

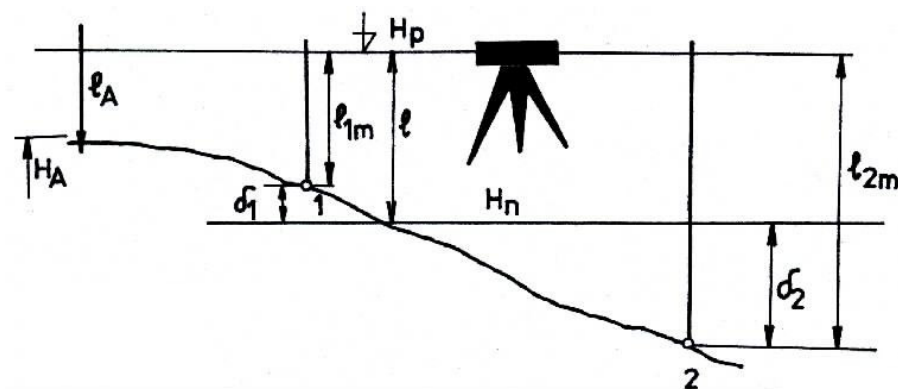
Pri výškovom vytyčovaní v podstate ide o určenie výšky polohovo vytyčeného bodu. Rozdiel medzi odmeranou výškou a výškou danou projektom vyznačuje druh úpravy v meranom mieste, napr. násyp, výkop, zdvih, podloženie konštrukcie a pod. Technológia výškového vytyčovania sa realizuje tak, aby sa vylúčili osové chyby prístrojov ($L \parallel Z$ u nivelačného prístroja, indexová chyba u teodolitu $i \neq 0^\circ$), resp. aby bol ich účinok z hľadiska vyžadovanej presnosti vytyčenia zanedbateľný. V prípade vysokých požiadaviek na presnosť (nivelácia) a u dlhých zámier (trigonometrická nivelácia) zavádzame opravu z rozdielu medzi zdanlivým a skutočným horizontom.

12.7.1 Vytyčovanie priamky

Pri výškovom vytyčovaní nivelety koľaje resp. cesty, alebo pri zemných úpravách, je často potrebné vytyčiť vodorovnú alebo sklonenú priamku, spravidla v udanom sklone.

Pri vytyčovaní vodorovnej priamky niveláciou vychádzame z výšky daného bodu, ktorá má byť výškou všetkých ďalších podrobných bodov, alebo výšky vodorovnej priamky udanej jej niveletou.

Rozdiely čítania nazad na daný bod a čítaní stranou na podrobné body vyznačujú veľkosť výškových odchýlok, ktoré zaznamenávame na realizovanej stabilizácii podrobných bodov. Znamienko vyznačuje vyžadovanú úpravu + zdvih, - pokles.



Obr. 12.54. Vytyčovanie vodorovnej priamky

Keď je udaná výška nivelety H_n , určíme výšku horizontu prístroja, od ktorého odpočítame výšku nivelety (obr. 12.54). Rozdiel predstavuje vyžadované čítanie na podrobných bodoch: $\ell = H_p - H_n$.

Výškové odchýlky vyčíslime z rovníc:

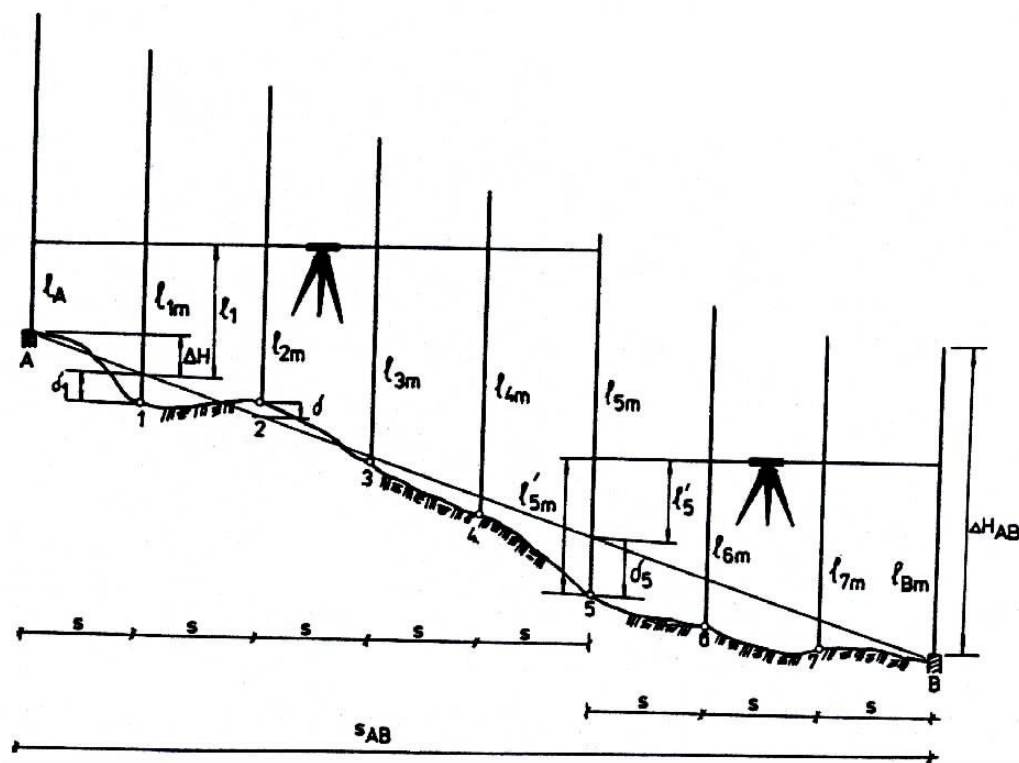
$$\delta_i = \ell_{im} - (H_p - H_n), \quad (12.84)$$

kde ℓ_{im} je odmeraný údaj na late v príslušnom bode.

Pri **vytyčovaní sklonenej priamky** je potrebné dopredu poznať výšky počiatočného a koncového bodu priamky (alebo sklon priamky) a ich vzdialenosť. Z týchto údajov vypočítame zmenu čítania na late na susedných bodoch v odstupoch $s = s_{AB} / (n - 1)$ (obr. 12.55)

$$\Delta H = \frac{H_B - H_A}{s_{AB}} s = \frac{H_B - H_A}{n - 1}, \quad (12.85)$$

kde n je počet bodov.



Obr. 12.55. Vytyčovanie sklonenej priamky

Vyžadované čítania na lati budú

$$\begin{aligned} \ell_1 &= \ell_A - \Delta H \\ \ell_2 &= \ell_A - 2\Delta H \\ &\vdots \\ \ell_5 &= \ell_A - 5\Delta H. \end{aligned} \quad (12.86)$$

Výškové odchýlky vypočítame podľa rovnice

$$\delta_i = \ell_{im} - \ell_i. \quad (12.87)$$

Po zmene postavenia nivelačného prístroja sa ďalej postupuje analogicky. Určí sa vyžadované čítanie ℓ'_5 , z ktorého sa odvodí hľadané čítania na ďalších bodoch

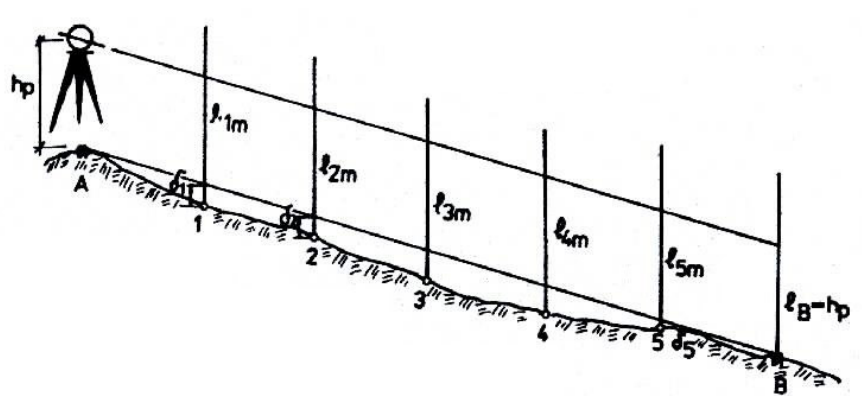
$$\begin{aligned} \ell_6 &= \ell'_5 - \Delta H \\ \ell_7 &= \ell'_5 - 2\Delta H \\ &\vdots \\ \ell_B &= \ell'_5 - 5\Delta H, \end{aligned} \quad (12.88)$$

kde ℓ'_5 podľa obr. 12.55 je $\ell'_5 = \ell'_{5m} - \delta_5$.

Sklonenú priamku môžeme hospodárne vytyčovať teodolitom hlavne v členitom teréne (obr. 12.56).

Na lomovom bode pripravíme teodolit na meranie a určíme výšku prístroja h_p nad daným bodom. Polohu ďalekohľadu upravíme na vyžadovaný sklon a potrebné výšky podrobných bodov odvodíme z čítania na lati a výšky prístroja

$$\delta_i = \ell_{im} - h_p. \quad (12.89)$$



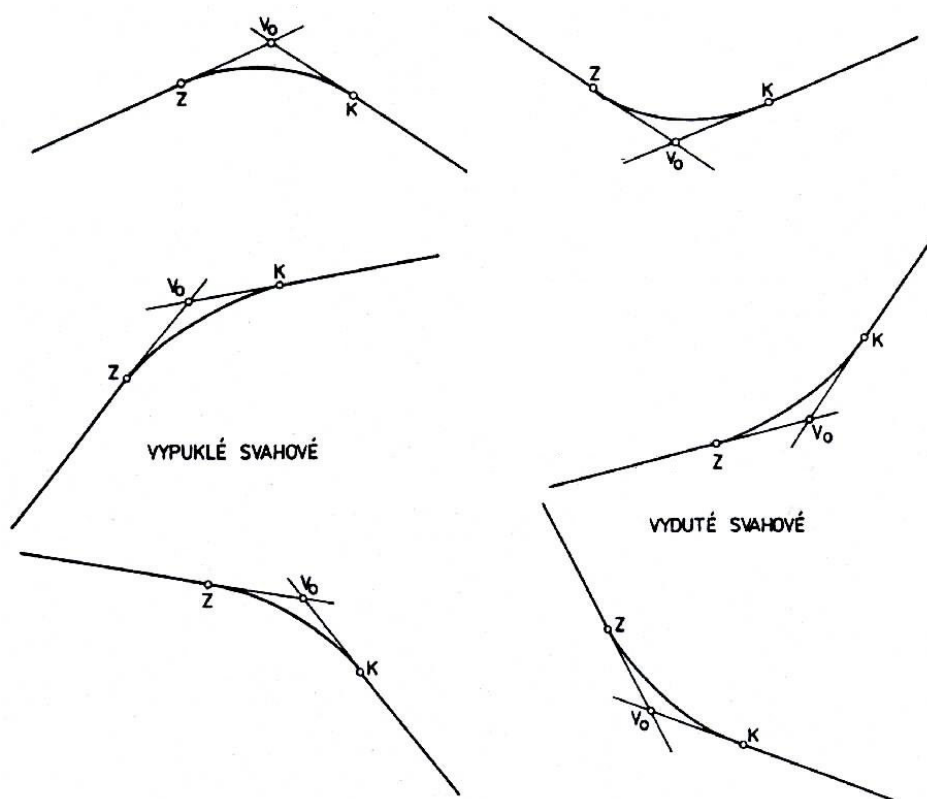
Obr. 12.56. Vytýčovanie sklonenej priamky teodolitom

12.7.2 Výškové vytýčovanie krivky

S výškovým vytýčovaním krivky sa stretávame u dopravných stavieb (železníc a ciest) pri vložení vertikálneho zakružovacieho oblúka na mieste zlomu nivelety. Podľa STN 73 6360, zlom sklonu koľaje sa odstraňuje kružnicovým oblúkom, ktorý sa pri malých možných dĺžkach zaoblenia nahradzuje oblúkom kvadratickej paraboly. Taktiež v cestnom stavitelstve sa používa zakružovací oblúk v tvare kvadratickej paraboly, ktorej rovnica je

$$y = \frac{x^2}{2\rho}, \quad (12.90)$$

kde ρ je polomer oskulačnej kružnice.



Obr. 12.57. Zakružovacie oblúky

Polomery zaoblenia vyplývajú z navrhovanej rýchlosti a sú v medziach od 1 000 do 50 000 m. Sklon nivelety označujeme znamienkom +, keď niveleta stúpa zľava do prava a -, keď klesá zľava do

prava. Zakružovacie oblúky bývajú vypuklé vrcholové a svahové a vyduté údolnicové a svahové (obr. 12.57).

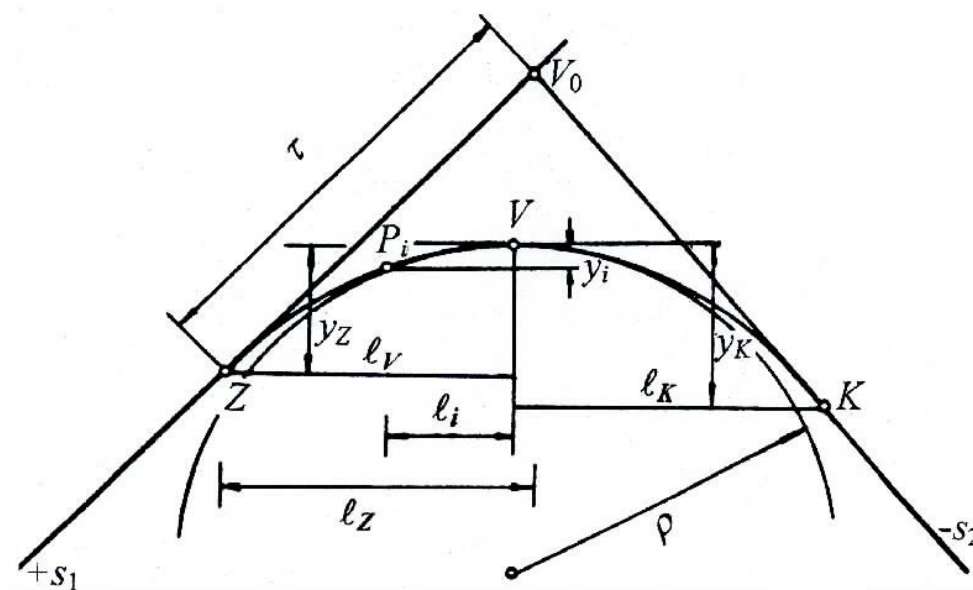
Základnou úlohou pri výškovom vytyčovaní krivky je určiť výšky bodov v miestach polohového vytýčenia (v okrúhlych staničeniach) a na začiatku a konci zakružovacieho oblúka. Výpočet výšok týchto bodov si ukážeme pre vrcholový vypuklý zakružovací oblúk kružnicového tvaru a tvaru kvadratickej paraboly. Predpokladajme pri tom, že poznáme výšku a staničenie priesečníka priľahlých priamych úsekov nivelety (H_{V_0} , s_{V_0}), resp. ich určíme vhodným spôsobom z iných udaných prvkov, a sklony niveliet s_1 a s_2 , ktoré sú vyjadrené v ‰ alebo v %.

Zakružovací oblúk kružnicového tvaru

Staničenie bodov Z , V a K zakružovacieho oblúka vypočítame z rovníc

$$\begin{aligned} s_Z &= s_{V_0} - \ell_Z = s_{V_0} - \rho \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha_1 \approx s_{V_0} - \rho \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \\ s_K &= s_{V_0} + \ell_K = s_{V_0} + \rho \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha_2 \approx s_{V_0} + \rho \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \\ s_V &= s_Z + \ell_V = s_Z + \rho \sin \alpha_1 = s_{V_0} - \rho \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \end{aligned} \quad (12.91)$$

V rovniciach (12.85) $\alpha_1 = \operatorname{arc} \operatorname{tg} s_1$ a $\alpha_2 = \operatorname{arc} \operatorname{tg} (-s_2)$ a $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$.



Obr. 12.58. Výpočet výšok pre kružnicový zakružovací oblúk

Výšky bodov P_i v okrúhlych staničeniach určíme podľa obr. 12.58 pripočítaním poradníc y_i k výške bodu Z , resp. K

$$H_{P_i} = H_Z + y_i, \quad (12.92)$$

keď $H_Z = H_{V_0} - \tau s_1$, $H_K = H_{V_0} + \tau s_2$ a súradnicu y_i vypočítame podľa rovnice (12.80)

$$y_i = \sqrt{\rho^2 - \ell_i^2} - \sqrt{\rho^2 - \ell_V^2}.$$

Úsečky ℓ_i vypočítame zo staničení s_{P_i} podrobných bodov určených rovnicami $s_{P_i} = s_Z + x_i$ a staničenia vrcholu zakružovacieho oblúka

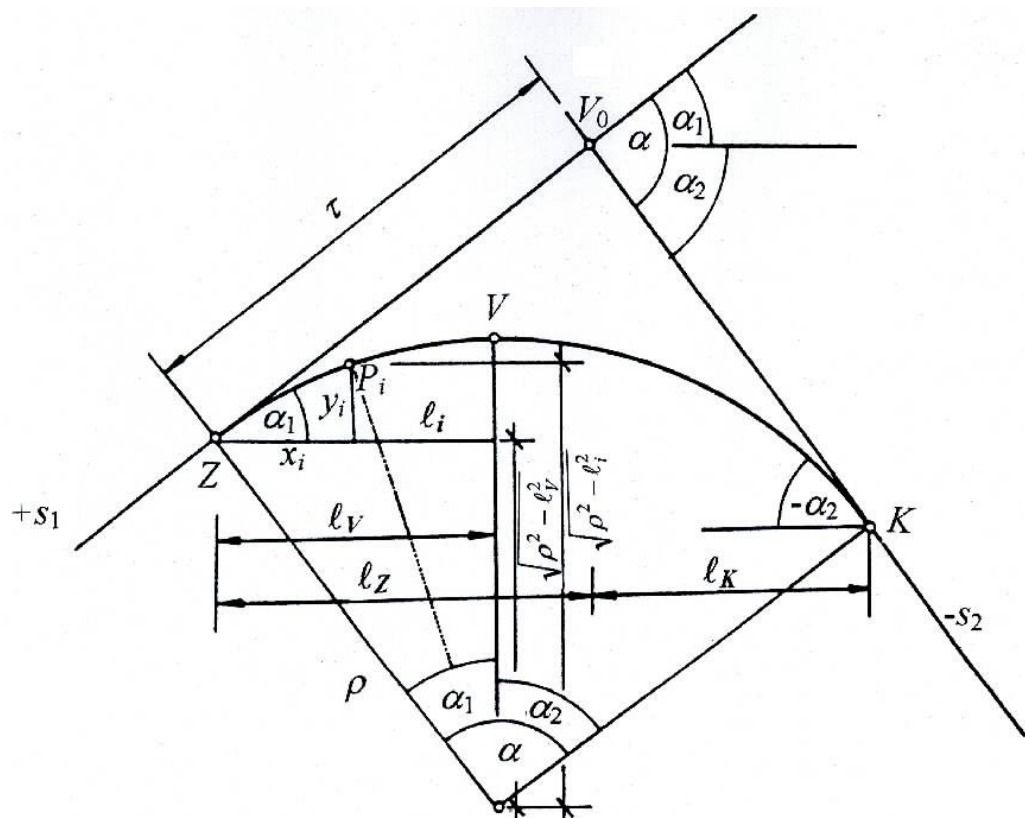
$$\ell_i = s_V - s_{P_i}, \quad \text{resp.} \quad \ell_i = s_{P_i} - s_V.$$

Staničenie vrchola kružnicového zakružovacieho oblúka vypočítame z rovnice

$$s_V = s_{V0} - \tau + \ell_V. \quad (12.93)$$

Zakružovací oblúk tvaru kvadratickej paraboly

Rozdiel medzi tvarom kružnicového a parabolického oblúka v mieste zaoblenia je nepatrný. Parabolický zakružovací oblúk má však plynulejší prechod z priameho do zakriveného sklonu (obr. 12.59).



Obr. 12.59. Výpočet výšok pre parabolický zakružovací oblúk

Dĺžku dotýčnice parabolického zakružovacieho oblúka (12.90) vypočítame z rovnice

$$\tau = \frac{\rho}{2} \frac{(s_1 - s_2)}{1000}. \quad (12.94)$$

Vodorovné vzdialenosti začiatku Z a konca K zakružovacieho oblúka od jeho vrcholu V vypočítame z rovníc

$$\ell_V = \frac{s_1 \rho}{1000}, \quad \ell_K = \frac{s_2 \rho}{1000}. \quad (12.95)$$

Výšku začiatku, resp. konca zakružovacieho oblúka určíme podľa rovnice (12.92), ktoré sme použili pri kružnicovom zakružovaní oblúka. Výška vrcholu zakružovacieho oblúka V nad bodmi Z a K je určená rovnicami

$$H_V = H_Z + y_Z = H_K + y_K, \quad (12.96)$$

keď prevýšenia y_Z a y_K majú hodnotu

$$y_Z = \frac{\ell_V^2}{2\rho} \quad \text{a} \quad y_K = \frac{\ell_K^2}{2\rho}. \quad (12.97)$$

Výšky podrobných bodov vypočítame vzhľadom na vrchol V

$$H_{Pi} = H_V - y_i = H_V - \frac{\ell_i^2}{2\rho}. \quad (12.98)$$

Úsečky ℓ_i vypočítame analogicky ako u kružnicového zakružovacieho oblúka. Zakružovací oblúk vytýčime tak, že po polohovom vytýčení a zastabilizovaní podrobných bodov Z a K , niveláciou určíme ich výšky, ktoré porovnáme s vypočítanými výškami na príslušnom zakružovacom oblúku. Rozdiely predstavujú opravy, ktoré je potrebné zohľadniť u vytýčených bodov.

Poznámka: Znamienka druhého člena v rovniciach (12.92), (12.96), (12.98) a pri výpočte H_Z a H_K sa riadia podľa tvaru zakružovacieho oblúka. U vydutého zakružovacieho oblúka sú opačné znamienka.

12.7.3 Vytyčovanie riadiacej čiary v teréne

Na mape vyšetrená riadiaca čiara, t. j. lomená čiara daného stúpania sa spresňuje v teréne vytyčovaním.

Ak máme daný východiskový bod a sklon riadiacej čiary je napr. +1:25, potom vo vzdialenosti $s = 20$ m bude prevýšenie medzi bodmi $20 \text{ m} \frac{1}{25} = 0,80$ m. Niveláčny prístroj postavíme do vhodnej vzdialenosti od východiskového bodu a určíme čítanie nazad. V teréne musíme nájsť taký bod, ktorý bude od východiskového bodu vzdialený 20 m a čítanie na late bude mať hodnotu $\ell_z - 0,80$ m. Keď takýto bod nájdeme, zastabilizujeme ho kolíkom a hľadáme od neho ďalší bod vo vzdialenosti 20 m s čítaním $\ell_z - 1,60$ m atď. Spojnica medzi vykolíkovými bodmi je riadiaca čiara v teréne.

12.7.4 Vytyčovanie vrstevnice v teréne

Vytyčovanie vrstevnice v teréne má obdobný postup ako vytyčovanie riadiacej čiary. Od výškovej značky určíme geometrickou niveláciou zo stredu výšku východiskového bodu, ležiaceho na vyžadovanej vrstevnici, o ktorom platí

$$H = H_A + \sum z - \sum p. \quad (12.99)$$

Posledné čítanie napred volíme skusmo, pokiaľ rovnica (12.99) nenadobudne platnosť. Bod zastabilizujeme a od neho vytýčime ďalšie body ležiace na vrstevnici tak, že v rámci daného horizontu prístroja vyhladáme v teréne miesta s rovnakými čítaniami na late ako na východiskovom bode.

Vrstevnicu vytýčime z nivelačného polygónu zámerami stranou. Niveláčny polygón ukončujeme na výškovo známom bode.

12.7.5 Vytyčovanie roviny

Pri úprave terénu do **vodorovnej roviny** sa spravidla volí požiadavka, aby objem výkopov a násypov bol navzájom rovný. Upravovanú plochu prekryjeme štvorcovou sieťou (napr. po 5 m, 10 m) a jej vrcholy znivelujeme. Niveletu roviny vypočítame z výšok vrcholov štvorcovej siete

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}, \quad (12.100)$$

alebo u priemeru čítaní na lati (ak štvorcovú sieť sme nivelovali z jedného postavenia prístroja)

$$\ell_0 = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \dots + \ell_n}{n}. \quad (12.101)$$

Výškové rozdiely terénnej úpravy vypočítame z rovníc

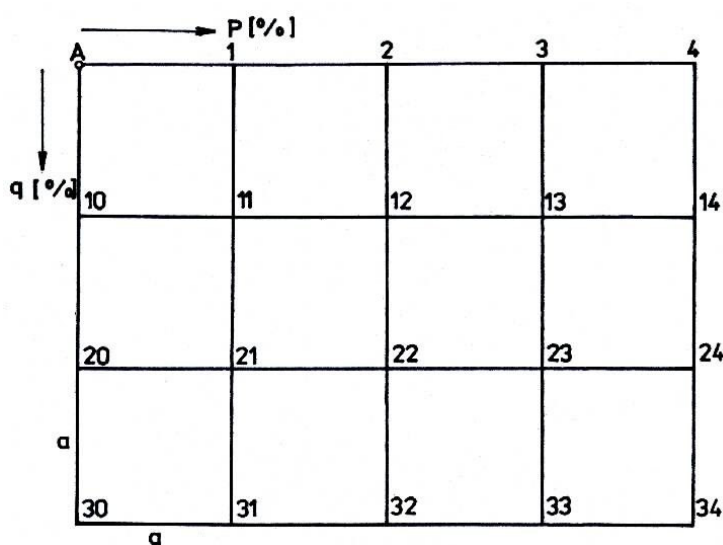
$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= H_0 - H_1 = \ell_0 - \ell_1, \\ &\vdots \\ \Delta H_n &= H_0 - H_n = \ell_0 - \ell_n. \end{aligned} \quad (12.102)$$

Sklonenú rovinu je vhodné vytýčiť štvorcovou sieťou, ktorej strany a sú rovnobežné s priamkami o sklone $p\%$ a $q\%$ (obr. 12.60).

Výšky bodov 1, 2, ..., 32, 33, 34 ... určíme niveláciou napr. z výšky bodu A. Vyžadované výšky bodov vypočítame z rovníc

$$\begin{aligned} H_1 &= H_A + a p 10^{-2}, \\ H_2 &= H_A + 2a p 10^{-2}, \\ &\vdots \\ H_{10} &= H_A + a p 10^{-2}, \\ H_{11} &= H_A + a 10^{-2}(q + p), \\ H_{12} &= H_A + a 10^{-2}(q + 2p), \\ &\vdots \\ H_{20} &= H_A + 2a 10^{-2}, \\ H_{21} &= H_A + a 10^{-2}(2q + p), \\ H_{22} &= H_A + a 10^{-2}(2q + 2p), \\ &\vdots \end{aligned} \quad (12.103)$$

Rozdiel nivelovaných a vypočítaných výšok vyznačuje odchýlky bodov od sklonenej roviny.

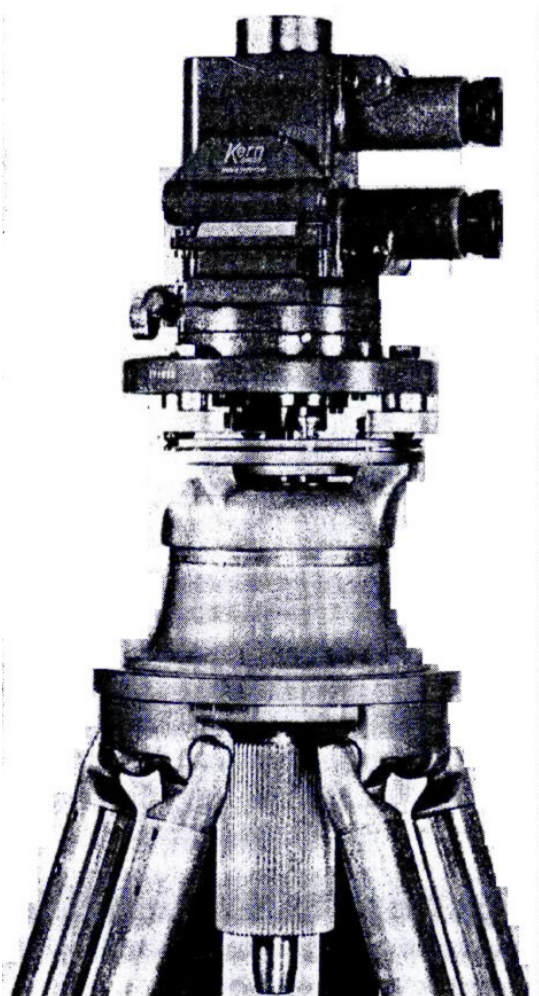


Obr. 12.60. Vytýčovanie sklonenej roviny

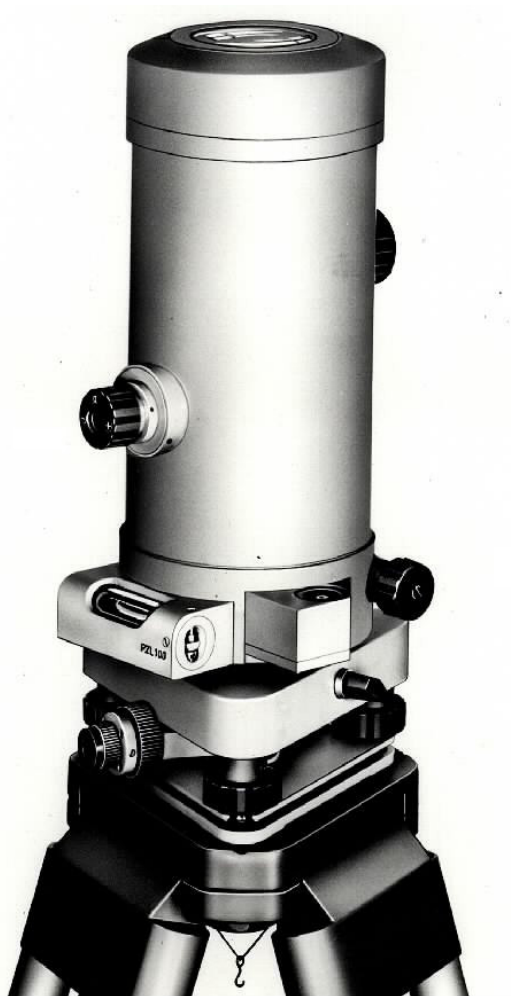
12.7.6 Vytyčovanie zvislíc

Zvislice môžeme vytyčovať mechanicky alebo opticky. Mechanické vytýčenie zvislice nazývame prevažovanie a vykonávame ho závesom olovnice, ktorá sa na utlmenie ponoruje do nádoby s hustou kvapalinou (olej).

Optické vytyčovanie zvislíc uskutočňujeme pomocou teodolitu (najlepšie dvoma prístrojmi) z dvoch na seba približne kolmých smerov a premietaním, pričom sa používajú osobitné optické prevažovače. Možno nimi vytyčovať zvislice nahor a nadol. Pozostávajú zo zvisle zalomeného ďalekohľadu so zámerným krížom a precíznou libelou, alebo citlivým kompenzátorom, ktorými vytvárajú zvislú zámernú os.



Obr. 12.61. Optický prevažovač Kern OL



Obr. 12.62. Optický prevažovač PZL 100 firmy Zeiss

Na obr. 12.61 je precízny optický prevažovač firmy Kern OL, ktorý má na vytyčovanie zvislíc k zenitu a nadiru dva osobitné zalomené ďalekohľady. Prístroj sa horizontuje rúrkovou libelou s citlivosťou $20''/2 \text{ mm}$. Ďalekohľady majú $22,5 \times$ zväčšenie a hmotnosť prístroja je $3,7 \text{ kg}$. Presnosť vytýčenia zvislice u prístroja s rúrkovou libelou je 2 mm na 10 m , a 1 mm u prístroja vybaveného s koincidenčnou libelou. Firma Zeiss vyvinula prístroj PZL 100 (obr. 12.62), ktorým môžeme vytýčiť bod smerom k zenitu s presnosťou 1 mm na 100 m prevýšenie. Prístroj má zväčšenie $31,5 \times$, hmotnosť $3,8 \text{ kg}$ a kompenzačný rozsah $10'$.

Presnosť vytyčovania zvislíc pozdĺž výškových objektov môžu ovplyvňovať atmosférické podmienky ako napr. teplota so spoluúčinkom vetra. Preto sa presné práce uskutočňujú hlavne v noci za vyrovnaných tepelných pomerov ovzdušia a objektov. Pri periodických vytyčovacích prácach sa budujú pevné stanoviská pre prístroj so zariadením na nútenú centráciu.

Vytyčovanie zvislíc sa aplikuje pri vytyčovaní výškových stavieb, mostov, továrenských komínov a pri prenášaní smeru razenia do podzemia atď.

12.8 POUŽITIE LASERA PRI VYTYČOVACÍCH PRÁČACH

Skratka **laser** vyjadruje: zosilnenie svetla pomocou podnecovaného vyžarovania lúčov (**L**ight **a**mplification by **s**timulated **e**mission od **r**adiation).

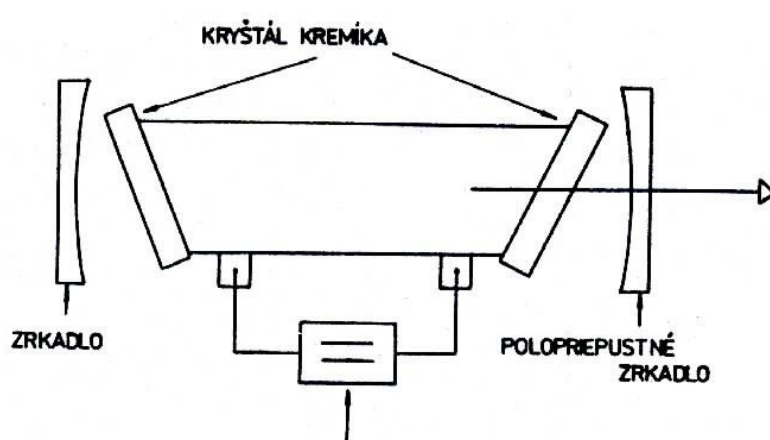
Vlastnosti laserových lúčov

Laserové lúče sú studené, jednofarebné, silne koncentrované koherentné svetelné lúče. Lúče Slnka alebo žiarovky sú inkoherentné, to znamená, že pozostávajú zo zmesi lúčov o rôznej vlnovej dĺžke a rôznych fázových posunov. Koherentné zväzky lúčov majú konštantný fázový rozdiel.

Laserové lúče podliehajú normálnym optickým zákonom a preto sú ovplyvňované atmosférickými podmienkami ako je hmla, vibrácia vzduchu, refrakcia a rozptýlený prach v ovzduší. Lasery sú rôznych druhov: plynové lasery (He-Ne laser, Ar laser), lasery pevných látok, chemické lasery. V geodetickej praxi sa používajú prístroje na báze plynových laserov.

Princíp plynového lasera (obr. 12.63)

Pomocou vybitia vysokej frekvencie vystupuje striedavý účinok medzi atómami hélia a neónu. Tým vzniká fotónové žiarenie, ktoré sa odráža od kremíkových platničiek a vzniká rezonancia. Časť svetla vystupuje polopriepustným zrkadlom ako laserový lúč.



Obr. 12.63. Schéma plynového lasera

Laserové lúče sú takmer rovnobežné. Divergencia lúčov vymedzuje kvalitu prístroja, pohybuje sa od 0,5' do 20'. Táto divergencia lúčov sa môže prídavným optickým systémom (objektívom lasera) ešte zmenšiť až na 10''.

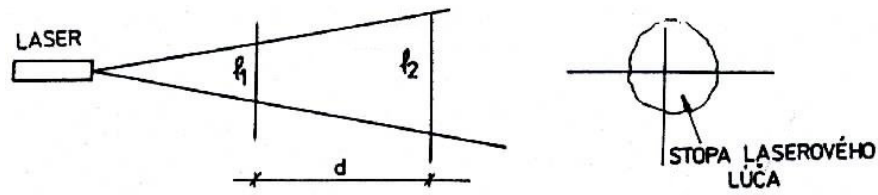
Lúče lasera sú pre človeka neškodné. Nebezpečné sú len pre oči, keď lúče vstupujú priamo do oka. Pri práci s laserovým prístrojom používame výstražnú tabuľu.

12.8.1 Charakteristiky laserových prístrojov

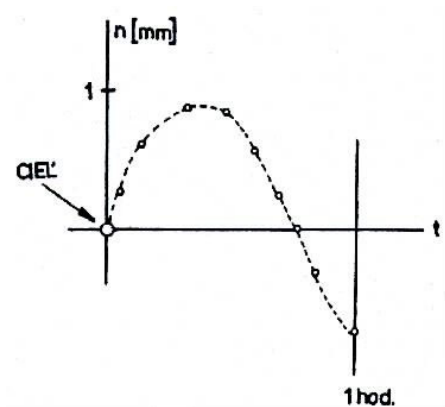
Každý laser má svoju charakteristiku. Závisí od

1. **Divergencie výstupného žiarenia**, ktorá je u každého prístroja iná. Mení sa podľa kvality vybrúsenia odrazových plôch rezonátora (zrkadiel). Divergenciu určujeme zo vzťahu (obr. 12.64)

$$\delta = \frac{\ell_2 - \ell_1}{2d}. \quad (12.104)$$



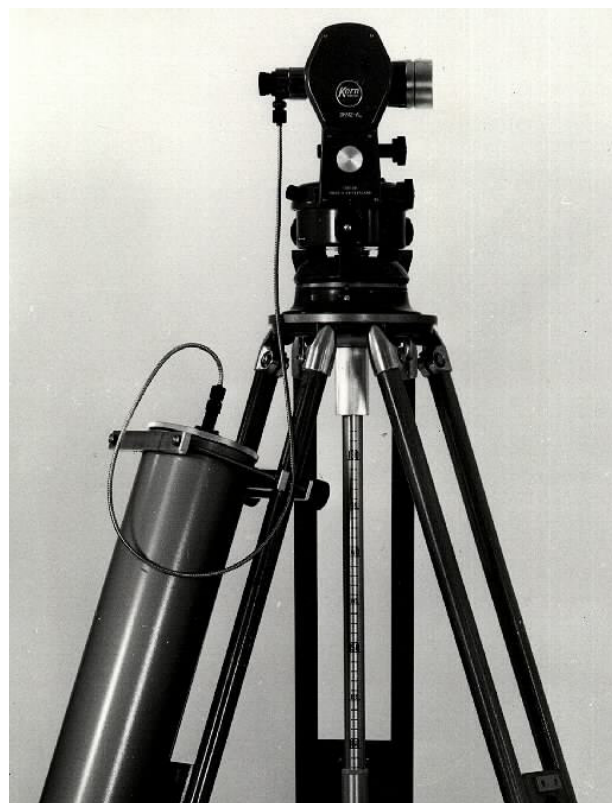
Obr. 12.64. Určenie divergencie lasera



Obr. 12.65. Stabilita zväzku lúčov lasera



Obr. 12.67. Nasadzovací laserový okulár



Obr. 12.66. Laserový teodolit Kern DKM 2-AL

Správne určenie divergencie lasera závisí hlavne na presnosti určenia priemeru stopy zväzku laserových lúčov. Symetria závisí od kvality vybrúsenia a stálosti nastavenia zrkadiel.

2. **Stabilita zväzku lúčov** podmieňuje nemennosť rozmeru a polohy stopy laserových lúčov (obr. 12.65). U kvalitných prístrojov sa rozmer a poloha stopy lúčov prakticky nemení.

3. **Fokusácia zväzku lúčov** znamená zmenu divergencie. Pri geodetických meraniach nie je potrebné zaostrovať na bod. Na cieľovej ploche sa stopa rozostreje na priemer niekoľko milimetrov až centimetrov. V týchto prípadoch sa stred odhaduje najlepšie.

4. **Úprava fokusového zväzku lúčov** umožňuje rozťahnutie stopy lúča do roviny. Uskutočňuje sa to tak, že do cesty zväzku lúčov sa vloží sklenená cylindrická plocha. Ak sú cylindrické plochy dve a ich osi sú na seba kolmé, stopou laserového zväzku lúčov je zámerný kríž (prístroj Kern DKMM 2-AL obr. 12.66).

12.8.2 Použitie laserových prístrojov

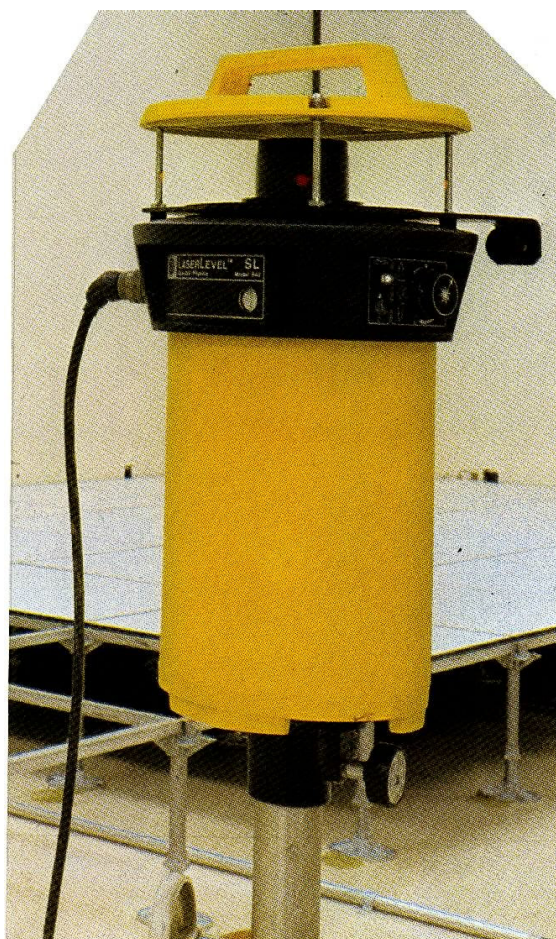


Obr. 12.68. Laserový teodolit SLT 20 SOKISHA

Lasery v geodézii používame v spojení s teodolitom alebo nivelačným prístrojom a tiež aj ako samostatné prístroje. Spojenie s geodetickým prístrojom môžeme doceliť dvoma spôsobmi a to nasadením laserovej jednotky na tubus ďalekohľadu (staršie využitie laserov) ako napr. Wild GLA, alebo pripevnením laserového okulára k teodlitu alebo nivelačnému prístroju. Pripevnenie môže byť trvalé ako u laserového teodlitu Kern DKM 2-AL (obr. 12.66), alebo vymeniteľné (obr. 12.67), ako u laserového okulára Wild GLO 2.

Samostatné laserové prístroje využívame v geodézii na vytyčovanie smeru vo vodorovnej úrovni alebo v určitom sklone (obr. 12.68)

Laserové prístroje s rotujúcimi laserovými lúčmi vytyčujú vodorovnú alebo sklonenú vzhľadom rovnu (obr. 12.69).

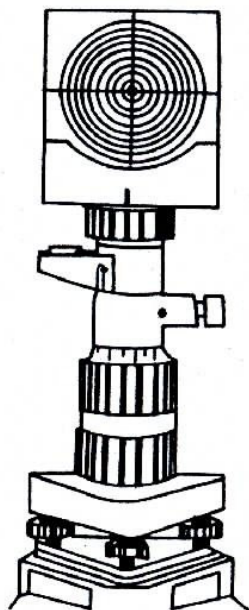


Obr. 12.69. Laserlevel – laserový prístroj s rotujúcou hlavicou

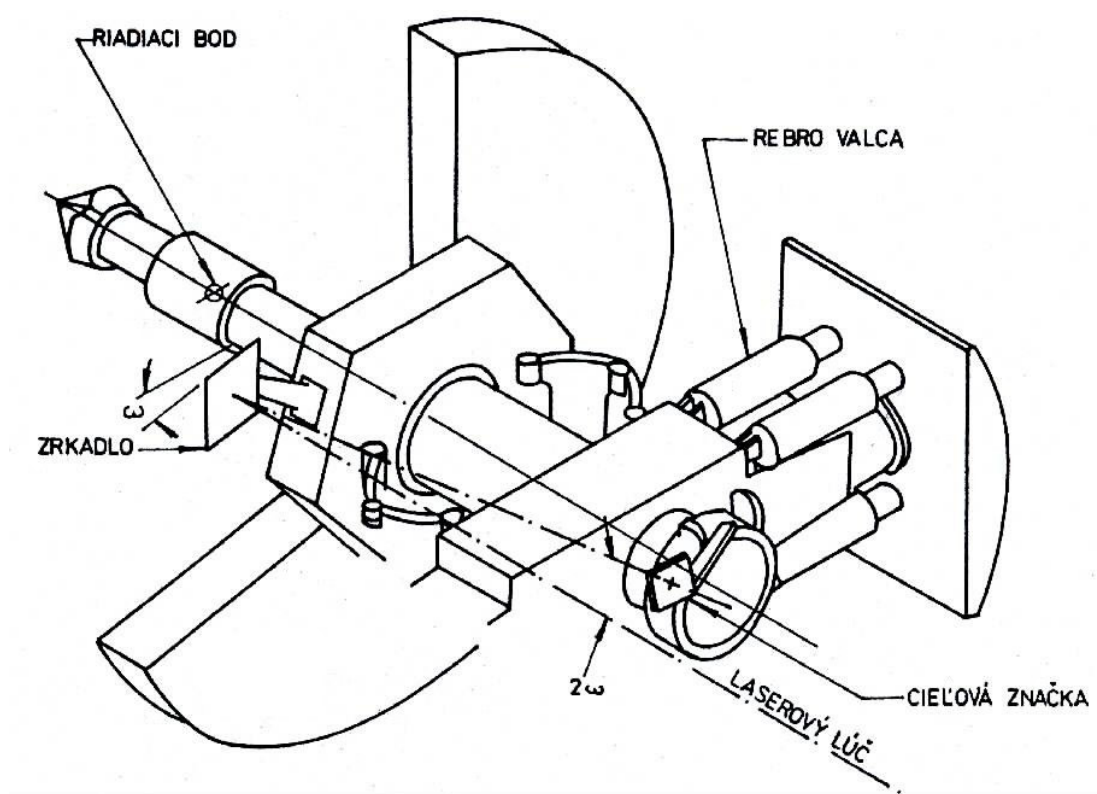
Geodetické využitie laserových prístrojov je hlavne pri vytyčovacích prácach a to:

1. výškových stavieb – pri montáži stien a skeletu stavby, montáži koľajníc mostových žeriavov,
2. inžinierskych stavieb – pri stavbe kanálov a potrubí, mostov, tunelov, bagrování riek a kanálov, meraní posunov a pretvorení stavieb v priebehu zaťažovacích skúšok, pri betonárskych prácach,
3. tunelovaní – vedení raziacich strojov,
4. železničnom staviteľstve – vedení smerovacích a podbíjacích mechanizmov, úprave terénu,
5. melioráciách – vedení bagrovacích mechanizmov, kladení drenážnych potrubí atď.

Laserové prístroje sa vo všeobecnosti využívajú tak, že technik pri prístroji, ako aj jeho pomocník pri cieľovej značke (obr. 12.70) sú v priamom kontakte s „aktívnym svetelným lúčom“ a nie sú potrebné doplňujúce akustické, či vizuálne pokyny, týkajúce sa zmeny polohy cieľovej značky. Pri vedení stavebných strojov, napr. tunelovacieho štítu (obr. 12.71), podbíjacích mechanizmov, bagrovacích strojov atď., laserovým prístrojom vytýčime vyžadovaný smer, ktorý na cieľovej značke sleduje operátor v priebehu činnosti stroja. Privedenie laserového lúča na cieľovú značku môže byť priame, alebo zalomené sústavou zrkadiel. Na obr. 12.71 je schéma tunelovacieho štítu riadeného laserovým prístrojom, ktorého lúč dopadol na zrkadlo a odrazil sa na cieľovú značku. Zmenou polohy štítu v horizontálnom a vertikálnom smere sa usmerní laserový lúč do vyžadovanej polohy (stredu) na cieľovej značke. Os štítu sa potom udržuje podľa tejto polohy laserového lúča v priebehu razenia.



Obr. 12.70. Cieľová značka k laserovému prístroju

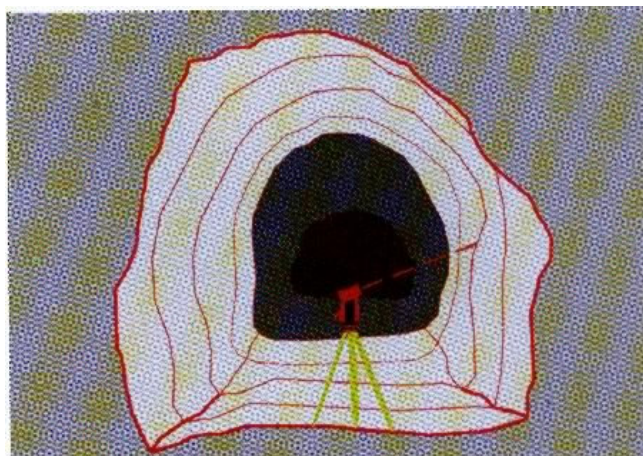


Obr. 12.71. Schéma vedenia tunelovacieho štítu laserovým prístrojom

Okrem použitia laserových prístrojov na vytyčovanie, sa v geodetickej praxi využívajú na meranie vzdialenosti u elektronických teodolitov (ET firmy AGA) na meranie vzdialenosti bez odrazového zariadenia (ET TCR 705 Leica) a ako pomôcky na centráciu prístroja a meranie omerných mier (DISTO Leica). Laserový prístroj PROFILER 4000 (Amberg) je špecializovane skonštruovaný na automatizované meranie profilov na stavbách v podzemí (obr. 12.72).

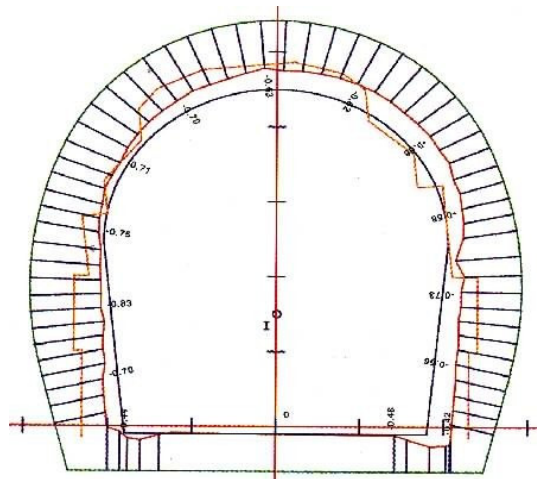


b/



a/

c/



Obr. 12.72. a) Profiler 4000. b) Automatické 3 D meranie profilov.
c) Výsledok vyhodnotenia odmeraného profilu

12.9 POUŽITIE STN 73 0422 PRESNOSŤ VYTYČOVANIA LÍNIOVÝCH A PLOŠNÝCH STAVIEB

Ukážku použitia noriem si uvedieme pri určení požiadavky na presnosť vytýčenia železnice podľa STN 73 0422.

Presnosť vytyčenia priestorovej polohy železnice sa posudzuje podľa kritérií pre presnosť vytyčenia hlavných bodov trasy a určenia výšky hlavných výškových bodov. Hlavné body trasy (*HB*) sú body v trase železnice. Rozdeľujú trasu na úseky o dĺžkach 150 až 500 m pre najväčšiu povolenú rýchlosť $V \leq 50 \text{ km h}^{-1}$ a na úseky 250 až 500 m pre $V > 50 \text{ km h}^{-1}$. Ako *HB* trasy sa používajú predovšetkým body na styku priameho úseku, prechodnice a oblúka železnice, body na styku dvoch protismerných oblúkov, v priamych úsekoch sú to body v odstupoch do 500 m. Hlavné výškové body sa vytyčujú do maximálnej vzdialenosti 200 m od trasy železnice.

Kritériom presnosti vytyčenia hlavných bodov trasy sú krajné odchýlky v ich súradniciach y a x a krajné hodnoty rozdielov odchýlok v súradniciach y a x susedných hlavných bodov trasy, sú uvedené v tab. 12.2. Kritériom presnosti určenia výšok hlavných výškových bodov je krajná výšková chyba, uvedená je v tab. 12.2. Presnosť určenia hlavných bodov trasy sa posudzuje vzhľadom k najbližším bodom ŠTS a k bodom ŠNS, ktoré z hľadiska vytyčovania považujeme za absolútne presné.

Krajné odchýlky *HB* trasy

Tabuľka 12.2

Kritérium presnosti	Najväčšia povolená rýchlosť	
	$V \leq 50 \text{ km h}^{-1}$	$V > 50 \text{ km h}^{-1}$
Krajná odchýlka v súradniciach y a x hlavných bodov trasy	120 mm	120 mm
Krajná odchýlka rozdielu odchýlok v súradniciach y a x susedných hlavných bodov trasy	60 mm	50 mm
Krajná výšková chyba hlavného výškového bodu	10 mm	6 mm

Presnosť podrobného vytyčenia železnice sa posudzuje podľa kritérií pre presnosť vytyčenia podrobných bodov trate, t. j. železničného spodku, železničného zvršku a príslušných zariadení železnice. Kritériom presnosti vytyčenia podrobných bodov železnice sú krajné pozdĺžne a priečne odchýlky, vzťahnuté k hlavným bodom trasy a krajné výškové odchýlky, vzťahnuté k hlavným výškovým bodom. Z nich si uvedieme hodnoty krajných pozdĺžnych odchýlok vytyčenia železničného zvršku (tab. 12.3). Závisia od vzdialenosti d od hlavného bodu trasy.

Krajné pozdĺžne odchýlky podrobného vytyčenia

Tabuľka 12.3

Najväčšia povolená rýchlosť	Krajné pozdĺžne odchýlky v [mm] bodov podrobného vytyčenia železničného zvršku pre vzdialenosť d [m]											
	10	20	40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
	[mm]											
$V \leq 50 \text{ km h}^{-1}$	11	14	19	22	25	28	34	38	42	46	53	59
$V > 50 \text{ km h}^{-1}$	11	14	18	20	23	25	29	33	37	40	45	50

Priečne odchýlky podrobného vytyčenia nesmú prekročiť hodnoty krajných priečných odchýlok podľa tab. 12.4. Okrem toho rozdiel priečných odchýlok dvoch susedných bodov podrobného vytyčenia vo vzájomnej vzdialenosti $d < 25 \text{ m}$ v priamom úseku a $d < 30 \text{ m}$ v oblúku, nesmú tiež prekročiť hodnoty krajných priečných odchýlok pre tieto vzdialenosti uvedené v tab. 12.4. Hodnota

krajnej priečnej odchýlky sa vyhľadá v tab. 12.4 podľa vzdialenosti d od najbližšieho bodu trasy a pre rozdiel priečných odchýlok podľa vzdialenosti dvoch susedných bodov podrobného vytyčenia.

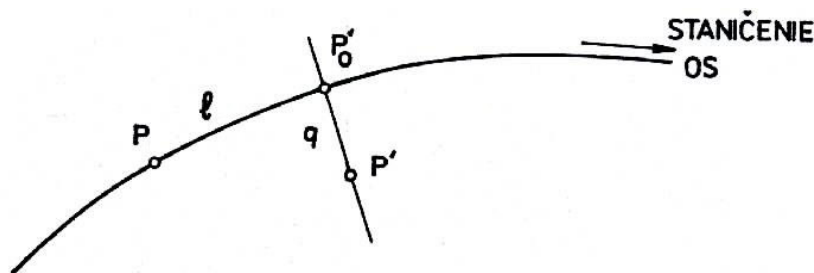
Krajné výškové odchýlky podrobného výškového vytyčenia bodov železničného zvršku pre $V \leq 50 \text{ km h}^{-1}$ sú 12 mm a $V > 50 \text{ km h}^{-1}$ 8 mm.

O tom, či sme neprekročili príslušné krajné odchýlky, sa presvedčíme na stykovom bode P_s , vytyčenom z dvoch vetiev oblúka (kap. 12.5.7), alebo kontrolným meraním napr. polárnou metódou s elektronickým meraním dĺžok, geometrickou niveláciou zo stredu atď. Po zohľadnení možných meračských chýb v meraní polárnych prvkov porovnáme projektované a dané súradnice u HB trasy. U podrobne vytyčených bodov zistíme pozdĺžne a priečne odchýlky, ktoré porovnáme s krajnými odchýlkami uvedenými v tab. 12.2 až 12.4. Pozdĺžnu odchýlku nám predstavuje na obr. 12.73 úsečka $PP'_0 \approx \ell$ a priečnu odchýlku úsečka q , keď P je projektovaná poloha bodu a P' je vytyčená poloha bodu. Výšková odchýlka je rozdiel medzi skutočne vytyčenou výškou podrobného bodu a jej projektovanou hodnotou. Ak empiricky zistená odchýlka prekračuje krajnú hodnotu odchýlky, príslušné vytyčovanie musíme zopakovať.

Krajné priečne odchýlky podrobného vytyčenia

Tabuľka 12.4

Krajné priečne odchýlky podrobného vytyčenia										Tabuľka 12.1	
Najväčšia povolená rýchlosť		Krajné pozdĺžne odchýlky v [mm] bodov podrobného vytyčenia železničného zvršku pre vzdialenosť <i>d</i> [m]									
		25 m		50 m		100 m		200 m			
		[mm]									
Priama <i>V</i> ≤ 50 km h ⁻¹		3		8		14		20			
trať <i>V</i> > 50 km h ⁻¹		2		5		10		15			
Oblúk <i>V</i> ≤ 50 km h ⁻¹ <i>V</i> > 50 km h ⁻¹		20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	80 m	100 m	200 m		
		5	11	14	17	19	22	25	30		
			4	8	10	12	14	16	20		



Obr. 12.73. Vyjadrenie pozdĺžnej a priečnej odchýlky

Analogicky postupujeme pri konfrontovaní empiricky zistených a krajných odchýlok u ďalších líniových a plošných objektov.

K samotnému vytyčovaniu pristupujeme až po analýze presnosti vytyčovania, v ktorej zohľadňujeme použité prístrojové vybavenie a technológiu vytyčovania. Odvedenú strednú chybu vytyčovania m_V porovnáme s krajnou vytyčovacíou odchýlkou u_{MV} (tab. 12.4) pri použití koeficienta konfidencie t_α (12.6). Ak platí $m_V \leq \frac{u_{MV}}{t_\alpha}$ potom s 95% pravdepodobnosťou neprekročíme krajnú vytyčovaciu odchýlku.