1, x_1)$ a $P_2 (y_2, x_2)$ (obr.

6.9) sa v analytickej geometrii uvádza rovnica:

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) = k(x - x_1) \quad (6.3)$$

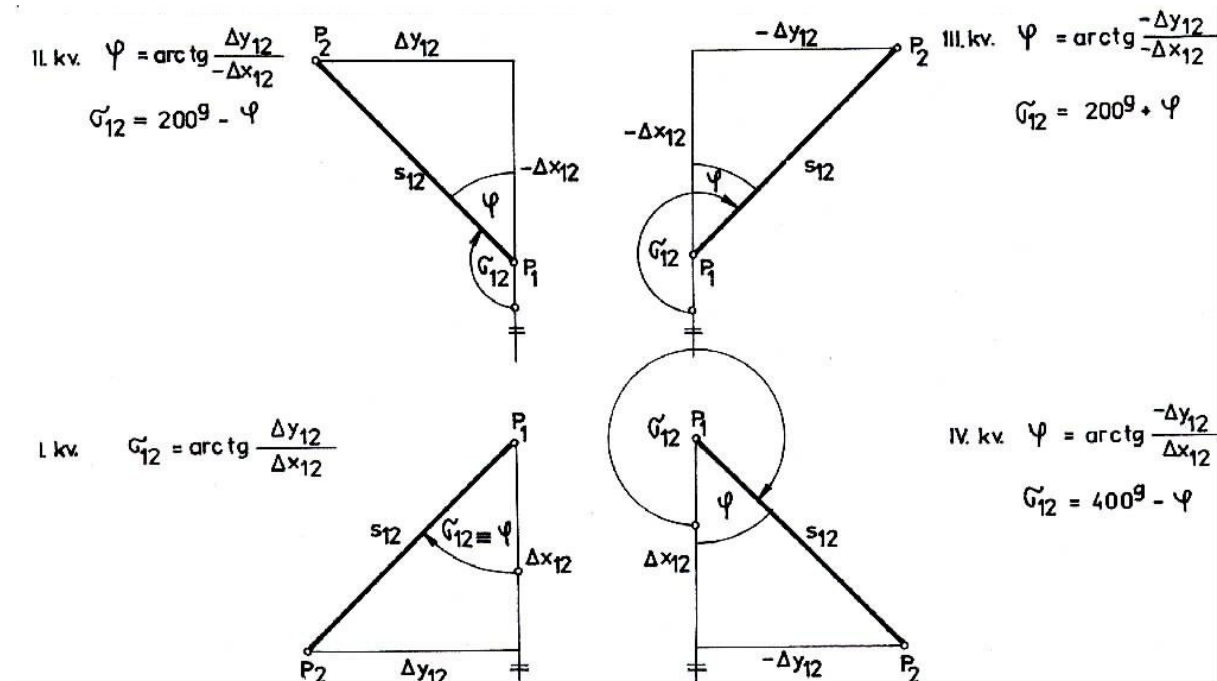
V rovnici k je tangens uhla naznačujúceho smer priamky. V analytickej geometrii sa označuje ako **smernica priamky**. V geodetických výpočtoch smernicu priamky nazývame **smerníkom strany**, ktorý vypočítame podľa obr. 6.9 z rovnice:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \sigma_{12} &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y_{12}}{\Delta x_{12}} \quad \text{alebo} \\ \operatorname{cotg} \sigma_{12} &= \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} = \frac{\Delta x_{12}}{\Delta y_{12}} \end{aligned} \quad (6.4)$$

Obr. 6.9. Výpočet smerníka a dĺžky strany

Pod pojmom smerník rozumieme uhol, ktorý zvierajú rovnobežka s kladným smerom osi X v bode P_1 so stranou s_{12} , predstavujúcou vzdialenosť medzi bodmi P_1 a P_2 .

Rovnice (6.4) vyjadrujú výpočet smerníka v I. kvadrante, keď $y_2 > y_1$ a $x_2 > x_1$, vtedy je vypočítaný smerník totožný s uhlom φ , ktorý je menší ako 100° .



Obr. 6.10. Výpočet smerníka

Smerník podľa obr. 6.10 môže nadobúdať hodnoty od 0° do 400° a môže sa nachádzať v niektorom zo štyroch kvadrantov. Pri výpočte smerníka je potrebné prihliadnuť na znamienko jeho sínusov a kosínusov, ktoré vyplývajú zo znamienok súradnicových rozdielov a tak určiť kvadrant, v ktorom sa nachádza počítaný smerník. Obr. 6.10 znázorňuje štyri rôzne prípady výpočtu smerníka.

Poznámka: Vo výpočte smerníka (ale aj pri ostatných výpočtoch), zápisom 200° , 400° , atď., zvýrazňujeme mód výpočtu. Vystačil by zápis 200, 400, atď.

V tabuľke 6.10 sú vyznačené znamienka súradnicových rozdielov Δy_{12} , Δx_{12} a vzťahy medzi uhlom φ a smerníkom σ_{12} .

Protismerník σ_{21} sa líši od smerníka σ_{12} o 200° . Platí vzťah $\sigma_{21} = \sigma_{12} \pm 200^\circ$.

Znamienka súradnicových rozdielov

Tabuľka 6.2

Kvadrant	Veľkosť smerníka v kvadrante	Súradnicové rozdiely		Smerník σ_{12} ($\sigma_{12} + 50^\circ$)
		Δy ($\Delta x + \Delta y$)	Δx ($\Delta x - \Delta y$)	
I.	$0^\circ - 100^\circ$	+	+	$\sigma_{12} = \varphi$
II.	$100^\circ - 200^\circ$	+	-	$\sigma_{12} = 200^\circ - \varphi$
III.	$200^\circ - 300^\circ$	-	-	$\sigma_{12} = 200^\circ + \varphi$
IV.	$300^\circ - 400^\circ$	-	+	$\sigma_{12} = 400^\circ - \varphi$

Výpočet smerníka kontrolujeme tzv. „50° skúškou“ podľa vzťahu:

$$\sigma_{12} + 50^\circ = \operatorname{arctg} \frac{(x_2 + y_2) - (x_1 + y_1)}{(x_2 - y_2) - (x_1 - y_1)} = \operatorname{arctg} \frac{\Delta x_{12} + \Delta y_{12}}{\Delta x_{12} - \Delta y_{12}},$$

alebo

$$\sigma_{12} + 50^\circ = \operatorname{arccotg} \frac{\Delta x_{12} - \Delta y_{12}}{\Delta x_{12} + \Delta y_{12}}.$$

Taktiež aj hodnota smerníka $\sigma_{12} + 50^\circ$ môže nadobudnúť hodnoty od 0° do 400° a určí sa podľa tab. 6.2.

Smerník a jeho kontrolnú hodnotu s ohľadom na priebeh funkcií vypočítame podľa funkcie tangens vtedy, ak

$$|\Delta y_{12}| < |\Delta x_{12}| \text{ a } |\Delta x_{12} + \Delta y_{12}| < |\Delta x_{12} - \Delta y_{12}|$$

a podľa funkcie cotangens, ak

$$|\Delta y_{12}| > |\Delta x_{12}| \text{ a } |\Delta x_{12} + \Delta y_{12}| > |\Delta x_{12} - \Delta y_{12}|.$$

Dĺžku strany s_{12} podľa obr. 6.9 vypočítame z rovnice:

$$s_{12} = \frac{\Delta y_{12}}{\sin \sigma_{12}} = \frac{\Delta x_{12}}{\cos \sigma_{12}}.$$

Obidva výsledky dĺžky strany nie sú rovnako presné. Do ďalšieho výpočtu vyberieme dĺžku, vypočítanú z väčšieho súradnicového rozdielu (Lalandovo pravidlo). Dĺžke vypočítanej z menšieho súradnicového rozdielu sa pripisuje kontrolný význam. Najsprávnejšiu dĺžku vypočítame Pytagorovou vetou:

$$s_{12} = \sqrt{\Delta y_{12}^2 + \Delta x_{12}^2}.$$

Poznámky:

1. Smerník nemôžeme priamo vypočítať na kalkulačke podľa funkcie

$$\sigma_{12} = \operatorname{arccotg} \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1},$$

pretože kalkulačky nemajú štandardnú funkciu $\operatorname{arccotg}$. Vtedy vypočítame uhol

$$\tau = \operatorname{arctg} \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1},$$

ktorý je s uhlom φ vo vzťahu:

$$\varphi = 100^\circ - \tau.$$

2. Pri výpočte smerníka programovým výpočtom alebo kalkulačkami, má uhol φ v II. a IV. kvadrante záporné znamienko. Vtedy je smerník algebraickými súčtom $\varphi + 200^\circ$, resp. $\varphi + 400^\circ$.

Pri výpočte smerníka a dĺžky strany uvedieme ako ukážku výpočet vo formulári.

VÝPOČET SMERNÍKOV, STRÁN A SMEROVÝCH SÚČINITEĽOV

B	Y_B	X_B	$X_B + Y_B$	$X_B - Y_B$	$tg \varphi = \frac{\Delta Y_{BA}}{\Delta X_{BA}}$	$tg \psi = \frac{ p }{ q }$
A	Y_A	X_A	$X_A + Y_A$	$X_A - Y_A$	$cotg \varphi = \frac{\Delta X_{BA}}{\Delta Y_{BA}}$	$cotg \psi = \frac{ q }{ p }$
$\Delta Y \Delta X$	$\Delta Y_{BA} = Y_B - Y_A$	$\Delta X_{BA} = X_B - X_A$	$p = \Delta X_{BA} + \Delta Y_{BA}$	$q = \Delta X_{BA} - \Delta Y_{BA}$	φ	ψ
$+ + = \varphi$	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$	$a = \rho \frac{\sin \varphi}{s}$	$b = \rho \frac{\cos \varphi}{s}$		
$+ - = 2R - \varphi$						
$- - = 2R + \varphi$	$s = \frac{\Delta Y_{BA}}{\sin \varphi}$	$s = \frac{\Delta X_{BA}}{\cos \varphi}$	$s = \sqrt{\Delta Y_{BA}^2 + \Delta X_{BA}^2}$	kontr.: $a = b \cdot tg \varphi$ $b = a \cdot cotg \varphi$	σ_{AB}	kontrola: $\sigma_{AB} + R/2$
$- + = 4R - \varphi$						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
121	421 746,58	1170 974,32	1 592 720,90	749 227,74		0,194 741
123	422 566,71	1170 421,55	1 592 988,26	747 854,84	- 0,674 003	
Predpísal:	- 820,13	+ 552,77	- 267,36	+ 1 372,90		
P.F.	- 0.829 232	0,558 904			62 24 44	12 24 44
Vypočítal:						
M.R.	989,023	989,025			337 75 56	387 75 56

Ďalej je uvedený výpis zdrojového programu VÝPOČET SMERNÍKA A DĹŽKY STRANY v jazyku HFORTAN.

C

C – PODPROGRAM SMERNIK(VYPOCET SMERNIKA A DLZKY STRANY)

C

SUBROUTINE SMERNIK(DY,DX, SIGMA,S)

DOUBLE PRECISION FI,RADIAN,DY,DX,SIGMA,S

NCR=1

NLP=3

RADIAN=200./3.1415927

FI=DATAN(DY+1.D-6)/(DX+1.D-6)*RADIAN

IF(FI.LT.0.)GO TO 20

IF(DY.LT.0.) GO TO 10

SIGMA=FI

GO TO 40

10 SIGMA=FI+200.

GO TO 40

20 IF(DY.GT.0.)GO TO 30

SIGMA=400.+FI

GO TO 40

30 SIGMA=200.+FI

40 CONTINUE

S=DSQRT(DY*DY+DX*DX)

RETURN

END

Kde $DY = Y_2 - Y_1$, $DX = X_2 - X_1$, $RADIAN = 200/\pi$.

Výpočet smerníka môžeme v programovom výpočte zapísať ako jednoriadkovú funkciu:

$$\text{SIGMA} = \text{DATAN} ((\text{DY} + 1.\text{D}^{-6})/(\text{DX}+1.\text{D}^{-6}))*\text{RADIAN}+(-0.5*\text{DSIGN}(1,\text{DY})-0.5*\text{DSIGN}(1,\text{DY})*\text{DSIGN}(1,\text{DX})+1)*200$$

Pre funkcie DSIGN platí: DSIGN(1,DY) = 1, DSIGN(1,-DY) = -1. Výrazy v zátvorkách s funkciou DSIGN majú v jednotlivých kvadrantoch hodnoty:

- | | | |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------|
| I. kvadrant | $(-0,5 \ -0,5 \ +1).200 = 0$ | $\sigma = \varphi$, |
| II. kvadrant | $(-0,5 \ +0,5 \ +1).200 = 1.200$ | $\sigma = -\varphi + 200$, |
| III. kvadrant | $(+0,5 \ -0,5 \ +1).200 = 1.200$ | $\sigma = \varphi + 200$, |
| IV. kvadrant | $(+0,5 \ +0,5 \ +1).200 = 2.200$ | $\sigma = -\varphi + 400$. |

6.2.2 Výpočet súradníc nového bodu (rajóna)

Dané sú súradnice bodu $P_1 (y_1, x_1)$ smerník σ_{12} a dĺžka strany s_{12} . Podľa obr. 6.9 hľadané súradnice bodu $P_2 (y_2, x_2)$ vypočítame zo vzťahu:

$$y_2 = y_1 + \Delta y_{12}, \quad x_2 = x_1 + \Delta x_{12},$$

keď

$$\Delta y_{12} = s_{12} \sin \sigma_{12}, \quad \Delta x_{12} = s_{12} \cos \sigma_{12}.$$

Znamienka súradnicových rozdielov Δy_{12} , Δx_{12} sa riadia podľa kvadrantu, v ktorom sa nachádza smerník σ_{12} .

6.3 TRIGONOMETRICKÉ METÓDY URČOVANIA POLOHY BODOV

Trigonometrické metódy sú charakteristické výpočtami v trojuholníku, resp. skupine trojuholníkov. Odmeraním nadbytočných prvkov (všetkých uhlov, dĺžok a jedného uhla atď.) aplikovaním metód vyrovnávacieho počtu získavame vyrovnané súradnice novourčovaných bodov. Medzi základné trigonometrické metódy určovania polohy bodov patrí pretínanie napred uhlami a dĺžkami a pretínanie nazad. Všetky výpočty sú organizované tak, že ortogonálne súradnice daných