

9.2 METÓDY MERANIA POLOHOPISU A VÝŠKOPISU

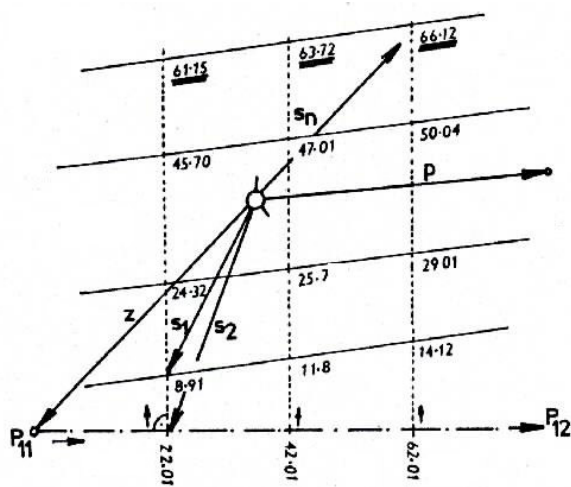
Polohopis a výškopis môžeme merať v oddelených technologických postupoch merania, alebo naraz jedným meraním, ktoré má mnoho obmien a variantov. S meraním polohopisu sme sa už oboznámili v predchádzajúcich kapitolách. Meranie výškopisu terénu má svoje osobitné zákonitosti, ktorými sa zaoberá odbor geodézie **topografia**. Výškopisné útvary sa nedajú exaktne zobraziť ako napr. polohopisný geometrický útvar (štvorec, rovnobežky a pod.), ale dá sa zobraziť pomocou množiny efektívne zvolených bodov výškopisu. V závislosti na mierke mapy a členitosti terénu, môžeme len charakterizovať ten-ktorý terénny útvar. Počet podrobných bodov výškopisu volíme s ohľadom na morfológiu terénu, predpokladanú hustotu vrstevníc, presnosť ich zobrazenia a mierku mapy a podľa toho, či výškopis bude konštruovaný programom na PC alebo manuálne. Čím bude terén členitejší a čím budú vyššie požiadavky na presnosť výškopisu, tým bude potrebná aj väčšia hustota podrobných výškopisných bodov, ako aj dômyselnejšia ich voľba.

Na podrobné meranie polohopisu a výškopisu používame niekoľko metód a ich obmien. Volíme ich podľa členitosti terénu, jeho prehľadnosti a mierky, v ktorej má byť vyhotovená mapa. Z najdôležitejších metód si uvedieme: plošnú niveláciu a tachymetriu.

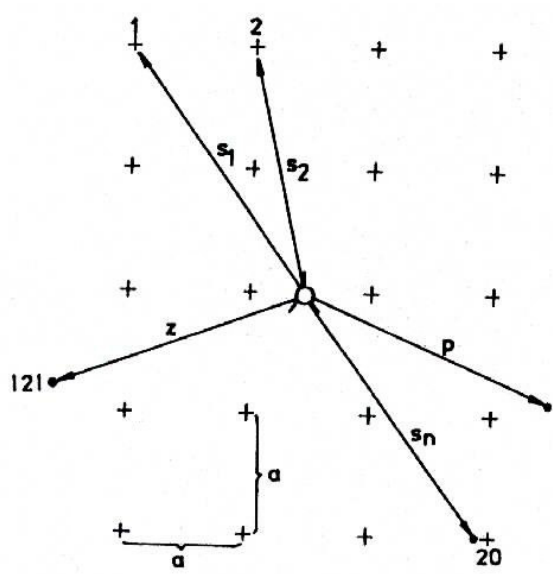
9.2.1 Plošná nivelácia

Plošná nivelácia sa používa na určenie výškopisnej zložky mapy, alebo výšok množiny bodov v rovinnom území, keď je známa poloha bodov (doplňovanie polohopisu výškopisom), alebo sa určila iným spôsobom (štvorcovou sieťou, profilmi a pod.). Vhodne sa aplikuje pri zameriavaní úprav rovinných plôch inžinierskych stavieb s malým počtom vertikálnych prekážok (budovy, krovie a pod.).

Najjednoduchšie využitie plošnej nivelácie je pri doplnení polohopisu mapy o výškopis. Polohovým podkladom môže byť tiež fotoplán. Vtedy identifikujeme v prírode a na mape (fotopláne) sieť bodov, ktorú výškovo určíme nivelačným prístrojom alebo teodolitom (pri meraní s vodorovnou zámerou). Výšky bodov určíme z vhodne stabilizovaného a odmeraného výškového bodového poľa. Vypočítané výšky identifikovaných bodov sa vpíšu do polohopisu mapy, čím dostaneme kótovanú mapu. Na podklade kót, v prípade potreby, vykonštruujeme vrstevnice podľa zásad, ktoré si podrobnejšie uvedieme pri tachymetrii (kap. 9.42).



Obr. 9.18. Plošná nivelácia s polohovým



Obr. 9.19. Plošná nivelácia štvoruholníkovej

Výškové meranie plošnou niveláciou môžeme vykonať aj profilovaním územia. Profily rozmiestnime tak, aby sme pomocou nich čo najlepšie vystihli terén. Polohu profilov situačne vyjadríme vo vzťahu k polygónovej sieti zastaničením priesečníkov s polygónovými stranami. Na obr. 9.18 sú vedené profily kolmo k polygónovej strane. Pri terénnych prácach súčasne s meraním prevýšenia určujeme staničenia podrobných bodov.

Pri projektoch menšieho rozsahu v rovinnom území znázorňujeme výšky a celý topografický tvar terénu tiež pomocou štvoruholníkovej siete. V teréne rozložíme sieť priamok v pravidelných odstupoch v dvoch na seba kolmých smeroch. Priesečníky priamok zastabilizujeme kolíkmi, čím dostaneme pravidelnú sieť bodov, ktorú ľahko polohopisne prenesieme do mapy. Na celej ploche výšky jednotlivých kolíkov určíme niveláciou (obr. 9.19). Niveláčne meranie pripojíme buď na najbližší bod ŠNS, alebo na zvolenú zrovnávaciu rovinu.

Niekedy rozmiestnená sieť podľa tvaru projektovaného diela tvorí aj geometrický základ na vytýčenie stavby.

Technológiu merania plošnou niveláciou a výpočet výšok podrobných bodov si bližšie nepopisujeme z dôvodov, že je totožná s meraním geometrickou niveláciou. Zámery stranou účelne vkladáme medzi zámery nazad a napred. Maximálne dĺžky zámier volíme podľa zväčšenia ďalekohľadu použitého nivelačného prístroja a vyžadovanej presnosti výsledkov merania.

9.2.2 Tachymetria

Na súčasné polohové a výškové určovanie bodov metódou polárnych súradníc používame prevzatý názov tachymetria, ktorý v preklade znamená rýchle meranie. Na tachymetrické meranie môžeme v podstate použiť každý univerzálny teodolit, t.j. teodolit vybavený diaľkomernými ryskami (Reichenbachov diaľkomer). Okrem týchto prístrojov existujú ďalšie prístroje – optické a elektronické diaľkomery, ktoré sa výhodne zapájajú do tachymetrického merania. Podľa druhu použitého diaľkomera pomenovávame aj tachymetriu:

- tachymetria univerzálnym teodolitom (napr. Zeiss THEO 020 A, Meopta T₁^c, Wild T1 atď.) sa nazýva **nitková** alebo **inžinierska tachymetria**,
- pri použití diagramového diaľkomeru (napr. Zeiss DAHLTA 010 A, MOM Ta-D41 atď.) je to **diagramová tachymetria**,
- názov **presná tachymetria** je určený na tachymetrické meranie dvojobrazovými autoredukčnými diaľkomermi (napr. Zeiss Redta 002 atď.),
- z ďalších druhov diaľkomerov do tachymetrických prác môžeme účelne zapojiť telemetre (Zeiss BRT 006) a hlavne elektronické teodolity, z ktorých napr. prístroj Elta 4 sa už svojím názvom elektronický tachymeter prezentuje ako prístroj na tachymetrické meranie.

Princípy merania a obsluhy jednotlivých diaľkomerov sú uvedené v príslušných odsekoch 5. kapitoly, z ktorých podľa potreby vyberieme odvodené výsledné vzťahy.

9.2.2.1 Terénne práce v tachymetrii

Tachymetrické stanoviská predstavujú body základného a podrobného polohového bodového poľa, ktoré boli vybudovali podľa Inštrukcie NP-2703/1993. Prístroj na stanovisku scentrujeme a zhorizontujeme a odmeriame výšku prístroja h_p nad bodom. Podľa druhu použitého prístroja (diaľkomera) pre každý tachymetrický určený bod meriame prvky:

1. vodorovný uhol α , ktorý určuje polohu tachymetricky odmeraného bodu od východiskového smeru určeného bodom polohového bodového poľa,
2. vzdialenosť po odmeraní bod s , ktorú určíme prostredníctvom latového úseku,
3. výškový uhol β (zenitový uhol z), alebo prevýšenie h ,
4. výšku cieľa predstavuje čítanie na strednej $l_s (= h_c)$ alebo základnej ryske.

Postup merania nitkovou tachymetriou

Pri zameraní nového bodu čítame údaje na diaľkomerných ryskách l_d, l_n a na strednej ryske (l_s) (obr. 9.20) a obidva uhly (vodorovný a výškový uhol). Z týchto veličín vypočítame vodorovnú vzdialenosť a prevýšenie:

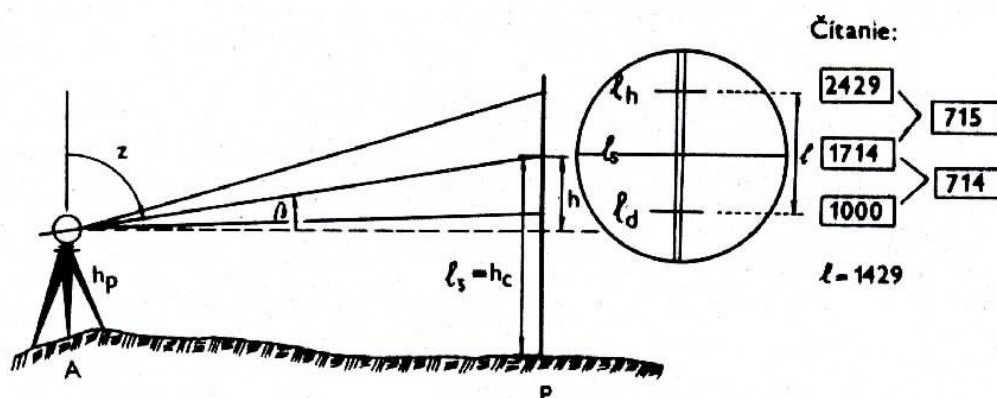
$$s = K l \cos^2 \beta ; \quad h = \frac{1}{2} K l \sin 2\beta , \quad \text{resp.}$$

$$s = K l \sin^2 z ; \quad h = \frac{1}{2} K l \sin 2z , \quad (9.10)$$

kde $l = l_h - l_d$ a výšku bodu P :

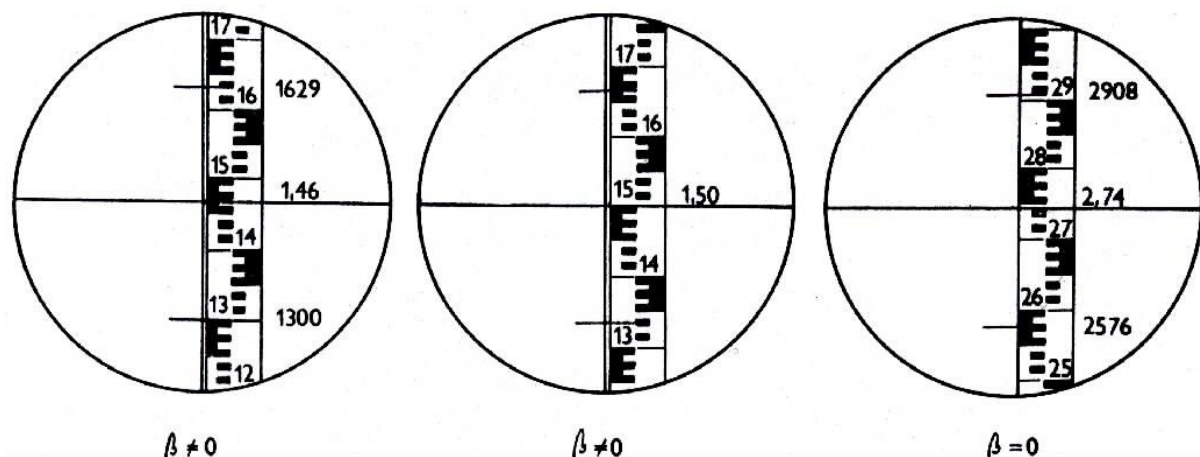
$$H_P = H_A + h_p \pm h - l_s . \quad (9.11)$$

Znamienko prevýšenia h je súhlasné so znamienkom uhla, resp. riadi sa veľkosťou zenitového uhla.



Obr. 9.20. Nitková tachymetria

V snahe zjednodušiť a urýchliť meračský výkon v teréne a tiež aj výpočty tachymetrického zapisníka, používame rôzne postupy pri vyčíslení rovníc (9.10). Uvedieme si ich po rozdelení tachymetrického výkonu na úkon diaľkomerný a výškomerný.



a/

b/

c/

Obr. 9.21. Spôsoby čítania latového úseku

a/ nastavenie l_d na celý decimeter, b/ nastavenie l_s na celý decimeter,
c/ meranie s vodorovnou zámerou

1. Zacielieme dolnou ryskou na celý meter (decimeter) a čítame údaje dolnej, strednej a hornej rysky. Na kruhoch čítame vodorovný a zenitový uhol (obr. 9.21a, body 520 a 521 v tachymetrickom zápisníku).

Tab. č.: 6 **Tachymetrický zápisník** Str.: 21

Stanovisko :		Uhol				Úsek laty l	Čítanie na obrazce laty	Výšky :				Výška bodu
521		vodorovný		zvislý		cm	dolné	1 46 = V_p prístroje				V = $V_R + (h - v_z)$; ak je $v_z = v_p$, V = $V_r + h$
Tachymetrický bod								421 59 = V_s stanoviska				
číslo	popis			výškový g		Vodorovná vzdialenosť D	stredné v_z	[] = V_R = rov. zrov.				
		g	c	g	c	m	cm	±	m	±	m	m
				116	21	117 18	100 10	-	1 60			
520		0	00	-16	21	110 13	217 18	-	28 72	-	30 32	392 73
				91	60	142 19	100 10	-	1 71			
522		211	68	+8	40	140 14	242 19	+	18 64	+	16 33	439 78
				90	12	112 15		-	1 60			
x1		112	94	+9	88	109 18		+	17 18	+	15 58	438 63
				100	00		169 12	-	2 11			
x2		98	71	0	00	84 13	253 15			-	2 11	420 94
				92	91	150 14	100 10	-	1 75			
x3		112	14	+7	09	148 15		+	16 61	+	14 86	437 91
								-				
								-				
520		0	02					-				
								-				
Prístroj		DAHLTA 010 A										
St	521								$H_s = 421.59$			
									$h_p = 1.40$			
520		0	00			110 13				28 92		392 67
								-				
x1		215	68			141 6				+	15 62	437 21
								-				
520		0	01									

2. Zacielieme dolnou ryskou na celý meter (decimeter) a čítame latový úsek, ktorý po pre násobení konštantou $K = 100$ zapíšeme do zápisníka ako odmeranú vzdialenosť (obr. 9.21a, bod x1 v tachymetrickom zápisníku). Pohybom výškového kruhu premiestnime strednú rysku na najbližší celý decimeter a čítame l_s a obidva uhly (ω a z) (obr. 9.21a).

3. V prípadoch, keď nám to dovoľí rozsah laty, meriame s vodorovnou zámerou. Na výškovom kruhu nastavíme $\beta = 0^\circ$ ($z = 100^\circ$), na ryskách čítame údaje l_d , l_s a l_h a vodorovný uhol (obr. 9.21c), bod x2 v tachymetrickom zápisníku). V prípade, že prístroj má nivelačnú libelu, využijeme ju pri meraní s vodorovnou zámerou.

4. Ak nie je možné čítať údaje l_d alebo l_h na určenie dĺžky (meranie v priestoroch s vegetačným krytom a pod.), do merania dĺžky zapojíme strednú rysku a násobnú konštantu $K = 200$ (bod x3 v tachymetrickom zápisníku).

V naznačených postupoch merania sme si všimli, že vodorovné a výškové uhly meriame v jednej polohe ďalekohľadu. Preto pred tachymetrickým meraním si overujeme veľkosť kolimačnej a hlavne indexovej chyby prístroja. Ak indexová chyba prístroja $|i| > 1' (3^\circ)$, vykonáme jej rektifikáciu, alebo ju zohľadníme pri odmeraných výškových uhloch. V priebehu merania (podľa potreby pred každým čítaním výškového uhla) kontrolujeme urovnanie indexovej libely. Správnosť odmeranej osnove smerov na podrobné body overujeme kontrolnou zámerou na východiskový smer. Čítanú hodnotu zaznamenávame do tachymetrického zápisníka. Ak rozdiel medzi čítanými hodnotami je väčší ako $2' (6^\circ)$, považujeme meranie za zaťažené hrubou chybou a je potrebné ho zopakovať. Preto v priebehu merania niekoľkokrát kontrolujeme orientáciu osnove smerov.

Postup merania diagramovou tachymetriou

Výsledkami merania diagramovou tachymetriou sú vodorovná dĺžka s , prevýšenie h a vodorovný uhol. Ako sme si ukázali v kap. 5.212, k diagramovým tachymetrom sa dodávajú špeciálne laty, ktoré majú značku približne v úrovni, do ktorej sa stavia prístroj. U prístroja Zeiss DAHLTA je značka vo výške $l_d = 1,40$ m. Ak $h_p = l_d$, potom výšku bodu P určíme podľa rovnice:

$$H_p = H_A \pm h. \quad (9.12)$$

Meranie s $h_p = l_d$ nie je podmienkou a ani sa nedá vždy dodržať. V tachymetrickom zápisníku je ukážka zápisu odmeraných hodnôt prístrojom DAHLTA.

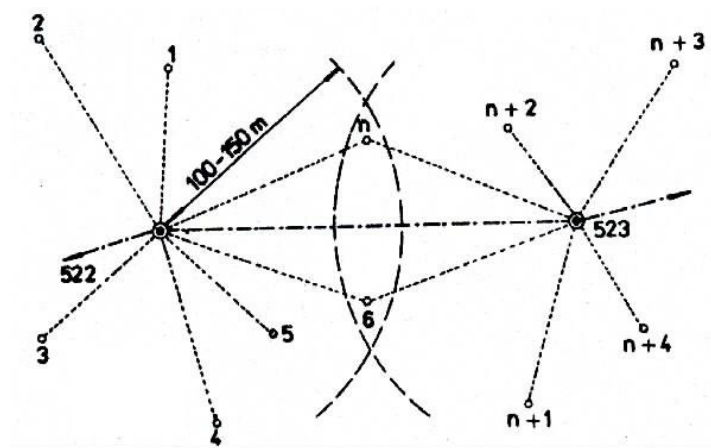
Postup merania presnou tachymetriou

Ako sme si už uviedli, názov presná tachymetria patrí technológii merania s dvojobrazovými diaľkomermi. Výsledkami merania podľa použitého diaľkomeru je vodorovná alebo šikmá dĺžka a výškový uhol.

Výšku bodu P vypočítame podľa rovnice:

$$H_p = H_A + h_p + s \cot gz - h_c. \quad (9.13)$$

U prístroja Zeiss Redta 002 vyčísľovanie rovnice (9.13) uľahčuje priame čítanie hodnoty funkcie cotangens na stupnici vertikálneho kruhu, ako aj cielenie na výšku prístroja ($h_p = h_c$).



Dĺžky zámier pri tachymetrickom meraní sa riadia druhom použitého prístroja. Pri podrobnom mapovaní vo veľkých mierkach dĺžky zámier by nemali presiahnuť hodnoty 100 až 150 m (obr. 9.22), pri použití ET 300 m. Podrobné body čísľujeme priebežne číslicami od 1 do 999. Po dosiahnutí čísla 1 000 v čísľovaní pokračujeme od jednotky.

Obr. 9.22. Čísľovanie podrobných bodov

Meranie elektronickými teodolitmi

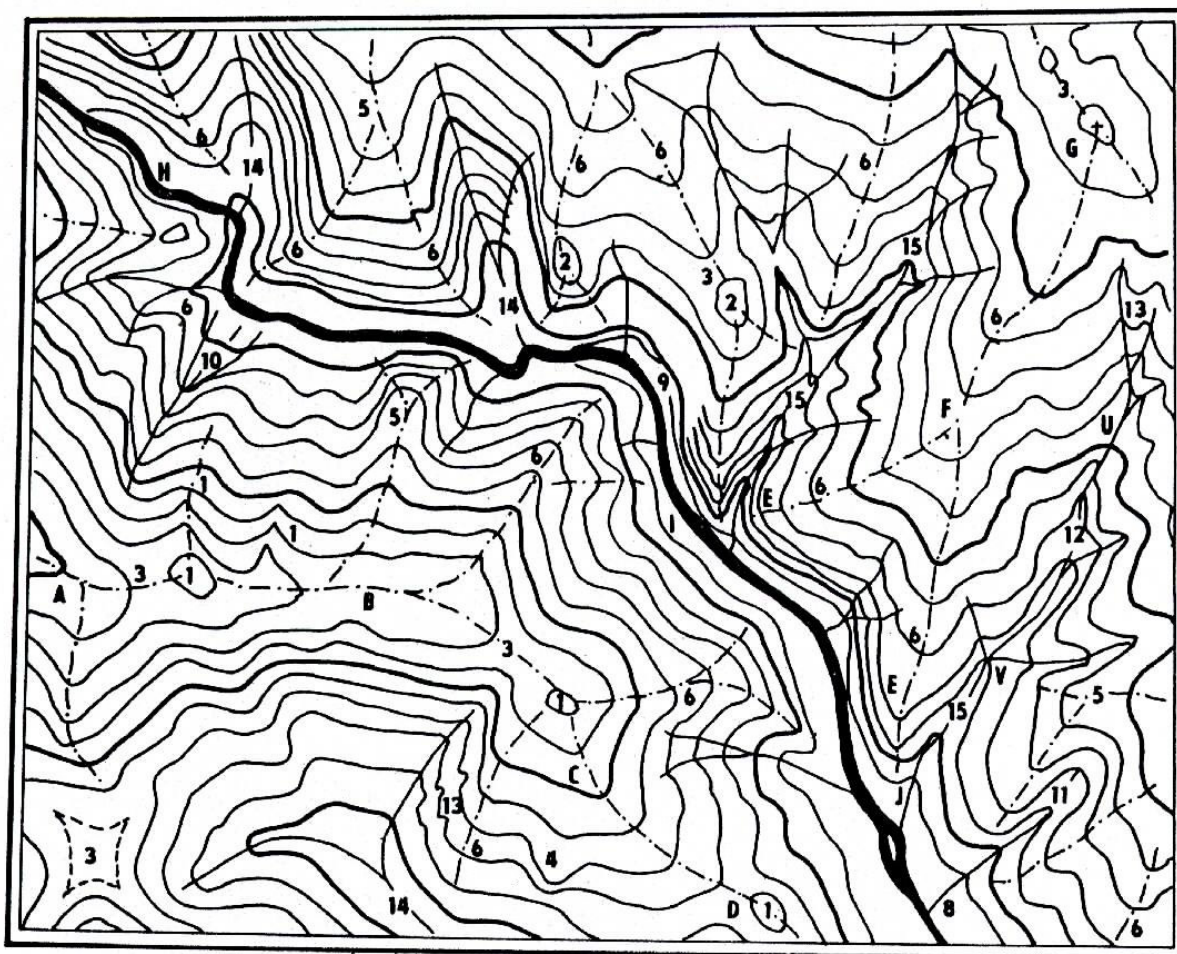
Elektronické teodolity sú vybavené aplikačnými meracími programami s možnosťou voľby výslednej formy odmeraných údajov. Napr. TPS – System 1 000 Leica má možnosť pretvoriť odmerané údaje na priestorové súradnice x , y , H . Za týmto účelom je potrebné pred meraním uložiť do pamäti teodolitu súradnice bodového poľa z priestoru tachymetrického merania.

9.2.2.2 Voľba podrobných bodov

Body v teréne volí vedúci technik. Umiestňuje ich na objektoch, ktoré sú zahŕňané do polohopisu a na charakteristických miestach terénneho reliéfu.

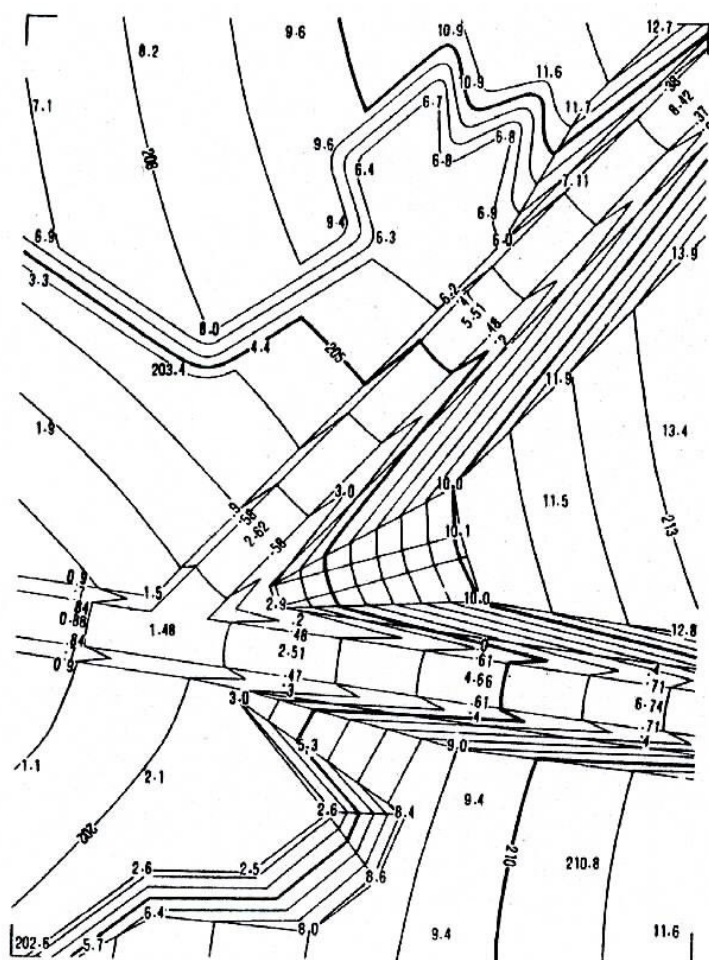
Pri metódach polohopisného merania sme podrobne vyznačili predmety merania polohopisu. Na plošné objekty rozmiestňujeme podrobné body tak, aby sme podľa ich zamerania mohli rekonštruovať geometrický tvar objektu. Napr. budovu zameriame minimálne tromi bodmi. Objekty, ktoré svojou veľkosťou sú nezobraziteľné v mierke mapy a vyznačujú sa konvenčnou značkou, zameriame jedným bodom. Na líniových stavbách rozmiestňujeme body ako u profilov. Odstupy medzi bodovými radmi volíme tak, aby v mierke mapy boli od seba vo vzdialenosti 20 až 40 mm. Odmerané body sa bez vanášacej pomôcky (ručne) zakresľujú do meračského náčrtu a postupne sa zapájajú do situačnej kresby (kap. 9.11).

Na výškopisné znázornenie terénu vyšetrujeme kosť terénu vyjadrenú chrbáticami, údolnicami a hranami. Na kostre terénu potom volíme podrobné body, ktoré vhodne dopĺňujeme ďalšími bodmi. Chrbática je čiara spájajúca všetky najvyššie položené miesta terénneho útvaru (obr. 9.23). Údolnica je čiara spájajúca všetky najnižšie položené miesta vhlbeného terénneho útvaru. K údolnici z obidvoch



Obr. 9.23. Základné terénne útvary znázornené vrstevnicami a kostra terénu

A B C D	hlavný chrbát	1	kopa	9	príkre úpätie
E F G	vedľajší chrbát	2	svahová kopa	10	nánosový kužeľ
H J	hlavné údolie	3	sedlo	11	úžľabina
J V U	vedľajšie údolie	4	výčnelok	12	zráz
		5	odpočinok	13	strž
		6	svahový chrbát	14	údolie s rovným dnom
		7	rebro	15	údolný zárez
		8	pozvoľné úpätie		



strán smerujú spádnice. Typickými údolnicami sú vodné toky (obr. 9.23). Hrany sú čiary v teréne, ktoré vznikajú pri styku dvoch plôch. Môžu byť prirodzené (napr. zlomy terénu), alebo umelé (pri násypoch, výkopoch a pod., obr. 9.24). Keby sme si pri meraní nevšímali kostru terénu a zameriavali ľuvovoľne rozložené body, zobrazenie terénu by nebolo správne a nevystihlo by skutočný tvar terénu.

Na obr. 9.23 sú číslami 1 až 15 vyznačené základné terénne útvary, ktoré v zásade rozdeľujeme na útvary vyvýšené (vypuklé) a na útvary vhĺbené (vyduté). Na každom vyvýšenom útvare rozlišujeme hornú časť, čiže temeno, strednú časť úbočie (svah) a spodnú časť úpätie.

Jednotlivé terénne útvary sa v prirodzenom teréne vyskytujú v súvislých komplexoch ako výsledok geologických a fyzikálnych činiteľov na utváranie zemského povrchu. Zoskupenie útvarov nie je náhodné, jednotlivé terénne útvary navzájom súvisia podľa určitých pravidiel.

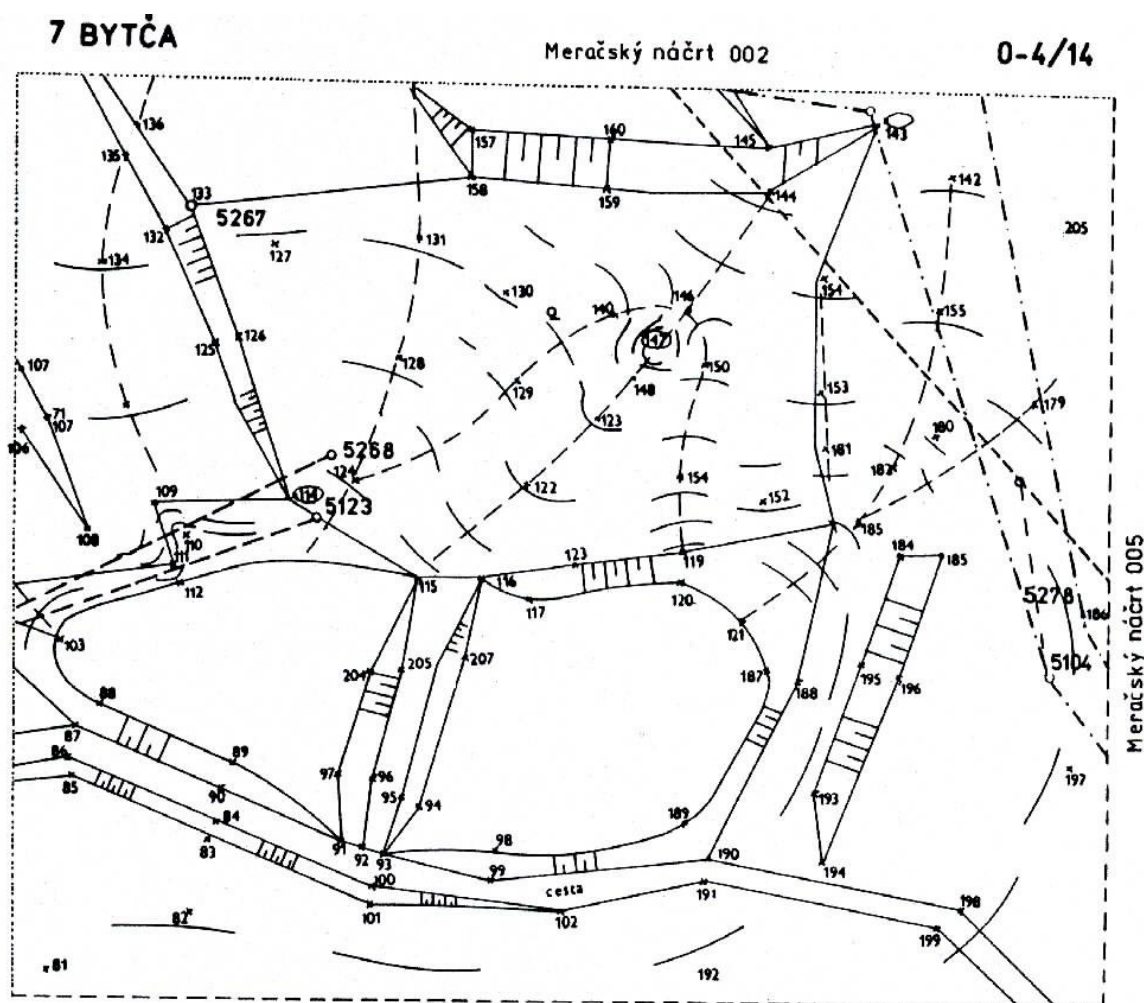
Obr. 9.24. Hrany terénu vytvorené zemnými prácami

Rovnako ako podrobné polohopisné body aj body určené na vyjadrenie výškopisu zakresľujeme do meračského náčrtu (obr. 9.25).

Pri meraní výškopisu do meračského náčrtu zaznamenávame čísla bodov a súčasne zakresľujeme kostru terénu. Spádnice a charakteristický priebeh vrstevníc vyjadrujeme tvarovými čiarami. Podľa záznamov v meračskom náčrte vykonávame neskôr konštrukciu polohopisu a riešenie výškopisu. Podrobný bod, ktorý volíme ako kótovaný bod, odmeriame na dvoch miestach laty a v meračskom náčrte ho označíme zakrúžkovaním čísla.

Hustota odmeraných podrobných bodov závisí na tvare terénu, mierke mapy a potrebnej presnosti znázornenia terénu. Pri softvérovom riešení vrstevníc sa vyžaduje väčšia hustota podrobných bodov najmä na vyvýšených a vhĺbených terénnych útvaroch. Orientačný počet podrobných bodov na 1 ha je uvedený v tab. 9.1:

Ú z e m i e	Mierka		
	1:500	1:1000	1:2000
veľmi členité, kopcovité	do 200	50	20
mierne členité, rovinné	20	10	5



Obr. 9.25. Meračský náčrt tachymetrického merania v mierke 1:1 000

9.2.2.3 Organizácia terénnych prác v tachymetrii

Najhospodárnejšie zloženie meračskej čaty je 1+1+3, t.j. vedúci technik – organizuje postup tachymetrického merania, volí podrobné body na polohopisných objektoch a na terennom reliéfe, a ich polohu zakresľuje do meračského náčrtu; technik meria prístrojom; jeden z pomocníkov zapisuje odmerané údaje do zápisníka a dvaja pomocníci podľa pokynov vedúceho signalizujú merané body zvislo postavenou latou. Pri meraní ET odmerané údaje registrujeme a optimálne zloženie meračskej čaty je 1+1+2.

Technik scentrjuje a zhorizontuje prístroj na bode vybudovaného podrobného polohového bodového poľa a na zvolený bod bodového poľa zorientuje osnovu meraných smerov nastavením nuly na vodorovnom kruhu. Keď sa orientačný smer signalizoval meračskou latou, technik si zvolí

ľubovoľný ostro zobrazený bod ako orientačný bod (OB), na ktorom v priebehu merania námatkovo kontroluje orientáciu osnovy smerov.

Odmerané veličiny sa postupne zapisujú do tachymetrického zápisníka. U nitkovej tachymetrie je vhodný postup merania: číta sa meraná dĺžka a údaj laty na strednej ryske, potom technik pri prístroji dá znamenie o ukončení merania podrobného bodu a číta vodorovný a výškový uhol, pri ktorom kontroluje urovanie indexovej libely. V priebehu merania na jednej lati, sa pomocník s druhou latou premiestňuje podľa pokynov vedúceho technika na ďalší podrobný bod. V prípadoch, keď obaja pomocníci sú pripravení na meranie, smerom k prístroju je otočená len tá lata, na ktorú má nasledovať meranie.

Postavenie lát predstavujúce podrobné body volí vedúci technik priebežne pre polohopisné a výškopisné body. Zaznamenáva ich ručne do meračského náčrtu a označuje rovnakým číslom, ktoré sa prideluje bodu v tachymetrickom zápisníku. Vhodná je kontrola označenia meraných podrobných bodov, napr. u každého desiateho bodu zdvihnutím ruky a pod.

Zapisovateľ v priebehu merania kontroluje úplnosť meraných veličín a pripravuje tachymetrický zápisník na výpočet. Po skončení merania technik kontroluje orientáciu smerov, odmeraný kontrolný údaj sa zapisuje do zápisníka.

V prípadoch, keď sa merajú tzv. tachymetrické polygóny, u ktorých dĺžky polygónových strán a prevýšenia sa získavajú z odmeraných tachymetrických veličín medzi susednými polygónovými bodmi, doporučuje sa meračské laty podoprieť opornou tyčou. Pevnejšie postavenie laty zvyšuje presnosť čítania.

9.2.2.4 Výpočet tachymetrického zápisníka

Pri výpočte tachymetrického zápisníka vychádzame z daných výšok podrobného polohového bodového poľa a odmeraných veličín, ktoré sa menia podľa použitého druhu tachymetrie. Výpočet u diagramovej tachymetrie je najjednoduchší, pretože meriame vodorovné vzdialenosti a výšky bodov vyčíslime jednoduchou rovnicou (9.12). U dvojobrazovej autoredukčnej tachymetrie potrebujeme len prevýšenie $h = s \cotg z$ a zaradiť ho do rovnice (9.13). Pri elektronickej tachymetrii nie sú potrebné žiadne výpočty. Zápisník z terénneho merania predstavuje zoznam súradníc odmeraných bodov, ktoré spolu s meračským náčrtom sú podkladom na konštrukciu vektorovej mapy.

9.3 PRESNOSŤ PODROBNÉHO MERANIA

Presnosť výsledkov podrobného merania závisí od mnohých činiteľov, predovšetkým od použitej metódy merania a prístrojového vybavenia, od účelnej voľby podrobných bodov a ich hustoty, od svedomitosti s akou sme vykonali meračské a grafické práce. Posudzovanie presnosti merania vykonávame pomocou empirických stredných chýb, ktoré porovnávame s krajnými odchýlkami.

Presnosť polohopisu

Presnosť originálu základnej mapy posudzujeme podľa hodnoty krajnej odchýlky medzi priamo odmeranou vzdialenosťou dvoch ľubovoľných podrobných bodov a vzdialenosťou, odmeranou na origináli mapy.

Hodnoty krajných odchýlok		Tabuľka 9.2	
Trieda presnosti mapovania (mierka mapy)	Krajná odchýlka v [m] pre dĺžky		
	do 50 m	nad 50 m	

3. (1:1000)	0,45	0,55
4. (1:2000)	0,95	1,05
5. (1:5000)	2,00	2,30

Pri tachymetrickom meraní polohopisu najväčší vplyv na presnosť polohopisu má chyba v meraní dĺžok, pretože uhlovú presnosť teodolitu ani nie je možné využiť pri vynášaní podrobných bodov. Pri nitkovej tachymetrii je potrebné počítať s polohovou chybou, vyplývajúcou z pomernej dĺžkovej chyby m_s : $s = 1/250$ a u diagramovej tachymetrie $1/500$. Znamená to, že body vo vzdialenosti $s = 100$ od stanoviska prístroja sa určia s neistotou ± 20 až 40 cm. Pri strmých zámerách a nepriaznivých atmosferických podmienkach (silný vietor, vibrácia a pod.) polohová neistota môže dosiahnuť hodnotu až 1 m. Pri použití ET sa vyžaduje, aby výsledky meraní boli minimálne v 3. triede presnosti.

Presnosť výškopisu

Presnosť výškopisu hodnotíme podľa strednej chyby výšok podrobných bodov m_H , strednej chyby výškového rozdielu m_h a strednej polohovej chyby vrstveníc m_p . Presnosť výškopisu závisí od toho, či meriame s vodorovnou alebo sklonenou zámerou.

Pri vodorovnej zámere určíme výšky bodov s presnosťou ako u technickej nivelácie. S ohľadom na dlhšie záмеры stredná chyba výšok bude mať hodnotu 10 až 20 mm.

Pri sklonených zámerách sú výškové chyby väčšie a rastú úmerne so sklonom zámier β . Podrobné body výškopisu odmerané geodetickými metódami určujeme s presnosťou charakterizovanou strednou chybou výšky bodu m_H danou hodnotami (na nespevnenom povrchu):

Stredná chyba výšky bodu		Tabuľka 9.3
Mierka mapy		m_H
1:1000		0,12 m
1:2000		0,17
1:5000		

Strednú chybu výškového rozdielu vrstveníc najčastejšie vyjadrujeme v tvare Koppeho rovnice:

$$m_h = a + b \operatorname{tg} \alpha, \quad (9.14)$$

alebo v tvare Raabovej rovnice:

$$m_h = \sqrt{a^2 + (b \operatorname{tg} \alpha)^2}, \quad (9.15)$$

kde a , b sú konštanty pre určité územie, alebo mapové listy,

α je priemerný sklon príslušného územia.

Veličiny a , b sa určujú pre oblasť zobrazenú vrstevnicami empiricky, pričom veličina a predstavuje zložku chyby m_h pre vodorovné územie a veličina $b \operatorname{tg} \alpha$ zložku chyby m_h závislú od sklonu terénu.

Krajné odchýlky vo výške vrstvenice zobrazenej v tužke pri kontrolnom meraní sú uvedené v tab. 9.4.

Stredná polohová chyba vrstveníc m_p sa uvádza v tvare:

$$m_p = b + a \cot g \alpha. \quad (9.16)$$

Vznikla zo vzťahu (9.14) jeho prenasobením $\cot g \alpha$. Pozostáva z dvoch zložiek, prvá vyjadruje strednú polohovú chybu vrstvenice pre zvislý (veľmi strmý) terén (keď $\alpha = 100^\circ$ $\cot g \alpha = 0$) a druhá závisí od sklonu α .

Krajné odchýlky m_h vo výške vrstvenice		Tabuľka 9.4
Mierka mapy	Prehľadný terén	Terén s porastom

	[m]	
1:1000	$\sqrt{0,40^2 + (1,4 \operatorname{tg} \alpha)^2}$	$\sqrt{0,52^2 + (2,7 \operatorname{tg} \alpha)^2}$
1:2000	$\sqrt{0,50^2 + (2,4 \operatorname{tg} \alpha)^2}$	$\sqrt{0,66^2 + (4,5 \operatorname{tg} \alpha)^2}$
1:5000	$\sqrt{0,70^2 + (5,1 \operatorname{tg} \alpha)^2}$	$\sqrt{0,94^2 + (9,6 \operatorname{tg} \alpha)^2}$

Vyčíslenie rovnice pre príslušný uhol sklonu terénu α vykonáme podľa koeficienta a a b z tab. 9.4.