

7.3.7 Posudzovanie presnosti nivelačných prác

Zo samotných vypočítaných hodnôt jednotkovej kilometrovej strednej chyby m_0 a strednej kilometrovej chyby pre celý nivelačný polygón m_F nevieme ešte usúdiť, či sme splnili kritériá daného merania. Dozvieme sa to po ich porovnaní s príslušnými prípustnými (krajnými) odchýlkami. Pre všetky druhy nivelačných prác kritériá presnosti obojsmernej nivelácie (meranie v smere tam a späť) vymedzujú Smernice Slovenského úradu geodézie a kartografie.

Kritériá sa uvádzajú pre jednotlivé časti nivelačnej siete: nivelačný oddiel (dlhý R km), nivelačný úsek alebo polygón (dlhý L km) a triedia sa podľa rádu nivelačnej siete.

V základnom výškovom bodovom poli sú platné tieto kritériá pre:

a) nivelačný oddiel – rozdiel medzi nivelačným meraním v smere tam a späť nesmie prekročiť hodnoty uvedené v tab. 7.6.

Krajné odchýlky v nivelačnom oddieli

Tabuľka 7.6

Rád nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV. a plošné nivelačné siete
ρ_{max} [mm]	$1,50\sqrt{R}$	$2,25\sqrt{R}$	$3,00\sqrt{R}$	$5,00\sqrt{R}$

b) nivelačný úsek a nivelačný polygón (tab. 7.7).

Krajné odchýlky v nivelačnom úseku a nivelačnom polygóne dlhom do 50 km

Tabuľka 7.7

Rád nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV.
ρ_{max} [mm]	$1,50\sqrt[3]{L^2}$	$2,25\sqrt[3]{L^2}$	$3,00\sqrt[3]{L^2}$	$5,00\sqrt[3]{L^2}$

Pri prekročení krajných odchýlok v tab. 7.6 a 7.7 meranie v oddieli, úseku resp. nivelačnom polygóne sa opakuje.

Na posúdenie kvality merania v uzavretých nivelačných polygónoch, alebo vložených polygónoch platia pre uzávery nasledovné krajné odchýlky:

Krajné odchýlky v uzavretých a vložených nivelačných polygónoch

Tabuľka 7.8

Rád nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV.
ρ_{max} [mm]	$2,00\sqrt{F}$	$2,25\sqrt{F}$	$3,00\sqrt{F}$	$5,00\sqrt{F}$

kde F je dĺžka obvodu polygónu v kilometroch. Pri polygónoch vytvorených vloženým polygónom dĺžka obvodu sa skladá z dĺžky vloženého polygónu a dĺžky oddelenej časti obvodu pôvodného polygónu.

Krajné odchýlky pre strednú kilometrovú chybu m_0 obojsmernej nivelácie pre jednotlivé rády nivelačných sietí sú určené hodnotami uvedenými v tab. 7.9.

Stredná chyba celého nivelačného polygónu o dĺžke F kilometrov sa vypočíta podľa rovnice (7.59).

Krajné odchýlky pre strednú kilometrovú chybu m_0

Tabuľka 7.9

Rád nivelačnej siete	I.	II.	III.	IV.
$m_{0\ max}$ [mm]	$0,40 + \frac{0,71}{\sqrt{n_R}}$	$0,45 + \frac{0,80}{\sqrt{n_R}}$	$0,60 + \frac{1,06}{\sqrt{n_R}}$	$1,00 + \frac{1,77}{\sqrt{n_R}}$

kde n_R je počet oddielov.

Krajná odchýlka v prevýšení pri technickej nivelácii odmeranej v oboch smeroch, alebo v uzavretom okruhu odmeranom jednosmerne, nesmie prekročiť krajný uzáver $\rho_{\max} = 20\sqrt{R}$ v mm u bodov stabilizovaných technických nivelácii resp. $40\sqrt{R}$ u ostatných bodov, kde R je dĺžka obojsmernej nivelácie, alebo polovičná dĺžka jednosmernej nivelácie po okruhu v kilometroch. Vložený (votknutý) nivelačný polygón technickej nivelácie nemá byť dlhší ako 5 km, pri voľnom nivelačnom polygóne sa maximálna dĺžka znižuje na 3 km.

V súlade so Smernicami ÚGKK sa môžu zvýšiť požiadavky na presnosť technickej nivelácie. Podľa predpisu pre JŽM, krajná odchýlka pre obojsmernú niveláciu je $\rho_{\max} = 20\sqrt{R}$, keď $R_{\max} = 4$ km.

Výsledné normálne výšky sa uvádzajú v metroch a to v štátnej nivelačnej sieti I. až III. rádu na 4 desatinné miesta, v nivelačnej sieti IV. rádu a v podrobnej nivelačnej sieti na 3 desatinné miesta, pre stabilizované body TN na 2 desatinné miesta.

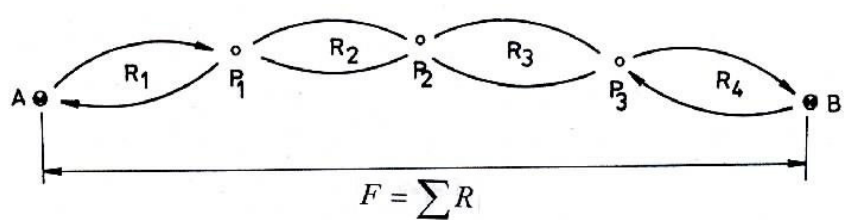
Presnosť meraní v ŠNS je charakterizovaná strednou kilometrovou chybou m_0 (7.57) a to pre I. rád $m_0 = 0,40$ mm/km, pre II. rád $m_0 = 0,41$ mm/km a pre III. rád $m_0 = 0,58$ mm/km. Pre celú nivelačnú sieť je $m_0 = 0,47$ mm/km,

7.3.8 Vyrovnanie nivelačných meraní

Pri vyrovnaní nivelačných meraní postupujeme podľa zásad “z veľkého do malého”, tj. najprv vyrovnáme nivelačnú sieť a až potom uskutočníme vyrovnanie podrobného merania v rámci jednotlivých nivelačných oddielov. Vyrovnanie plošne rozvinutej siete vykonáme napr. podľa zásad pozorovaní závislých. Postup vyrovňovania nájdeme v príslušnej odbornej literatúre. Na tomto mieste si ukážeme vo forme príkladov vyrovnanie vloženého a pripojeného nivelačného polygónu.

Vyrovnanie vloženého (votknutého) nivelačného polygónu. Medzi bodmi A a B sme merali prevýšenie v jednom smere po oddieloch, ktorých vzdialenosti boli R_i (obr. 7.52).

Vzhľadom na nevyhnutné chyby pri meraní najprv zistíme rozdiel medzi meraným prevýšením $\Delta H'_{AB} = \sum \Delta H$ a vypočítaným prevýšením ΔH_{AB} .



Obr. 7.52. Vyrovnanie vloženého nivelačného polygónu

Ak absolútna hodnota rozdielu $|\Delta H_{AB} - \Delta H'_{AB}| = |\rho| < \rho_{\max}$, rozdiel ρ vyrovnáme úmerne k dĺžkam R_i . Oprava pre i -tý oddiel sa vypočíta podľa vzorca:

$$v_i = \frac{\rho}{\sum R} R_i. \quad (7.60)$$

Za krajnú odchýlku ρ_{\max} použijeme hodnotu príslušnej krajnej odchýlky uvedenej v kap. 7.37, tab. 7.8.

Príklad 7.3:

Technickou niveláciou sme odmerali vložený nivelačný polygón medzi bodmi 2067 a 2068. Hodnoty odmeraných prevýšení v jednotlivých oddieloch sú uvedené spolu s vyrovnaním v tab. 7.10.

Vyrovnanie vloženého nivelačného polygónu

Tabuľka 7.10

Oddiel	Meraný výškový rozdiel $\Delta H'$	Dĺžka oddielu R_i	Opravy $v_i = \frac{\rho}{\sum R} R_i$	Vyrovnaný výškový rozdiel $\Delta H = \Delta H' + v$	Výšky bodov	Číslo bodu
	[m]	[km]	[mm]	[m]	[m]	
2067-1	+8,726	0,7	-5,3	+8,721	421,726	2067
1-2	-14,906	0,6	-4,6	-14,911	430,447	1
2-3	-7,221	0,8	-6,1	-7,227	415,536	2
3-4	+3,046	0,9	-6,9	+3,039	408,309	3
4-2068	+0,299	0,8	-6,1	+0,293	411,348	4
					411,641	2068
Σ	-10,056	3,8	-29,0	-10,085	-10,085	
$\rho = \Delta H - \Delta H' = -0,029 \text{ m}; \quad \rho_{\max} = 20\sqrt{3,8} = 0,039 \text{ m}; \quad \rho < \rho_{\max}; \quad \frac{\rho}{\sum R} = \frac{-29}{3,8} = -7,63 \text{ mm}$						

Vyrovnanie pripojeného nivelačného polygónu vykonáme tak, že k výške východiskového bodu budeme postupne pripočítavať priemery prevýšení z oboch smerov merania.

Príklad 7.4:

Technickou niveláciou sme odmerali pripojený nivelačný polygón, ktorého $F = \sum R = 2,7 \text{ km}$. Odmerané prevýšenie a príslušné výpočty sú v tab. 7.11.

Vyrovnanie v nivelačnom oddieli sme si uviedli v záujme ucelenia problematiky dotýkajúcej sa geometrickej nivelácie zo stredu na záver kapitoly 7.342. Vyrovnanie sa vykonáva priamo v nivelačnom zápisníku. Opravy k zámerám nazad zapisujeme červenou farbou.

Vyrovnanie pripojeného nivelačného polygónu

Tabuľka 7.11

Oddiel	Prevýšenie		Priemer	Výšky bodov	Číslo bodu
	$\Delta H'_I$	$\Delta H'_{II}$			
	[m]				
2068-5	+4,217	-4,211	+4,214	411,641	2068
5-6	-0,266	+0,268	-0,267	415,855	5
6-7	-8,259	+8,263	-8,261	415,588	6
7-8	-2,196	+2,201	-2,198	407,327	7
8-9	+1,741	-1,734	+1,738	405,129	8
				406,867	9
Σ	-4,763	+4,787	-4,774		
$\rho = -0,024 \text{ m} \quad \rho_{\max} = 20 \sqrt{2,7} = 0,033 \text{ m} \quad \rho < \rho_{\max}$					

7.3.9 Osobitné nivelačné práce

K osobitným nivelačným prácam zaraďujeme:

- určovanie prevýšenia cez vodné toky a prírodné prekážky,
- niveláciu profilov,
- plošnú niveláciu,
- hĺbkové meranie.

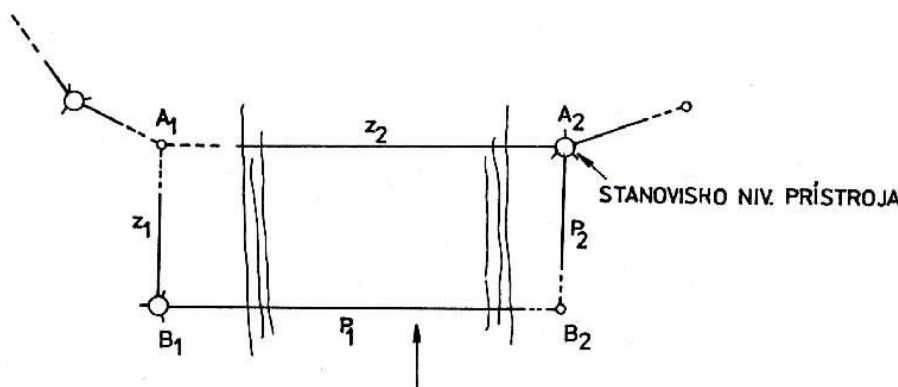
V tejto kapitole sa nebudeme zaoberať plošnou niveláciou, pretože ide o jednu z metód podrobného výškového merania, ktorú si vysvetlíme v kap. 9.21.

7.3.9.1 Meranie prevýšenia cez vodné toky a prírodné prekážky

Pri meraní prevýšenia cez vodné toky a prírodné prekážky aplikujeme geometrickú niveláciu s rozličnou dĺžkou zámier nazad a napred. Metódu merania musíme osobitne upraviť, pretože dlhšia zámiera je zaťažená systematickými chybami z refrakcie, zo zakrivenia Zeme a zo sklonu zámary, zapríčinených zvyškovými chybami z rektifikácie hlavnej osovej podmienky (ako u libelového, tak aj u kompenzátorového nivelačného prístroja). Na elimináciu týchto chýb, resp. zníženie ich účinku na najmenšiu mieru sú vypracované osobitné postupy merania a konštrukčné úpravy prístrojov (dvojité nivelačné prístroje). Spoločným znakom je súčasné určovanie prevýšenia cez vodný tok z oboch brehov pri symetricky umiestnených zámierach. Na obr. 7.53 je jeden z postupov určenia prevýšenia cez vodný tok.

Na oboch brehoch zvolíme takú polohu stabilizovaných bodov A_1 , B_1 a A_2 , B_2 a nivelačných prístrojov, aby dĺžky zámier p_1 , z_2 boli približne rovnaké.

Dĺžky zámier z_1 a p_2 určíme rovnaké v rozsahu 10 až 20 m. Čítania na lati zámier z_1 , p_1 , z_2 , p_2 sa vykonávajú v tesnom slede za sebou, najlepšie dvoma prístrojmi s prípadným niekoľkonásobným opakovaním merania. Pri dlhších zámierach p_1 a z_2 čítame na lati pomocou posuvného terča v miestach, kde zámerná os pretína latu.



Obr. 7.53. Meranie prevýšenia cez vodný tok

Prevýšenie $\Delta H_{A_1 B_2}$ určíme zo vzťahu:

$$\Delta H_{A_1 B_2} = \frac{(z_1 + \Delta_1) - (p_1 + \Delta_2) + (z_2 + \Delta_2) - (p_2 + \Delta_1)}{2} = \frac{z_1 - p_1 + z_2 - p_2}{2}, \quad (7.61)$$

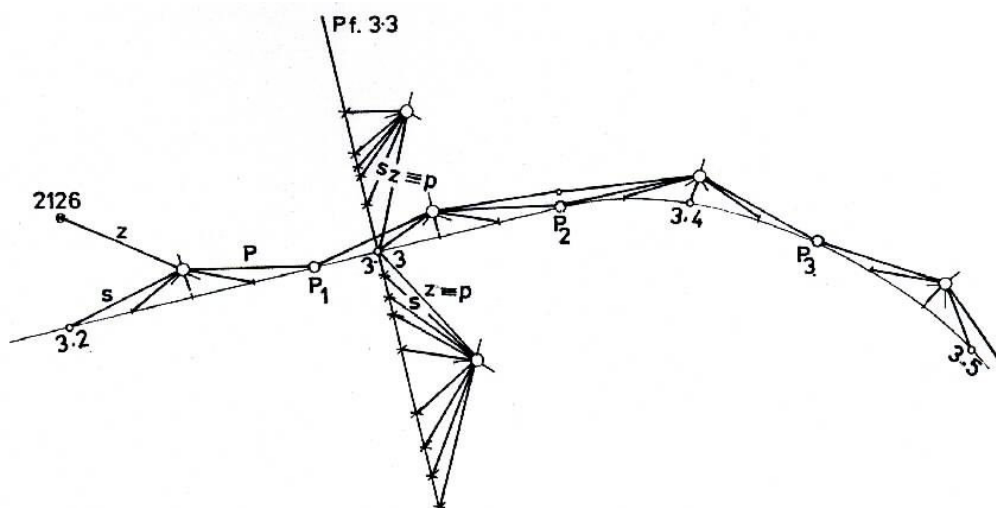
kde hodnoty Δ_1 a Δ_2 predstavujú spoločné účinky systematických chýb, ktoré vystupujú pri geometrickej nivelácii.

7.3.9.2 Nivelácia profilov

Pre účely projektovania líniových stavieb tvar terénu, resp. skutkový stav líniových stavieb môžeme účelne vyjadriť profilmi. Profile výškovo zameriavame niveláciou. Pri nižšej vyžadovanej presnosti sa používajú aj iné metódy merania (napr. tachymetria). Profil je rez zvislej roviny s terénom a zobrazuje tvar terénu resp. objektu pozdĺž určitej čiary. Podľa smeru vedenia profilov k osi líniovej stavby rozlišujeme: pozdĺžny profil a priečny profil.

Pozdĺžny profil zobrazuje zvislý rez terénom v osi projektovanej stavby. Postup merania pozdĺžneho profilu vyznačíme si pri meraní terénom a líniovou stavbou.

Meranie pozdĺžneho profilu terénom. Pozdĺžny profil stabilizujeme v priebehu jeho vytyčovania. Stabilizujeme body v hektometrových odstupoch a všetky tie body, v ktorých zameriavame priečne profile. Okrem toho stabilizujeme hlavné body oblúka (ZO, KO resp. ZP, ZO, KO, KP) a priesečníky osi so smerovými stavbami, prípadne iné dôležité miesta v smere trasy. Staničenie objektov sa uvádza v centimetroch, staničenie ostatných bodov v decimetroch. Smer osi sa vytyčuje teodolitom. Vzdialenosti priečných profilov sa volia v odstupoch 10 až 50 m (spravidla 20m). Ako stabilizačný materiál sa používame drevené kolíky, ktoré zarazíme do zeme tak, aby kolík vyčnieval len asi 1 až 2 cm nad úroveň terénu. Staničenie a druh zaznamenávame na tzv. popisovom kolíku.



Obr. 7.54. Meranie pozdĺžneho a priečného profilu terénom

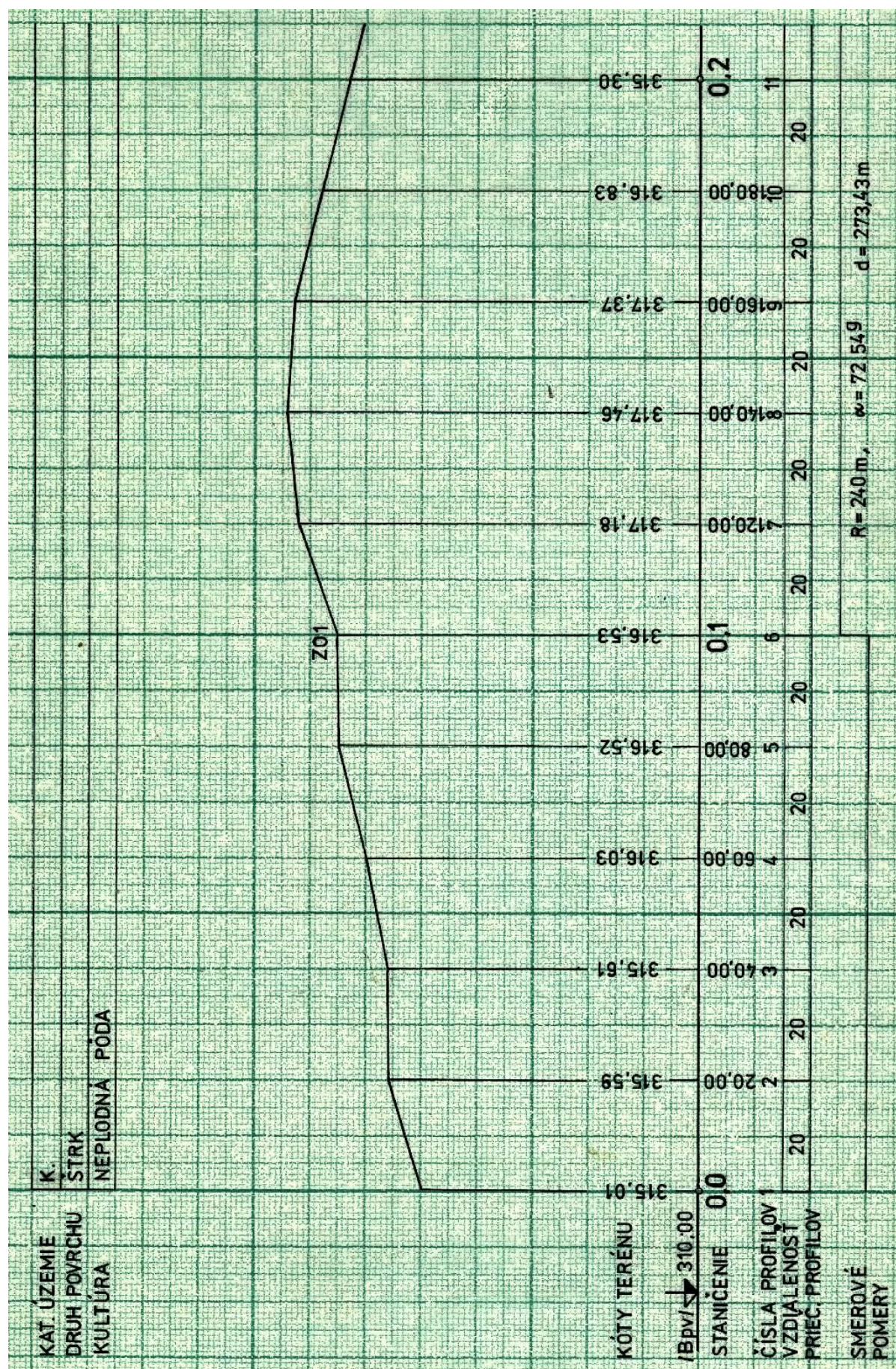
Niveláciu pozdĺžneho profilu uskutočňujeme zo stanovísk nivelačného polygónu vedeného pozdĺž profilu, ktorý na začiatku a konci pripájame na body výškového bodového poľa. Stanoviská nivelačného polygónu volíme mimo profil v miestach, z ktorých môžeme obsiahnuť dostatočne veľkú časť profilu (napr. 80 m). Zámery na prestavové body, ktorými sú zvyčajne stabilizované body profilu, meriame geometrickou niveláciou zo stredy, ostatné body zameriavame zámerami stranou (obr. 7.54).

Pri nivelácii pozdĺžneho profilu súčasne určujeme aj výšky tzv. stavebných výškových bodov na objektoch v tesnej blízkosti trasy (skrutka na stožiar VVN, roh priepustu, roh betónového múrika a pod.). Body sa farebne (červene) označia a očísľujú. V zápisníku sa označí druh bodu a jeho topografia.

Výšky kolíkov a stavebných výškových bodov sa merajú na milimetre a po výpočte sa zaokrúhľajú na centimetre. U kolíkov sa zisťuje tiež ich výška nad terénom. Niveláčny zápisník vypočítame až po vyrovnaní nivelačného polygónu, keď rozdiel medzi odmeraným a vypočítaným prevýšením v danom nivelačnom polygóne spĺňa podmienku $|\rho| < \rho_{max}$.

Pozdĺžny profil železnice meriame v smere staničenia na temeni ľavého neprevýšeného koľajnicového pásu. V prípade, keď je ľavý koľajnicový pás prevýšený, v meraní pokračujeme na

pravom koľajnicovom páse. Pri meraní pozdĺžneho profilu hlavné body oblúka spravidla nie je potrebné vytyčovať, ich polohu preberáme podľa zaistovacích značiek koľaje. Miesta merania pozdĺžneho profilu označujeme farebne na stojine koľajnicového pásu. Okrem nivelety temena



Obr. 7.55. Pozdĺžny profil terénom

koľajnicového pásu, sa pri meraní pozdĺžneho profilu zameriavajú staničením všetky prevádzkové a technické zariadenia, ktoré sú dôležité pre prevádzku železnice.

V pozdĺžnom profile zobrazenom na milimetrovom papieri sa vyznačí (obr. 7.55):

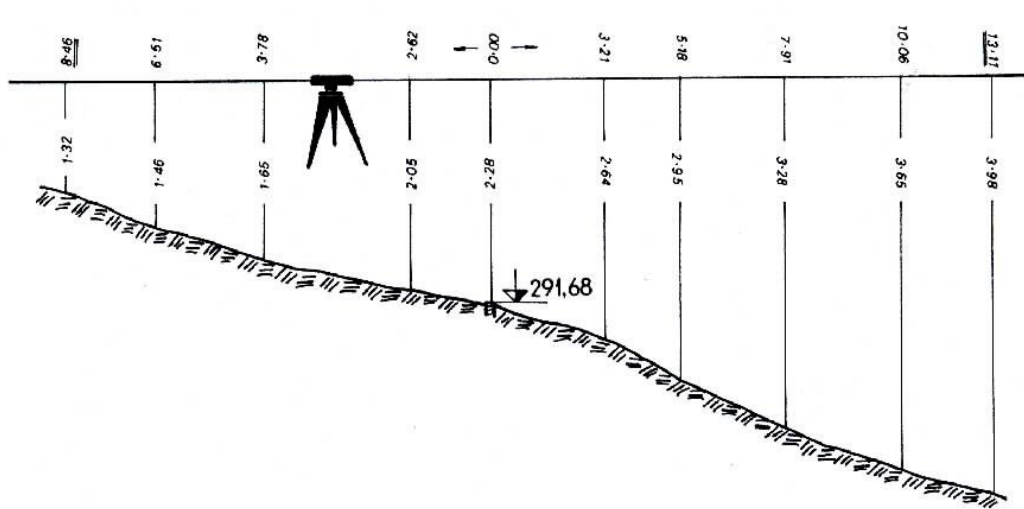
- a) zrovnávací rovina, značka kóty, výška zrovnávacej roviny a použitý výškový systém,
- b) nad zrovnávacou rovinou: územie obce, druh povrchu územia, kultúra pozemku,
- c) pod zrovnávacou rovinou: staničenie v km, vzdialenosti priečnych profilov, smerové pomery, povrch terénu,
- d) pomocné čiary výškových kót s vynechaním medzery pre vypísanie kót,
- e) špecifické údaje daného pozdĺžneho profilu.

Na pozdĺžnom profile železnice sú to smerové a výškové pomery železničného zvršku s číselnými údajmi o oblúkoch, údaje o traťovej rýchlosti, kilometrická poloha všetkých železničných objektov a stavieb, umiestnenie oznamovacích a zabezpečovacích zariadení na trati, všetky druhy križovatiek so železničným telesom, ochranné zariadenia atď. Výšky na pozdĺžnom profile sa zobrazujú v 10-násobne väčšej mierke ako staničenie (1:1000/100 resp. 1:2000/200).

Pozdĺžny profil cesty meriame v ose cesty. Osové body profilu a hlavné body oblúka stabilizujeme farebnými značkami, pri rekonštrukcii masívnymi železnými klincami. Technológia merania a spôsob zobrazenia pozdĺžneho profilu sú rovnaké ako u pozdĺžneho profilu železnice.

Priečny profil zobrazuje rez terénom vedený kolmo na os trasy. Meria sa v pravidelných vzdialenostiach po 10 až 50 m (podľa projektu), okrem toho aj v tzv. nulových bodoch, kde výkopy prechádzajú do násypov a v miestach, kde sa významne mení tvar priečného profilu. Jeho dĺžka je závislá od druhu stavby, volí sa podľa potreby v rozsahu 10 až 50 m na oboch stranách od osi pozdĺžneho profilu. Priečne profily vytyčujeme kolmo na os stavby. V priestoroch kružnicových oblúkov kolmo k dotyčnici. Smer krátkych priečných profilov v plochom teréne určujeme odhadom, u dlhších profilov vytyčujeme pentagónom.

Priečne profily meriame z vhodne zvoleného stanoviska nivelačného prístroja, z ktorého meračský obsiahne celý priečny profil, resp. i viac priečných profilov. Zámerou nazad na výškovo známy bod (napr. osový bod daného priečného profilu) určíme výšku horizontu prístroja. Priečne profily meriame postupne na oboch stranách od osového bodu stabilizovaného kolíkom. Pásmo napneme v smere priečného profilu, pozdĺž ktorého kladieme latu na charakteristické body terénu. Súčasne s určovaním zámery stranou čítame na pásme staničenie od osového bodu. Obe údaje zapisujeme do vhodného zápisníka, resp. náčrtu priečného profilu (obr. 7.56). Meranie zakončujeme zámerou napred na výškovo známom bode.



Obr. 7.56. Meranie priečného profilu

Pri väčších sklonoch terénu z jedného postavenia prístroja nemusíme obsiahnuť celý priečny profil. V takýchto prípadoch postupujeme ako pri meraní pozdĺžneho profilu, pomocou prestavových bodov sa postupne dostaneme až ku krajným bodom priečného profilu. Niveláčné meranie v takom prípade tiež zakončujeme na výškovo známom bode.

Priečne profile zobrazujeme na milimetrovom papieri bez prevýšenia v mierke 1:100 alebo 1:200 (obr. 7.57). V priečnom profile vyznačujeme:

- zrovnávaciu rovinu plnou čiarou a kótou,
- čiaru rezu terénom,
- pomocné čiary výškových kót s kótami,
- priesečnice roviny rezu a zvislej roviny prechádzajúcej polygónovou stranou.

Priečne profile sa číslujú od jednotky a označujú sa kilometrážou.

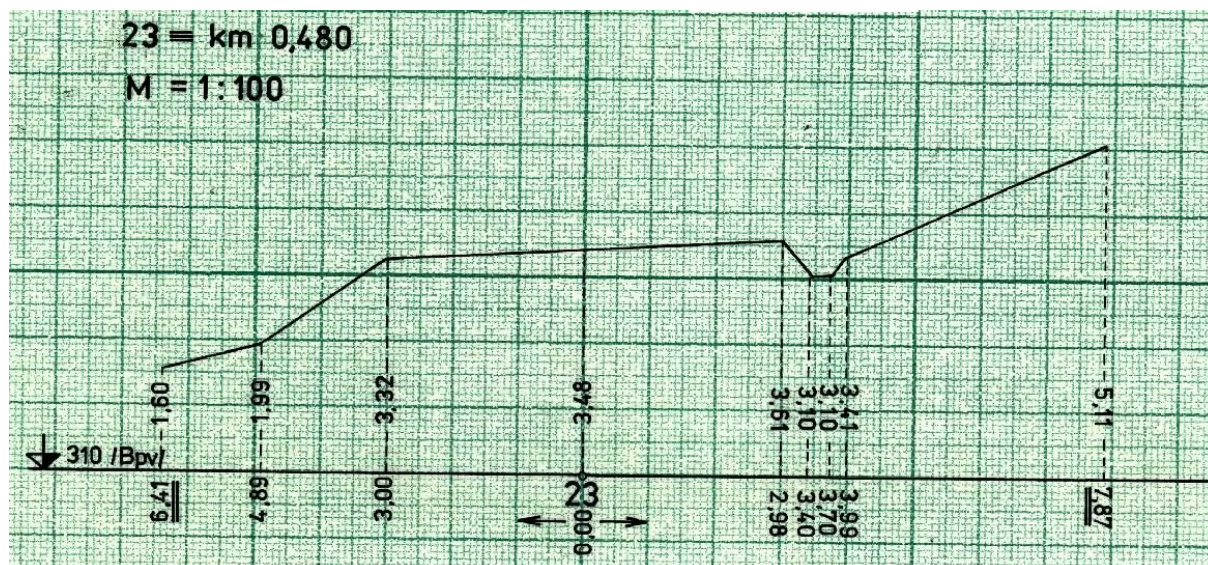
Meranie priečných profilov cez vodný tok je pokračovaním merania profilu na oboch brehoch rieky. Hustota bodov na priečnom profile sa volí tak, aby sa vystihol charakter dna rieky a jej prúdnice.

Na zameranie priečných profilov použijeme niveláciu, tachymetriu (kap. 9.22), resp. len meranie bidlom. Vzdialenosť meriame oceľovým pásmom, oceľovým lankom dĺžky až 100 m s naletovanými značkami po 1 m, alebo tachymetricky. Medziľahlé vzdialenosti na lanku sa odhadujú na 0,1 m. Výškové údaje sa určujú na centimetre, pri meraní bidlom sa čítajú z jeho delenia.

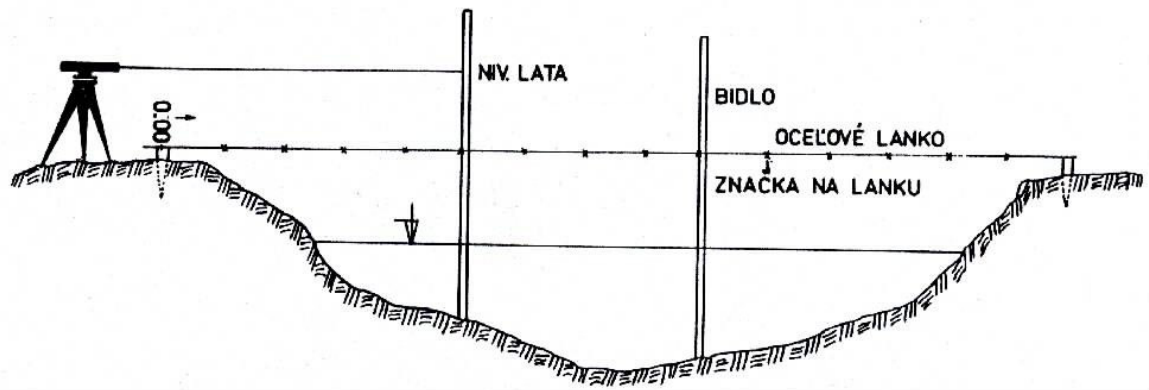
Pri meraní priečného profilu zisťujeme výškový stav hladiny vody v riečišti a zaznamenávame tiež deň a hodinu výškového merania.

Dĺžka priečného profilu je daná predĺžením kolmého smeru na koryto o 20 m od brehovej čiary na oboch brehoch. Začiatok staničenia priečného profilu je od polygónovej strany, cez ktorú profil prechádza. Body začiatku a konca priečného profilu stabilizujeme kolíkmi.

Dno koryta širokých riek sa zameriava spravidla po 5 m, u úzkych riek po 1 m. Okrem pravidelne rozložených bodov sa meria hĺbka (dno) v strede toku a v najhlbšom mieste (prúdnica). U širokých riek s väčšími hĺbkami sa priečne profile merajú z loďky. Je potrebné, aby dvaja pomocníci riadili loďku a tretí čítal vzdialenosti na oceľovom lanku a zároveň staval v dĺžkových intervaloch nivelačnú latu na dno rieky. U riek s veľkými hĺbkami, ak nie je možné už nivelovať na latu postavenú na dno, nivelujú sa výšky hladiny a na nivelačnej lati sa číta výška vody. Keď nestačí dĺžka nivelačnej laty pre hĺbku dna, použije sa bidlo s vyznačeným delením po metroch a decimetroch. Znázornenie postupu merania je na obr. 7.58.



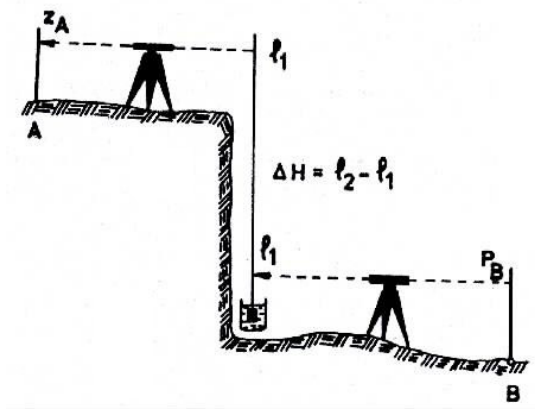
Obr. 7.57. Priečný profil



Obr. 7.58. Meranie priečného profilu cez vodný tok

Poloha a) znázorňuje niveláciu, poloha b) meranie hĺbky bidlom, keď zapracovaný pomocník odmeria hĺbku dna od hladiny vody. Tieto hodnoty sa zapíšu do nivelačného zápisníka, pri vyhodnocovaní sa odčítajú od nadmorskej výšky hladiny vody.

7.3.9.3 Hĺbkové meranie



Obr. 7.59. Hĺbkové meranie

Hĺbkové meranie aplikujeme pri určovaní hĺbky stavebnej jamy, výkopu, šachty atď. Meranie vykonáme geometrickou niveláciou doplnenou vhodnou diaľkomernou pomôckou napr. pásmom. Postup merania je vyznačený na obr. 7.59, keď nám zavesené pásmo nahradzuje nivelačnú latu. Výšku bodu B určíme podľa rovnice

$$H_B = H_A + z_A - \Delta H - p_B. \quad (7.62)$$

Na rozmer ΔH , určený pásmom, nám pôsobia systematické chyby, hlavne z nesprávnej dĺžky pásma, zo zmeny dĺžky pásma účinkami teploty a vlhkosti vzduchu, z pretiahnutia pásma. Chyby analyticky eliminujeme z výsledkov merania.

7.4 FYZIKÁLNE METÓDY URČENIA PREVÝŠENIA

7.4.1 Hydrostatické určenie prevýšenia

Princíp určenia prevýšenia hydrostatickými vodováhami je vo využití fyzikálnych vlastností tekutiny, umiestnenej v dvoch od seba vzdialených spojených nádobách, v ktorých povrch tekutiny vytvorí spoločnú hladinovú plochu.

Súpravu (Freiberger Präzisionsmechanik Freiberg) tvoria dve vodováhy spojené hadicou, ktoré umožňujú určiť decimetrové prevýšenie na vzdialenosť niekoľko desiatok metrov (30 – 40 m) s presnosťou do 0,01 mm (obr. 7.60).

Princíp určenia prevýšenia je zrejmý z obr. 7.61. Merací hrot sa uvedie do kontaktu s hladinou kvapaliny a vykoná sa čítanie na stupniciach, ktoré sú vzhľadom na výškový bod v stabilnej polohe.

Rozdiel čítaní dáva približne hodnotu prevýšenia ΔH_I , zaťaženú tzv. konštantou súpravy K . Presná hodnota prevýšenia ΔH sa dostane po vzájomnej výmene aparátú vodováh a opätovnom určení prevýšenia ΔH_{II} . Výsledné prevýšenie je aritmetický priemer prevýšení ΔH_I a ΔH_{II} :

$$\Delta H = \frac{\Delta H_I + \Delta H_{II}}{2} = \frac{[(k_I + o_1') - (k_{II} + o_2')] + [(k_{II} + o_1'') - (k_I + o_2'')]}{2} = \frac{(o_1' - o_2') + (o_1'' - o_2'')}{2},$$

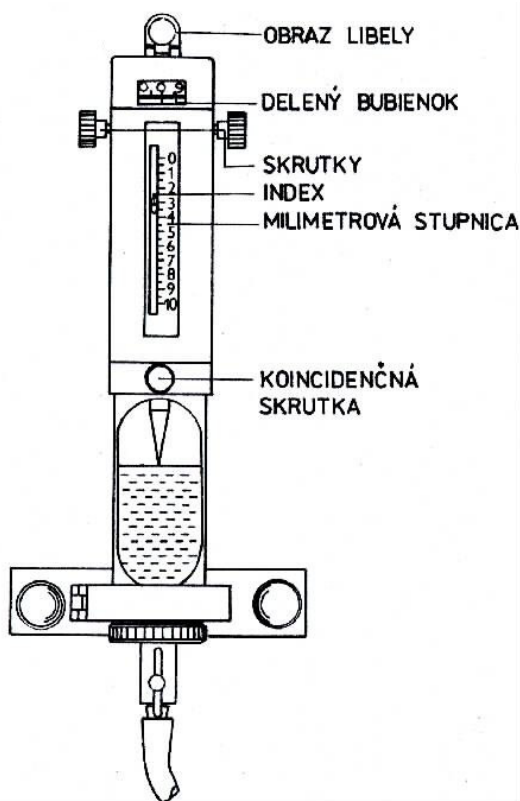
kde

$$k_I = k_1 + k_1' \quad \text{a} \quad k_{II} = k_2 + k_2'.$$

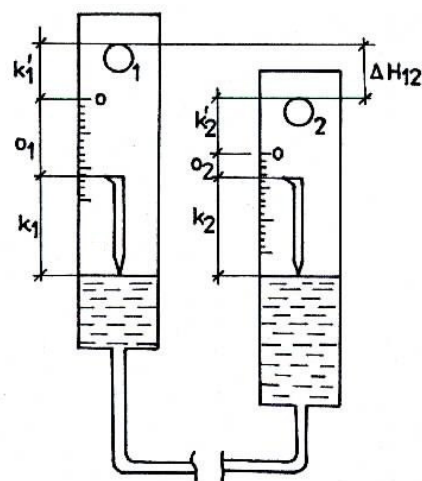
Keďže sa určuje obojsmerné prevýšenie, konštanta súpravy sa určí zo vzťahu

$$K = k_I - k_{II} = \frac{(o_1'' - o_2'') - (o_1' - o_2')}{2}.$$

Precízne hydrostatické výškomery sa používajú na určovanie relatívnych výškových zmien pri meraní výškových pretvorení základov stavieb, mostov a pod.



Obr. 7.60. Precízny hydrostatický výškomer



Obr. 7.61. Princíp hydrostatickej nivelácie

7.4.2 Barometrické meranie prevýšenia

Barometrický spôsob merania prevýšenia je založený na meraní teploty vzduchu a barometrického tlaku, ktorý s rastúcou nadmorskou výškou klesá. Prevýšenie medzi dvoma bodmi s tlakmi p_1 a p_2 a teplotami vzduchu t_1 a t_2 určíme zo zjednodušenej barometrickej rovnice:

$$\Delta H_{12} = k(1 + \alpha t) \log \frac{p_1}{p_2},$$

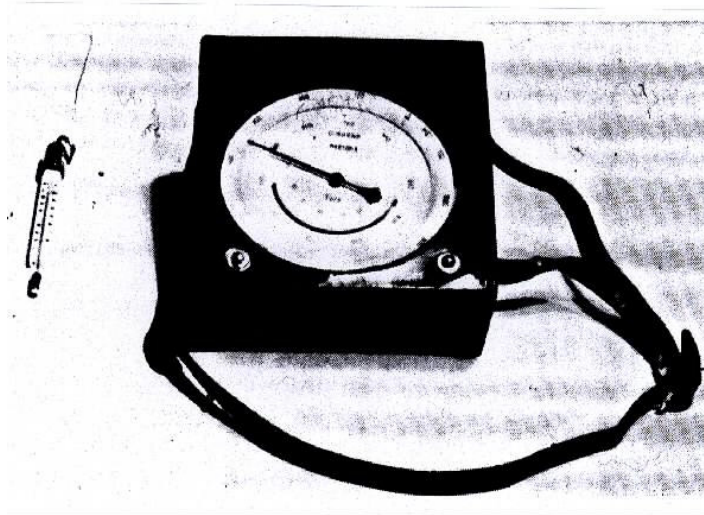
kde $k \approx 18\,400$ je barometrický súčiniteľ,

$\alpha \approx 0,003\ 665$ je koeficient rozťažnosti vzduchu a

$t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ je stredná teplota vzduchu.

V rovnici (7.65) sa predpokladá, že vzduch je dokonale suchý a zrýchlenie tiaže je konštantné.

Meranie tlaku vzduchu sa vykonáva kovovými tlakomerami – aneroidmi rôznych systémov a konštrukcií. Mikrobarometrom Gb-5 firmy Askánia (SRN) môžeme určiť prevýšenie s presnosťou 0,3 m. Ruské optické barometre OMB a MBNP-1 pracujú s presnosťou 0,5 až 0,7 m.



Obr. 7.62. Barometer