

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

Stavebná fakulta

Katedra geodézie

GEODÉZIA

**Interný učebný text katedry geodézie pre študentov bakalárskeho štúdia odboru
geodézia a kartografia a študentov stavebných odborov**

<http://svf.utc.sk/kgd/g>

Prof. Ing. Ladislav Bitterer, PhD.

2003

Predhovor k piatemu vydaniu

Geodézia je určená študentom bakalárskeho štúdia odboru geodézia a kartografia a študentom stavebných odborov na Stavebnej fakulte Žilinskej univerzity v Žiline.

Obsah učebného textu v niektorých kapitolách prekračuje rozsah učebných osnov predmetu geodézia. Predpokladám, že študenti si vyberú z textu to, čo patrí do profilu ich študijného zamerania. To čo je podľa môjho názoru navyše, môže byť užitočné pre tých čo sú v praxi.

Učebný text zodpovedá súčasnému vývoju vo vednom odbore geodézia a kartografia v oblasti terestrických meraní. Okrem základných meračských, výpočtových a zobrazovacích výkonov, v texte je aj časť inžinierskej geodézie ktorá priamo súvisí s výstavbou a rekonštrukciou dopravných objektov. V texte som venoval pozornosť hlavne tým geodetickým výkonom a prístrojovému vybaveniu, ktoré sú technologicky perspektívne a ich využívanie v praxi zvýši produktivitu práce a bezpečnosť pri práci. Cieľom učebného textu nie je predstaviť všetky geodetické prístroje používané v súčasnej geodetickej praxi. Do textu som zahrnul iba charakteristické prístroje a hlavne tie, ktoré má naše pracovisko vo svojom vybavení.

Text Geodézie v predloženej elektronickej podobe je okrem študentov určený tiež každému, kto pracuje v problematike geodézie, má o geodéziu záujem a má prístup na Internet.

Dnešnú podobu textu Geodézie som dlhodobo inovoval a vylepšoval. Predpokladám, že v tom budem pokračovať.

Ďakujem lektorom predchádzajúcich vydaní skript prof. Ing. Vlastimilovi Staněkovi, PhD. z TU Bratislava a Ing. Slavojovi Kádnerovi, CSc. dnes už dôchodcovi, ako aj členom katedry geodézie našej fakulty menovite doc. Ing. Jaroslavovi Šímovi, CSc. a doc. Ing. Jozefovi Štubňovi, CSc. a tiež naším asistentom, že mali trpezlivosť pracovať s predchádzajúcimi vydaniaми skript a za upozornenia na chyby, ktoré našli v skriptách.

Ďalej ďakujem pani Anne Weissovej za nakreslenie obrázkov a prepísanie rukopisu. Ďakujem mojej dcére Alene za dôkladnú korektúru textu a jazykovú úpravu. Bez ich pomoci by nebola vznikla táto učebná pomôcka a nemala by takú podobu akú má.

Na tento text Geodézie sa nevzťahujú postihovateľné autorské práva. Dávam ho k dispozícii všetkým čo majú záujem o geodéziu a chcú sa niečo z geodézie naučiť, resp. doplniť si čo zabudli. Text dovoľujem vytlačiť, kopírovať voľne rozmnožovať a uložiť na disk svojho počítača. Nech je tento text užitočný každému kto sa zaujíma o geodéziu.

V Žiline 12. 9. 2003

Prof. Ing. Ladislav Bitterer, PhD.

OBSAH

| | |
|--|----|
| 1. ZÁKLADNÉ POJMY A VZŤAHY V GEODÉZII | 8 |
| 1.1 Úlohy a rozdelenie geodézie | 8 |
| 1.2 Tvar a rozmery Zeme | 9 |
| 1.2.1 Tvar Zeme a jeho aproximácia | 11 |
| 1.2.2 Referenčný elipsoid | 13 |
| 1.3 Kartografické zobrazovanie | 14 |
| 1.4 Súradnicové systémy | 16 |
| 1.4.1 Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej | 17 |
| 1.4.2 Súradnicový systém 1942 | 19 |
| 2. JEDNOTKY MIER | 21 |
| 2.1 Dĺžkové miery | 21 |
| 2.2 Uhlové miery | 21 |
| 3. ZÁKLADY VYROVNÁVACIEHO POČTU | 23 |
| 3.1 Úlohy vyrovnávacieho počtu | 23 |
| 3.2 Momentové charakteristiky súboru meraní | 23 |
| 3.3 Klasifikácia chýb | 25 |
| 3.4 Gauss-Laplaceova frekvenčná krivka | 26 |
| 3.4.1 Intervalové odhady výskytu chýb | 27 |
| 3.4.2 Skúška nulovej hypotézy | 27 |
| 3.5 Váha merania | 29 |
| 3.6 Meračská dvojica | 30 |
| 3.7 Vyrovnávanie výsledkov merania metódou najmenších štvorcov | 31 |
| 3.7.1 Vyrovnávanie sprostredkujúcich meraní | 32 |
| 3.7.2 Vyrovnávanie podmienkových meraní | 34 |
| 3.8 Zákon súčtov stredných chýb | 37 |
| 4. MERANIE UHLOV | 40 |
| 4.1 Pomôcky na meranie zvislého a vodorovného smeru | 41 |
| 4.1.1 Olovnica | 41 |
| 4.1.2 Libely | 42 |
| 4.1.3 Kompenzátory | 43 |
| 4.2 Čítacie pomôcky a systémy | 45 |
| 4.3 Teodolity a ich popis | 49 |
| 4.3.1 Rozdelenie teodolitov | 51 |
| 4.3.2 Elektronické teodolity | 53 |
| 4.4 Príprava teodolitu na meranie | 56 |
| 4.4.1 Skúška a rektifikácia teodolitu | 59 |
| 4.4.2 Skúška osových podmienok elektronických teodolitov | 62 |
| 4.5 Metódy merania vodorovných uhlov | 63 |
| 4.5.1 Porovnanie presnosti merania uhlov násobením a v skupine | 68 |
| 4.5.2 Pramene chýb pri meraní vodorovných uhlov | 69 |
| 4.6 Meranie zvislých uhlov | 72 |
| 4.6.1 Pramene chýb pri meraní zvislých uhlov | 73 |
| 4.6.2 Postup pri meraní zvislých uhlov | 74 |
| 4.7 Meranie uhlov magnetickými prístrojmi | 75 |
| 4.7.1 Magnetické prístroje | 76 |
| 4.7.2 Meranie magnetických azimutov | 77 |
| 4.7.3 Využitie odmeraných magnetických azimutov | 78 |
| 4.7.4 Presnosť meranie magnetických azimutov | 79 |
| 4.8 Gyroskopická orientácia smerov | 79 |
| 5. MERANIE DÍŽOK | 83 |
| 5.1 Priame meranie dĺžok | 83 |
| 5.1.1 Meranie dĺžok latou | 84 |
| 5.1.2 Meranie dĺžok pásmom | 85 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 5.1.3 | Meranie dĺžky cez prekážky | 87 |
| 5.1.4 | Presnosť priameho merania dĺžok pásmom | 87 |
| 5.1.4.1 | Systematické chyby | 88 |
| 5.1.4.2 | Náhodné chyby | 92 |
| 5.1.4.3 | Opravy k odmeraným dĺžkam | 92 |
| 5.1.5 | Zásady merania dĺžok meračskými drôtni | 93 |
| 5.2 | Nepriame meranie dĺžok | 96 |
| 5.2.1 | Optické diaľkomery | 96 |
| 5.2.1.1 | Nitkové diaľkomery | 97 |
| 5.2.1.2 | Diagramové diaľkomery | 100 |
| 5.2.1.3 | Dvojobrazové diaľkomery | 102 |
| 5.2.1.4 | Diaľkomery s konštantnou dĺžkou laty | 105 |
| 5.2.1.5 | Diaľkomery bez laty | 110 |
| 5.2.2 | Elektronické diaľkomery | 111 |
| 5.2.2.1 | Fázové elektrooptické diaľkomery | 112 |
| 5.2.2.2 | Vyžadovaná presnosť merania dĺžok elektronickými diaľkomermi | 119 |
| 5.2.2.3 | Opravy k dĺžkam odmeraným elektronickými diaľkomermi | 120 |
| 6. | POLOHOVÉ BODOVÉ POLE | 121 |
| 6.1 | Stabilizácia a signalizácia bodov | 123 |
| 6.2 | Základné úlohy súradnicových výpočtov | 126 |
| 6.2.1 | Výpočet smerníka a dĺžky strany | 127 |
| 6.2.2 | Výpočet súradníc nového bodu (rajóna) | 130 |
| 6.3 | Trigonometrické metódy určovania polohy bodov | 130 |
| 6.3.1 | Určenie excentricity cieľa (signálu) | 131 |
| 6.3.2 | Pretínanie napred uhlami | 131 |
| 6.3.3 | Pretínanie napred z dĺžok | 133 |
| 6.3.4 | Pretínanie nazad (Pothenotova úloha) | 134 |
| 6.3.4.1 | Pretínanie nazad pomocným uhlom | 134 |
| 6.3.4.2 | Rozšírené pretínanie nazad | 136 |
| 6.3.4.3 | Pretínanie nazad pomocným bodom | 137 |
| 6.4 | Určovanie súradníc bodov polygónmi | 138 |
| 6.4.1 | Rozdelenie polygónov | 138 |
| 6.4.2 | Meranie polygónov | 140 |
| 6.4.3 | Pramene chýb pri meraní polygónov | 142 |
| 6.4.4 | Výpočet polygónov | 142 |
| 6.4.4.1 | Obojstranne pripojený a orientovaný polygón | 143 |
| 6.4.4.2 | Pripojenie polygónu na neprístupný bod | 148 |
| 6.4.4.3 | Vyhľadanie hrubých chýb v obojstranne pripojenom polygóne | 149 |
| 6.4.4.4 | Výpočet vloženého polygónu | 150 |
| 6.4.4.5 | Výpočet uzavretých polygónov | 151 |
| 6.4.4.6 | Určovanie súradníc bodov podrobného polohového bodového poľa rajónovou metódou | 152 |
| 6.4.4.7 | Metóda prechodného stanoviska | 153 |
| 6.4.5 | Trojuholníkové reťazce | 154 |
| 6.4.6 | Prehľad metód na určovanie súradníc bodov podľa triedy presnosti | 156 |
| 6.4.7 | Transformácia súradníc | 156 |
| 7. | VÝŠKOVÉ MERANIE | 158 |
| 7.1 | Výškové bodové pole | 159 |
| 7.2 | Trigonometrické meranie prevýšenia | 163 |
| 7.2.1 | Meranie prevýšenia na blízke body | 164 |
| 7.2.2 | Trigonometrická nivelácia | 166 |
| 7.2.3 | Meranie prevýšení na väčšie vzdialenosti | 167 |
| 7.2. | Presnosť trigonometrického merania prevýšení | 169 |
| 7.3 | Geometrická nivelácia | 170 |
| 7.3.1 | Nivelačné prístroje | 170 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.3.1.1 | Libelové nivelačné prístroje | 171 |
| 7.3.1.2 | Kompenzátorové nivelačné prístroje | 175 |
| 7.3.2 | Nivelačné pomôcky | 179 |
| 7.3.3 | Skúška a rektifikácia nivelačného prístroja | 180 |
| 7.3.4 | Geometrická nivelácia zo stredu | 184 |
| 7.3.4.1 | Postup merania v nivelačnej zostave | 184 |
| 7.3.4.2 | Meranie v nivelačnom oddieli | 184 |
| 7.3.4.3 | Meranie v nivelačnom úseku a nivelačnom polygóne | 187 |
| 7.3.5 | Rozbor presnosti nivelačných prác | 187 |
| 7.3.5.1 | Systematické chyby nivelácie | 187 |
| 7.3.5.2 | Náhodné chyby nivelácie | 189 |
| 7.3.6 | Rozbor presnosti geometrickej nivelácie zo stredu | 190 |
| 7.3.7 | Posudzovanie presnosti nivelačných prác | 193 |
| 7.3.8 | Vyrovnanie nivelačných meraní | 194 |
| 7.3.9 | Osobitné nivelačné práce | 196 |
| 7.3.9.1 | Určovanie prevýšenia cez vodné toky a prírodné prekážky | 196 |
| 7.3.9.2 | Nivelácia profilov | 197 |
| 7.3.9.3 | Hĺbkové meranie | 201 |
| 7.4 | Fyzikálne metódy určenia prevýšenia | 201 |
| 7.4.1 | Hydrostatické určenie prevýšenia | 201 |
| 7.4.2 | Barometrické určenie prevýšenia | 202 |
| 8. | MAPOVÉ PODKLADY PRE PROJEKTOVÚ DOKUMENTÁCIU | 204 |
| 8.1 | Mapy vyvyhotovované v systéme JTSC | 206 |
| 8.1.1 | Základné a účelové mapy veľkých mierok | 206 |
| 8.1.2 | Základná mapa SR 1:10 000 | 208 |
| 8.2 | Mapy vyhotovené v systéme 1942 | 209 |
| 9. | METÓDY PODROBNÉHO MERANIA | 212 |
| 9.1 | Podrobné meranie polohopisu | 213 |
| 9.1.1 | Metóda polárnych súradníc | 213 |
| 9.1.2 | Metóda pravouhlých súradníc | 217 |
| 9.1.3 | Metóda pretínania napred | 220 |
| 9.1.4 | Výpočty v pomocnej meračskej sieti | 220 |
| 9.1.4.1 | Výpočet rajóna vychádzajúceho z bodu na meračskej priamke | 220 |
| 9.1.4.2 | Výpočet bodu na kolmici | 221 |
| 9.1.4.3 | Výpočet staničenia a dĺžky kolmice | 222 |
| 9.1.4.4 | Výpočet súradníc priesečníka dvoch priamok | 222 |
| 9.2 | Metódy merania polohopisu a výškopisu | 223 |
| 9.2.1 | Plošná nivelácia | 223 |
| 9.2.2 | Tachymetria | 224 |
| 9.2.2.1 | Terénne práce v tachymetrii | 224 |
| 9.2.2.2 | Voľba podrobných bodov | 228 |
| 9.2.2.3 | Organizácia terénnych prác v tachymetrii | 230 |
| 9.2.2.4 | Výpočet tachymetrického zápisníka | 231 |
| 9.3 | Presnosť podrobného merania | 231 |
| 9.4 | Konštrukcia máp | 233 |
| 9.4.1 | Konštrukcia mapového listu v grafickej podobe | 233 |
| 9.4.2 | Konštrukcia mapového listu vo vektorovej podobe | 239 |
| 9.5 | Oprava a doplnenie obsahu mapy | 240 |
| 9.6 | Deformácia (zrážka) mapového podkladu | 241 |
| 10. | DIGITÁLNY MODEL RELIÉFU | 243 |
| 10.1 | Definícia digitálneho model reliéfu | 243 |
| 10.2 | Získavanie primárnych informácií | 245 |
| 10.3 | Model plochy reliéfu | 246 |
| 10.4 | Využitie digitálneho modelu reliéfu | 247 |

| | |
|---|-----|
| 11. URČOVANIE PLÔCH A OBJEMOV ZEMNÝCH PRÁC | 249 |
| 11.1 Výpočet plochy z odmeraných dĺžok | 249 |
| 11.2 Výpočet plochy zo súradníc | 250 |
| 11.3 Určovanie plochy z mapy | 251 |
| 11.3.1 Graficko-analytický spôsob určovania plôch | 252 |
| 11.3.2 Určovanie plôch planimetrami | 252 |
| 11.3.2.1 Siet'ové planimetre | 252 |
| 11.3.2.2 Polárne planimetre | 253 |
| 11.3.2.3 Presné polárne planimetre | 256 |
| 11.4 Požiadavky na presnosť určovania plôch | 257 |
| 11.5 Určovanie objemov | 258 |
| 11.5.1 Výpočet objemu z profilov | 258 |
| 11.5.2 Výpočet objemu podľa výsledkov plošnej nivelácie | 259 |
| 11.5.3 Výpočet objemu podľa vrstevnicovej mapy | 260 |
| 11.5.4 Výpočet objemu rozložením zemného telesa na pravidelné geometrické telesá | 261 |
| 11.6 Presnosť výpočtu objemov | 261 |
| 12. TECHNOLÓGIA VYTYČOVANIA | 262 |
| 12.1 Obsah vytyčovacieho výkresu | 262 |
| 12.2 Zákres skutočného stavu | 263 |
| 12.3 Určovanie presnosti vytyčovacích prác a kritériá kvality vytýčenia | 263 |
| 12.4 Prvky a metódy polohového vytyčovania | 265 |
| 12.4.1 Vytyčovanie dĺžok | 265 |
| 12.4.2 Vytyčovanie uhlov | 265 |
| 12.4.3 Vytyčovanie bodov | 266 |
| 12.4.4 Vytyčovanie priamok | 269 |
| 12.4.5 Vytyčovanie rovnobežných priamok | 271 |
| 12.4.6 Stabilizácia vytýčených bodov | 272 |
| 12.5 Vytyčovanie oblúkov | 274 |
| 12.5.1 Určenie stredového uhla | 274 |
| 12.5.2 Určenie polomeru kružnicového oblúka | 275 |
| 12.5.3 Vytyčovanie hlavných bodov kružnicového oblúka | 277 |
| 12.5.4 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka | 279 |
| 12.5.4.1 Vytyčovanie pravouhlými súradnicami od dotýčnice | 279 |
| 12.5.4.2 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka metódou semipolárnych súradníc | 280 |
| 12.5.4.3 Vytyčovanie podrobných bodov kružnicového oblúka metódou semipolárnych súradníc po obvode | 281 |
| 12.5.5 Vytyčovanie oblúkov s prechodnicami | 282 |
| 12.5.5.1 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare kubickej paraboly | 282 |
| 12.5.5.2 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare paraboly 5° | 284 |
| 12.5.5.3 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare paraboly 5° na protismerných oblúkoch | 286 |
| 12.5.5.4 Výpočet vytyčovacích prvkov medziľahlej prechodnice | 286 |
| 12.5.5.5 Výpočet vytyčovacích prvkov prechodnice v tvare klotoidy | 288 |
| 12.5.5.6 Výpočet dĺžok dotýčníc s nerovnakými veľkosťami krajných prechodníc | 289 |
| 12.5.6 Vytýčenie hlavných bodov kružnicového oblúka s krajnými prechodnicami v tvare paraboly 3° a 5° | 290 |
| 12.5.7 Vytýčenie kružnicového oblúka s prechodnicami v tvare klotoidy | 294 |
| 12.5.8 Podrobné vytyčovanie bodov prechodnice kružnicového oblúka pre smerovú opravu koľaje | 295 |
| 12.5.9 Kontrola vytýčenia prechodníc a oblúkov | 299 |
| 12.6 Vytýčenie normály ku krivke | 300 |
| 12.7 Výškové vytyčovanie | 300 |
| 12.7.1 Vytyčovanie priamky | 301 |
| 12.7.2 Výškové vytyčovanie krivky | 303 |
| 12.7.3 Vytyčovanie riadiacej čiary v teréne | 306 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 12.7.4 | Vytyčovanie vrstevnice v teréne | 306 |
| 12.7.5 | Vytyčovanie roviny | 306 |
| 12.7.6 | Vytyčovanie zvislíc | 308 |
| 12.8 | Použitie lasera pri vytyčovacích prácach | 309 |
| 12.8.1 | Charakteristiky laserových prístrojov | 309 |
| 12.8.2 | Použitie laserových prístrojov | 311 |
| 12.9 | Použitie STN 73 0422 Presnosť vytyčovania líniových a plošných stavieb | 314 |
| 13. | GEODETICKÉ PRÁCE V DOPRAVNOM STAVITELSTVE | 317 |
| 13.1 | Geodetické práce v cestnom stavitelstve | 318 |
| 13.1.1 | Vytýčenie projektu cesty | 319 |
| 13.1.2 | Zaistenie vytýčenej stavby | 320 |
| 13.1.3 | Vyznačenie obrysu zemného telesa | 321 |
| 13.2 | Geodetické práce v železničnom stavitelstve | 323 |
| 13.2.1 | Polygónová metóda | 324 |
| 13.2.2 | Metóda papršlekov a tetív (metóda semipolárnych súradníc) | 328 |
| 13.2.3 | Metóda dlhých tetív (Brandenburgova metóda) | 330 |
| 13.3.4 | Metóda polárnych súradníc | 334 |
| 13.3.5 | Spracovanie výsledkov merania | 334 |
| 13.4 | Geodetické práce v mostnom stavitelstve | 335 |
| 13.4.1 | Tvorba bodového poľa pre vytyčovanie a kontrolné merania na mostnom objekte | 335 |
| 13.4.2 | Vytýčenie charakteristických bodov osi mosta | 336 |
| 13.4.3 | Vytyčovanie spodnej stavby mosta | 336 |
| 13.4.4 | Kontrolné geodetické merania v priebehu výstavby mostného objektu a po jeho ukončení | 337 |
| 14. | MERANIE POSUNOV A PRETVORENÍ STAVIEB A ZOSUNOV | 340 |
| 14.1 | Meranie posunov a pretvorení stavebných objektov vplyvom statického a dynamického zaťaženia | 340 |
| 14.1.1 | Určenie koncepcie zaťažovacej skúšky a voľba vzťažného a pozorovaného bodového poľa | 341 |
| 14.1.2 | Vyžadovaná presnosť merania | 343 |
| 14.1.3 | Metódy merania posunov a pretvorení | 343 |
| 14.1.3.1 | Meranie zvislých posunov | 344 |
| 14.1.3.2 | Meranie posunov vo vodorovnom smere | 346 |
| 14.1.4 | Interpretácia výsledkov meraní | 348 |
| 14.2 | Merania zosuvných procesov | 348 |
| 14.2.1 | Vyžadovaná presnosť merania zosuvných procesov | 349 |
| 14.2.2 | Geodetické bodové pole | 349 |
| 14.2.3 | Stabilizácia bodového poľa | 351 |
| 14.2.4 | Metódy merania zosuvných procesov | 351 |
| 14.2.5 | Numerické spracovanie odmeraných veličín a grafické znázornenie pretvorení | 352 |
| 14.3 | Meranie účinkov banskej činnosti na stavebné objekty | 353 |
| 14.3.1 | Geodetické bodové pole na podkopanom území | 355 |
| 14.3.2 | Meranie a vyhodnotenie účinkov banskej činnosti | 355 |
| 15. | VÝPIS ZO ZNAČIEK V GEODÉZII A KARTOGRAFII STN 01 9322 | 357 |
| | LITERATÚRA | 359 |