

Доц. др Горан Маринковић дипл. инж. геод.
Проф. др Милан Трифковић дипл. инж. геод.
Проф. др Тоша Нинков дипл. инж. геод.

ОСНОВЕ ГЕОДЕЗИЈЕ

Нови Сад, 2016.

ПРЕДГОВОР

У предмету Увод у геодезију обрађују се геодетске мреже, геодетски премер и снимање детаља, карте и геодетски планови, геодетски инструменти и методе мерења углова, дужина и висинских разлика, као и примена савремених технологија у геодезији.

Уџбеник је намењен студентима Факултета техничких наука, студијског програма геодезија и геоматика. Написан је према плану и програму предмета Увод у геодезију, који се изучава на првој години академских студија. Уџбеник је настао првенствено, са циљем да се студентима олакша припремање испита, као и да се детаљније обради она материја која је актуелна у геодетској пракси.

С обзиром на практично елементарни садржај, уџбеник могу користити и студенти виших школа и факултета, као и ђаци средњих школа у којима се изучавају елементарни појмови о геодезији.

За израду овог уџбеника кориштена је сва доступна расположива литература, како домаћа, тако и страна.

Овом приликом се захваљујемо Проф. др Ивану Алексићу и Доц. др Павелу Бенки, на савесној рецензији и корисним сугестијама.

Нови Сад, септембар 2016.

А У Т О Р И

САДРЖАЈ

1.	ОПШТИ ПОЈМОВИ	1
1.1.	Дефиниција, задатак и подела геодезије. Принцип контроле.....	1
1.2.	Историјски осврт на развој геодезије.....	2
1.2.1.	Први мерни инструменти	7
1.3.	Геодезија и остале науке	8
1.4.	Облик и димензије земље.....	10
1.5.	Нивоска површ. Апсолутна и релативна висина. Редукција.....	12
1.6.	Појам мерења	14
1.7.	Интернационални систем мерних јединица (SI) у геодезији	16
1.8.	Грешке мерења.....	20
1.8.1.	Грубе грешке	21
1.8.2.	Систематске грешке	22
1.8.3.	Случајне грешке	23
1.9.	Кординатни системи у геодезији.....	23
1.9.1.	Просторни географски координатни систем	23
1.9.2.	Светски геодетски координатни систем WGS84.....	24
1.9.3.	Државни координатни систем и координате у равни пројекције	25
1.9.4.	UTM Пројекција	30
2.	МЕРЕЊЕ УГЛОВА.....	33
2.1.	Принцип мерења угла.....	33
2.2.	Инструменти за мерење угла	35
2.2.1.	Либеле	38
2.2.1.1.	Цеваста либела	38
2.2.1.2.	Центрична либела.....	40
2.2.2.	Дурбин.....	41
2.2.2.1.	Кончаница	42
2.2.3.	Осе теодолита	44
2.2.4.	Испитивање и ректификација инструмената за мерење хоризонталних углова	45
2.2.4.1.	Испитивање и ректификација електронских теодолита	50
2.2.5.	Постављање теодолита у пложај за мерење.....	51
2.2.5.1.	Хоризонтирање теодолита.....	51
2.2.5.2.	Центрисање теодолита.....	52
2.3.	Мерење хоризонталних углова.....	54
2.3.1.	Проста метода.....	54
2.3.2.	Гирусна метода.....	55
2.4.	Вертикални углови	58
2.4.1.	Инструменти за мерење вертикалних углова. Врсте лимбова	59
2.4.2.	Методe мерења верикалних углова (зенитних одстојања)	61
2.4.2.1.	Проста метода.....	61
2.4.2.2.	Гирусна метода.....	61
3.	МЕРЕЊЕ ДУЖИНА	64
3.1.	Мерење дужина пантљиком.....	64
3.1.1.	Мерење дужина по равном терену.....	65
3.1.2.	Мерење дужина по косом терену.....	67

3.2.	Мерење дужина оптичким даљиномером.....	68
3.2.1.	Рајхенбахов даљиномер.....	68
3.2.1.1.	Испитивање и ректификација Рајхенбаховог даљиномера	71
3.2.2.	Мерење дужина ауторедукционим тахиметром	72
3.3.	Мерење дужина електро-оптичким даљиномером	74
4.	НИВЕЛМАН	78
4.1.	Појам и подела	78
4.2.	Геометријски нивелман.....	79
4.2.1.	Прибор за нивелање	81
4.2.2.	Мерење висинских разлика у генералном нивелману	84
4.3.	Нивелмански инструменти	88
4.3.1.	Класични нивелири	91
4.3.1.1.	Испитивање и ректификација класичних нивелира	92
4.3.2.	Аутоматски нивелири	95
4.3.2.1.	Принцип рада аутоматских нивелира.....	96
4.3.2.2.	Испитивање и ректификација аутоматских нивелира	97
4.3.2.3.	Преглед аутоматских нивелира различитих произвођача	98
4.3.3.	Ласерски нивелири.....	100
4.3.3.1.	Преглед ласерских нивелира различитих произвођача	101
4.3.4.	Дигитални (електронски) нивелири.....	103
4.3.4.1.	Принцип рада дигиталних нивелира	104
4.3.4.2.	Преглед дигиталних нивелира различитих произвођача	106
4.4.	Тригонометријски нивелман.....	108
4.5.	Хидростатички нивелман.....	110
4.6.	Барометарски нивелман	112
5.	ГЕОДЕТСКА ОСНОВА	113
5.1.	Тригонометријска мрежа	113
5.2.	Полигонска мрежа	115
5.2.1.	Основни појмови	115
5.2.2.	Рачунање дирекционог угла и дужине из координата крајњих тачака	117
5.2.3.	Класификације полигонске мреже.....	119
5.2.4.	Пројектовање и рекогносцирање полигонске мреже.....	120
5.2.5.	Врсте и типови белега којима се обележавају полигонске тачке.....	122
5.2.6.	Укопавање (постављање) белега.....	126
5.2.7.	Нумерисање полигонских тачака.....	127
5.2.8.	Опис положаја полигонских тачака.....	128
5.2.9.	Решавање троугла.....	129
5.2.9.1.	Решавање троугла применом синусне теореме	130
5.2.9.2.	Решавање троугла применом косинусне теореме	132
5.2.9.3.	Решавање троугла применом тангенсне теореме	133
5.3.	Линијска мрежа.....	135
5.4.	Нивелманска мрежа	137
5.4.1.	Рекогносцирање нивелманске мреже	139
5.4.2.	Врсте и типови белега којима се обележавају репери	139
5.4.3.	Стабилизација белега репера.....	140

5.4.4.	Нумерисање репера	142
5.4.5.	Опис положаја репера	142
6.	ГЕОДЕТСКИ ПРЕМЕР	145
6.1.	Дефиниција и циљ премера	145
6.2.	Садржај премера	146
6.3.	Врсте премера	146
6.4.	Извршење премера	148
6.5.	Методe снимања детаља	151
6.5.1.	Топографска метода	152
6.5.2.	Фотограметријска метода	153
6.5.3.	Поларна метода снимања	156
6.5.3.1.	Одређивања координата детаљних тачака снимљених поларном методом	157
6.5.3.2.	Тотална станица (електронски теодолит и даљиномер)	158
6.5.4.	Ортогонална метода	163
6.5.5.	Метода глобалног сателитског позиционирања – GPS	164
6.5.5.1.	Космички сегмент	165
6.5.5.2.	Контролни сегмент	166
6.5.5.3.	Кориснички сегмент	166
6.5.5.4.	Снимање детаља GPS методом	169
6.5.6.	Сателитски снимци	171
7.	ГЕОДЕТСКИ ПЛАНОВИ	172
7.1.	Карте	172
7.2.	Геодетски планови	172
7.3.	Размера	173
7.4.	Материјали за израду планова	176
7.5.	Основни појмови о дигиталном геодетском плану	178
7.6.	Подела на листове - Гаус Кригера пројекција	180
7.6.1.	Подела на тригонометријске секције	180
7.6.2.	Подела на листове плана размере 1:5000	181
7.6.3.	Подела на листове плана размере 1:2500	181
7.6.4.	Подела на листове плана размере 1:2000	182
7.6.5.	Подела на листове плана размере 1:1000	183
7.6.6.	Подела на листове плана размере 1:500	183
7.6.7.	Подела на скице детаља	184
7.6.8.	Нумерисање листова у оквиру катастарске општине	185
7.6.9.	Координатна мрежа - намена и изглед	187
7.7.	Подела на листове - UTM пројекција	188
7.7.1.	Основа за поделу на листове	188
7.7.2.	Подела на листове плана размере 1:50 000	190
7.7.3.	Подела на листове плана размере 1:5 000	191
7.7.4.	Подела на листове плана размере 1:2500	192
7.7.5.	Подела на листове плана размере 1:1 000	193
7.7.6.	Подела на листове плана размере 1:500	194
	ЛИТЕРАТУРА	195

1. ОПШТИ ПОЈМОВИ

1.1. Дефиниција, задатак и подела геодезије. Принцип контроле

Геодезија је термин који је настао од грчких речи “geos” - земља и “dezis” - мери, односно у буквалном преводу “мерење земље”. Постоји више дефиниција геодезије, од којих ће неке бити дате у наставку текста

Најстарију дефиницију је дао Хелмерт, 1880. године, и она гласи:

„Геодезија је наука мерења и представљања земљине површи“.

Једна од дефиниција, која се користи у новије време гласи:

„Геодезија је наука која се бави мерењем и представљањем земљине површине, укључујући и њено гравитационо поље, у тродимензионом простору који се мења временом“.

У питању је грана примењене математике која одређује облик и површину делова земљине површи, као и облик целе земље.

Геодезија се бави, како стручном, тако и научном проблематиком, па се према томе дели на:

1. Вишу или научну геодезију - бави се обликом и димензијама Земље, као и гравитационим пољем (узима у обзир закривљеност), и
2. Нижу или практичну геодезију - бави се премером земљишта на основу кога се израђују геодетски планови, нпр. топографски, катастарски итд. (не узима се у обзир закривљеност). Радови из ниже геодезије се надовезују на радове из више геодезије.

У геодезији је развијено низ поддисциплина, као што су:

- физичка геодезија;
- сателитска геодезија;
- математичка геодезија;
- космичка геодезија;
- инерцијална геодезија, итд.

Основна систематизација функција геодезије у савремено доба, извршена је на следећи начин:

1. Одређивање положаја тачака (позиционирање) - може бити појединачно или као део мреже, апсолутно (у односу на координатни систем) и релативно (у односу на друге тачке).
2. Изучавање Земљиног гравитационог поља - познавање гравитационог поља је неопходно за трансформацију геодетских опажања, извршених у физичком простору, у геометријски простор, у коме се дефинишу положаји. Неопходно је и у пројектима који се односе на физичко окружење.
3. Проучавање промена положаја и гравитационог поља током времена - ове промене се могу приписати бројним утицајима: оптерећење и растерећење земљине коре, тектонске силе, плима итд. Узроци припадају геофизици, али је геометријски аспект у домену геодезије.

Геодетски радови се састоје из мерења која се обављају на терену и њихове обраде која се обавља у канцеларији. У том процесу се, и поред највеће пажње и савесног рада геодетских стручњака, јављају грешке. Зато се принцип контроле доследно поштује у свим фазама геодетских радова.

Принцип контроле је један од основних принципа у свим врстама геодетских (теренских и канцеларијских) радова.

Контрола теренских мерења се врши:

- мерењем одређених величина више пута;
- провером да ли мерени резултати задовољавају унапред дефинисане математичке услове.

Контрола рачунања и картирања је такође неопходна и зависи од врсте рачунања и начина картирања.

У току мерења појављују се одступања, која се морају налазити у границама унапред дефинисаних вредности, односно дозвољених одступања. Дозвољена одступања представљају критеријум за праћење и контролу геодетских мерења и рачунања.

1.2. Историјски осврт на развој геодезије

Најстарији писани извори потврђују да је геодезија једна од најстаријих наука. Први трагови постојања геодезије, забележени су код Грка, Кинеза, Асираца, Вавилонаца, Египћана и Римљана, који су геодезију примењивали ради одређивања граница поседа, изградње тадашњих система за наводњавање и сличних радова извођених на земљишту.

За потребе управљања земљиштем и сакупљања пореза, већ су прве цивилизације познавале пописе земљишта, заједно с именима власника, димензијама земљишта и плановима. Прва налазишта сежу у доба Сумерана 2200. године п.н.е. На подручју Сумера, уз ушће Еуфрата и Тигриса нађена је глинена плочица с нацртом земљишта подељеног на парцеле, израчунатих површина на једној, и прегледом појединачних површина са наведеним обрађеним редовима, на другој страни. Налазиште је могуће повезати с тадашњим пореским системом и системом власништва.

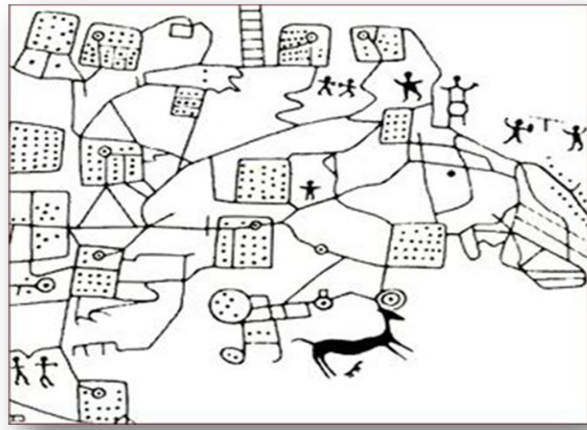
Египћани су за потребе пољопривреде изводили системски попис земљишта заједно с површином и подацима о власницима земљишта. Пописи уведени још у Старом краљевству пре 2000. године п.н.е., служили су надзору над употребом земљишта, и одређивању пореза. Попис земљишта с подацима о власницима је сваке године, након поплава у Египту, укључивао и оцену приноса земљишта. Принцип премера земљишта приказан је и на зидним сликама пирамида (слика 1.1.).



Слика 1.1: Мерење у Старом Египту вршено је са 12 лактова дугим пантљиком, 3. век п.н.е.

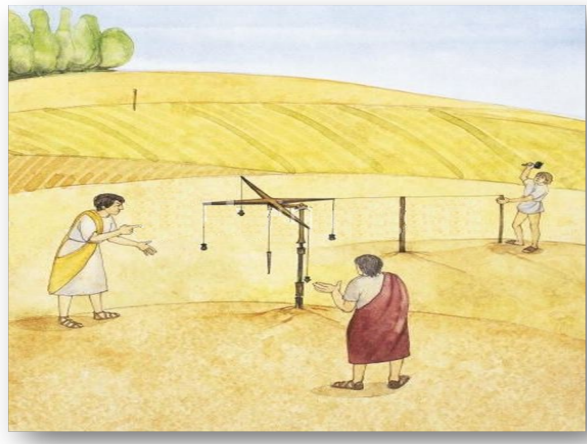
Од Египћана начин вођења пописа земљишта су преузели Грци, који су податке користили за висину пореза. Мерење и попис земљишта се вршио и при подели земљишта. Римљани су такође познавали попис и мерење земљишта ради опорезивања и поделе земљишта. Израде планова подељених земљишта (formae) сежу код Римљана још у 2. век п.н.е. Римљани су имали њиве премерених површина и уврштених у 5 категорија, у односу на приносе и употребу. Попис земљишта заједно са пописом воћки, живине, чланова породице власника, његових радника и робова, представљао је основу за одређивање пореза на пољопривредну производњу.

Као пример интересантних старих планова земљишта, треба навести 4 m широк план, начињен на зиду у северној Италији (слика 1.2.), где линије представљају потоке, канале система наводњавања и путеве, круг с тачком је фонтана, правоугаоници представљају обрађене површине.



Слика 1.2: План уклесан на површини стене пронађен у северној Италији, 1600.–1400. п.н.е

Римска држава је већ за време Серија Оулија, 578.–534. године п.н.е., имала уведен порез на земљиште, чију је основу чинио цензус утврђен на основу површине, начина коришћења, бонитета и прихода са земљишта израженог у количини производа (слика 1.3.). Постоје индикације да је у време Римског царства постојао преглед о земљишту заснован на премери земљишта. Претпоставља се да су књиге зване „*capitastra*“ састављене на основу изјаве власника и планова поседа. Планови су, у фигуративном смислу, представљали слику терена у приближној размери.



Слика 1.3: Карактеристике римског премера-инструмент „грома“

Први документовани трагови геодезије потичу од Талеса из Милета (625.-547. п.н.е.), општепризнатог оснивача тригонометрије. Његов концепт Земље сводио се на тело облика диска које плива по бесконачно великом океану.

Анаксимандар из Милета (611.-545. п.н.е.), иначе Талесов савременик, имао је нешто другачију представу. Сматрао је да је Земља цилиндрична, са осом оријентисаном у правцу исток-запад. Он је био и први научник који је користио концепт небеске сфере.

Анаксимен, Анаксимандаров ученик, модификовао је Талесов концепт коначним океаном, који се у простору одржава помоћу компримованог ваздуха.

Учење Питагоре (580.-500. п.н.е.), прво је које је промовисало Земљу као сферу, што је представљало идеју која ће преживети преко два миленијума. Рад његове школе синтетизовао је касније Филолеј (половина петог века п.н.е.), који је уједно и први који је предложио негеоцентрични космос чији је центар „централна ватра“.

Пошто се по овом концепту Сунце и остала небеска тела окрећу око централне ватре, он се не може назвати хелиоцентричним.

Крајем шестог века п.н.е., Хекатеј из Милета је саставио једну од првих познатих карата света. Она живописно илуструје ограничено знање старих Грка, и предрасуде које су имали о свету.

Астрономија је настављала да се развија, иако се често базирала не на опажањима, већ на филозофским погледима на свет.

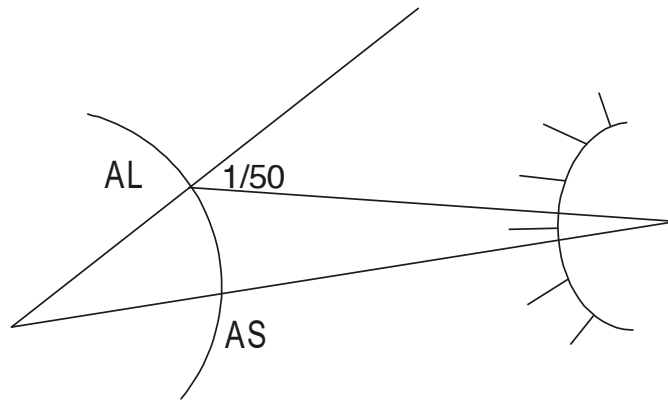
Анаксагора (500.-428. п.н.е.) је први уочио сферни облик Месеца и објаснио дневно кретање Сунца и Месеца.

Прву карту звезданог неба израдио је Еудокс (408.-355. п.н.е.), који је такође знао скоро тачно трајање сунчане године (365.25 дана), вредност која је вероватно преузета од Египћана.

Колико је геодезија стара наука, говори и чињеница да је Питагора први закључио да је Земља сферног облика, што је касније (4. век п.н.е.), примитивним геодетским мерењима, Аристотел и доказао, и наговестио постојање гравитације.

Прва мерења у циљу одређивања облика и димензија Земље (слика 1.4.), извршена су још у 3. веку п.н.е. Прва и најзначајнија мерења извршио је чувени александријски геодета Ератостен. На основу својих мерења је одредио обим наше планете, што се сматра првим подацима о димензијама земље.

Све до 17. века, сматрало се да је Земља у облику лопте. Исак Њутн је први констатовао да Земља нема облик лопте, већ је користећи теорију о привлачности тела, претпоставио да је Земља облика обртног елипсоида. Уз претпоставку да је у свом настанку Земља била усијана течна маса, која се ротирала око своје осе, облик Земље морао се формирати као обртни елипсоид (обртни елипсоид је тело које настаје ротацијом елипсе око мање осе).



Слика 1.4: Приказ Ератостенових мерења

Велики број научника се бавио одређивањем облика и величине Земље. Одређивање је вршено на основу мерења дужине меридијана и централног угла (степенска мерења). Набројаћемо неке:

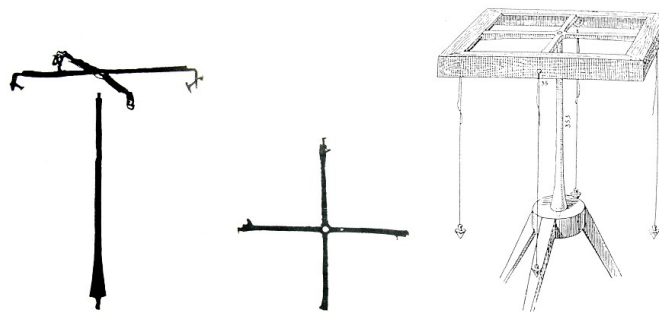
- Херон (1. век н.е.) пише практичну геометрију, а у то време Птоломеј издаје "Алмагест" (геоцентрични систем, значајан до 17. века, до када траје и период стагнације).
- Путовања Колумба, Васка де Гаме, Магелана, итд. (16. век), утичу на развој картографије.
- Коперник, Бруно, Кеплер, Галилеј (16. и 17. век), су због хелиоцентричне теорије прогањани од католичке цркве.
- Снелијус (17. век) употребљава метод за одређивање дужине меридијана помоћу мерења дужина и углова - триангулација. Са Пикаром је показао да су теренска геодетска мерења углова и дужина, оружје за релативно позиционирање.
- Њутн (17. век) је на основу Закона гравитације закључио да је Земља спљоштена на половима.
- Руђер Бошковић (18. век) је унапредио технику мерења, предложио контролу сувишним мерењима, предложио изравнање уз услов да збир апсолутних вредности поправака буде минималан.
- Гаус (19. век) је један од најзначајнијих геодета за развој геодезије. Његова најзначајнија геодетска дела су: теорија геодетске линије, геодетске кривине, тригонометријска мрежа Хановера и изравнање методом најмањих квадрата.

Појава рачунара и савремених технологија у 20. веку, мењају размишљање геодеата. Појаве, које су у том периоду значајно утицале на рад геодеата уопште, су:

- Електронско мерење дужина - револуционарна промена у теренским геодетским мерењима.
- Лансирањем сателита омогућено је позиционирање тачака без њиховог међусобног догледања - GPS.
- Примена и развој микроелектронике унапредила све врсте геодетских мерења.

1.2.1. Први мерни инструменти

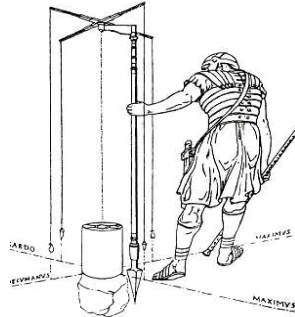
Први мерни инструмент који је познат науци, звао се Грома. Поред римског лимеса, близу *Eichstatta*, у месту Pfunz, 1900. године, откривена су два археолошка предмета (слика 1.5.). Гвоздени крст са краковима под правим углом, који је у средини имао рупу. Сваки завршетак крака је био савијен под правим углом и био је пробушен. У рупи су се и даље налазили гвоздени клинови. Други предмет је био 35.5 центиметара дугачак гвоздени штап округлог пресека. На горњој страни је био сужен и завршавао се малом осовином на коју се први предмет могао ставити. Доњи део се пирамидално проширивао и завршавао малом осовином. Пронађени предмети били су саставни делови античке гrome.



Слика 1.5: Античка гroma откривена 1900. године

У радионици Вера у Помпејима, 1912. године, откривени су остаци геодеетског прибора и то два стандардна виска, мерна летва, трасирка, кутија од слоноваче са угравираним сунчаним сатом и мерна стопа. Међу осталим прибором нађени су и дотад једини комплетни остаци гrome. Два једнако дугачка и окована крака гrome постављени су под углом од 90 степени. Њихова дужина износила је око 88 центиметара или три римске стопе (1 римска стопа износи 29.63 центиметра).

Носач кракова или статив (*ferramentum*) имао је шиљати метални наставак да би се лакше могао забити у земљу. На врху носача се налазила избочена конзола са малом осовином на горе, на коју су се качили краци грома. У водоравној равни кракови су се могли слободно окретати око ове осовине. Мерења (слика 1.6.) су се вршила над претходно стабилизованим централним каменом или „пупком“ (*umbilicus soli*).



Слика 1.6: Реконструкција грома и центрирање над централним каменом или „пупком“

Само значење речи грома још није разјашњено, а до скоро се сматрало да потиче од грчке речи *gnoma* – дух, спознаја. Међутим ова етимологија није задовољавајуће поуздана, јер је археолошки доказано да су стари Етрурчани још у далекој историји употребљавали неку геодетску справу за обележавање правоугаоног тлоцрта својих храмова и светих гајева“, а под правим углом су се секле и улице њиховог каснобронзаног *terramare* насеља код Парме.

1.3. Геодезија и остале науке

Геодезија се као наука заснива на неколико научних дисциплина. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ГЕОДЕЗИЈЕ, пре свега чине:

- Математика - основни градивни елемент геодезије који обезбеђује методе за анализу и обраду резултата мерења. Геодезија је грана примењене математике, и у суштини је геометрија примењена на земљиној површи.
- Физика - мерења се изводе у физичком простору, па се морају познавати законитости унутар њега. То се односи, пре свега, на гравитационо поље, кретање електромагнетних таласа, оптику, механику итд.
- Информатика - компјутерске науке неопходне за рачунарску обраду велике количине података при решавању многих геодетских проблема.

Исто тако и неке друге научне дисциплине не би могле функционисати без геодезије. МЕЂУСОБНО САДЕЈСТВО са геодезијом првенствено имају:

- Геофизика - користи положајне и геометријске информације које обезбеђује геодезија, а гравиметријска мерења су неопходна за познавање распореда подземних маса.
- Астрономија - развијала се заједно са геодезијом, коју је користила за одређивање почетних или контролних тачака.
- Наука о космичком простору - геометрија спољњег Земљиног гравитационог поља, значајна за космичке орбите, а вештачки сателити омогућују позиционирање (Сателитска геодезија - Метода ГПС).
- Атмосферске науке - користе геодетске податке о положајима и гравитацији, а геодезији су потребни што тачнији модели атмосферске рефракције, као и остали метеоролошки подаци за корекцију мерених величина.
- Океанографија - заједничко позиционирање и одређивање померања обалских линија. Мареографи су мерни уређаји за одређивање релативних висина приобалног нивоа мора.
- Геологија - користи геодетске податке за израду сопствених карата, а пружа информације о стабилности терена које су неопходне за избор места за постављање геодетских белега.

Осим набројаних, још много дисциплина се базира на подацима геодетских мерења. Неке од њих су:

- Урбанизам и просторно планирање;
- Заштита животне средине и екологија;
- Географија;
- Хидрографија;
- Планетологија.

У току развоја и напретка геодезије, дошло је до издвајања низа посебних геодетских дисциплина. Посебне дисциплине које су настале из геодезије, у првом реду су:

- КАРТОГРАФИЈА - проучава методе представљања делова Земље на раван карте. Настала је од латинских речи “carto” - лист и “grafein” – писати. Састоји се од:

- Математичке картографије – разматра и проучава методе пресликавања закривљене земљине површи на раван. Пресликавање се врши на основу математичких закона, тј. картографским пројекцијама.
- Практична картографија - даје практична решења задатака који представљају општу картографију.
- ФОТОГРАМЕТРИЈА - подразумева израду геодетских планова терена на основу фотографских снимака. Састоји се од:
 - Аерофотограметрије – изводи се на тај начин што се фотокамера налази у авиону и врши снимање из ваздуха.
 - Терестричке фотограметрије - фототеодолитом се врши снимање са Земље.
- ИНЖЕЊЕРСКА ГЕОДЕЗИЈА (примењена геодезија) - бави се специфичним геодетским радовима приликом изградње грађевинских објеката и неопходна је за њихово: пројектовање (подразумева снимање претходног стања), изградњу (подразумева обележавање на терену) и експлоатацију (подразумева праћење померања итд.).
- КАТАСТАР - је методолошки организован јавни инвентар података о непокретностима, у држави или области, и базиран је на премери граница непокретности.

1.4. Облик и димензије земље

Физичка површ земље је чврст и течан део наше планете који је одваја од њене атмосфере. Ову површ није могуће математички дефинисати, па је треба заменити неком другом површи.

У првом приближењу, за многе радове је довољна апроксимација да је земља лопта (сфера). Ако се тражи већа тачност, у наредном приближењу се сматра да је земља обртни елипсоид. Права која стоји управно на површ елипсоида назива се нормала елипсоида.

Када би се површ идеално мирног мора простирала испод копна таква површ би представљала геоид. Права која је управна на површ геоида назива се вертикала. Правац вертикале се може материјализовати помоћу канапа и виска на који делује сила земљине теже.

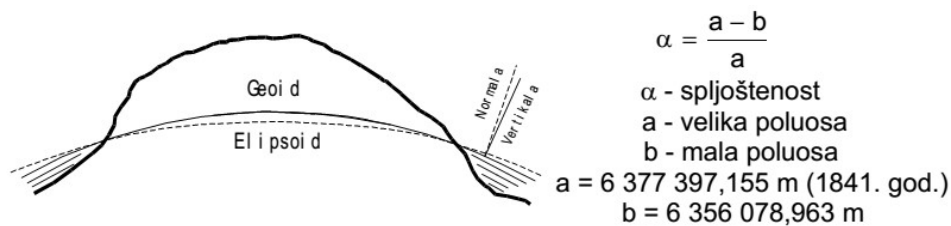
Обзиром да геоид није математички дефинисан замењује се обртним елипсоидом, који му за то подручје највише одговара и он се назива референц елипсоид. Према

томе референц елипсоид је елипсоид који најбоље апроксимира део геоида, односно његово одређено подручје. Елипсоид који би се најбоље прилагодио геоиду за читаву Земљу, назива се општи елипсоид.

При одступању геоида од елипсоида (слика 1.7.), неће се поклапати вертикала са нормалом - реч је о одступању вертикале. Ова одступања се могу мерити и дају информације о растојању између елипсоида и геоида.

На основу астрогеодетских и гравиметријских мерења на територији читаве површи геоида, могла би бити измерена одступања вертикале (ред величине неколико секунди), на основу којих би се срачунао општи елипсоид.

Одређивањем димензија елипсоида се бавило више држава у различито време и за различита подручја. Тако се данас у свету користе елипсоиди: Бесела, Хајфорда, Красовског, WGS-84, итд.

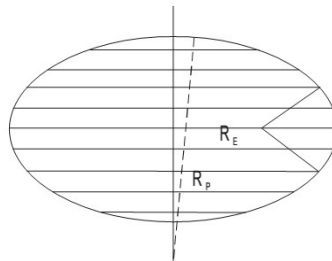


Слика 1.7 : Физичка површ земље, геоид и елипсоид

Пресеци елипсоида равнима које садрже обртну осу елипсоида дају елипсе које се називају меридијани (подневци) (слика 1.8.).

Пресеци елипсоида равнима управнима на обртну осу су кругови који се називају паралеле (упоредници) (слика 1.8.).

Пресеци елипсоида равнима које садрже нормалу неке тачке елипсоида називају се нормални пресеци.



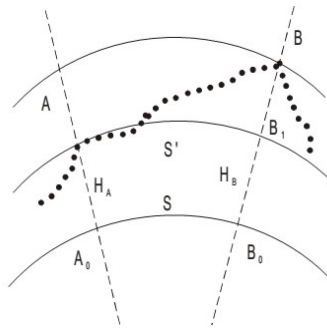
Слика 1.8: Меридијани и паралеле

1.5. Нивоска површ. Апсолутна и релативна висина. Редуција

Површ по којој се нека тачка може кретати без утrophа енергије, назива се нивоска површ. Нивоска површ која се поклапа са површи воде идеално мирних мора и океана назива се нулта нивоска површ. Ова површ се поклапа са површи геоида.

За мала подручја земљине површи, геоид се може заменити са равни, па се и рачунања могу вршити на усвојеној равни.

Кроз сваку тачку на физичкој површи земље пролази одговарајућа нивоска површ, која је управна на правац силе земљине теже (слика 1.9.).



Слика 1.9: Апсолутна и релативна висина

НАДМОРСКА ВИСИНА или апсолутна висина H_A представља растојање између нулте нивоске површи и те тачке, мерено по вертикали ($H_A = AA_0$).

Висинска разлика пружа информацију колико је нека тачка виша или нижа од друге (у односу на нулту нивоску површ), па може бити позитивна или негативна.

ВИСИНСКА РАЗЛИКА или релативна висина између две тачке, је растојање између њихових нивоских површи, по правцу вертикале $\Delta H_{AB} = H_B - H_A$.

Разлике апсолутних висина (надморских висина) представљају релативне висине (висинске разлике).

Редукована дужина на нивоску површ ($S' = S_{A-B1}$), представља растојање између неке тачке која се налази на тој нивоској површи (A) и пројекције друге тачке на исту нивоску површ (B_1), гледано по посматраној нивоској површи.

Редукована дужина на нулту нивоску површ ($S = S_{A0-B0}$), представља растојање између пројекција двеју тачака на нулту нивоску површ (A_0 и B_0), гледано по нултој нивоској површи. У наставку текста је представљен начин свођења мерене

дужине на нулту нивоску површ, односно начин рачунања поправке за свођење косо мерених дужина на нулту нивоску површ (редукција).

На слици 1.9. су уведене следеће ознаке:

AB - косо мерена дужина;

S' - редукована дужина нивоску површ тачке A;

S - редукована дужина на нулту нивоску површ.

На основу слике 1.9. може се написати пропорција

$$S : S' = R : (R + H_A) \quad (1.1)$$

одакле следи

$$S = \frac{S' R}{R + H_A} \quad (1.2)$$

Обзиром да редукција представља разлику дужина сведених на нивоску и нулту нивоску површ, може се писати

$$S' - S = S' - \frac{S' R}{R + H_A} = S' \left(1 - \frac{R}{R + H_A}\right) = S' \frac{R + H_A - R}{R + H_A} = S' \frac{H_A}{R + H_A} \quad (1.3)$$

Имајући у виду да је H_A је занемарљиво мало у односу на R, долазимо до коначног израза

$$S' - S = S' \frac{H_A}{R} \quad (1.4)$$

што представља редукцију дужине на нулту нивоску површ.

Растојање између тачака A_0 и B_0 је косо мерена дужина сведена на нулту нивоску површ.

У табели 1.1. је дата редукција за поједине дужине страница и надморске висине.

AB_l	$H_A = 500 \text{ m}$	$H_A = 1000 \text{ m}$	$H_A = 2000 \text{ m}$
1 km	8 cm	16 cm	31 cm
5 km	38 cm	78 cm	157 cm

Табела 1.1: Редукција за поједине дужине страница и надморске висине

1.6. Појам мерења

Мерења се налазе у основи свих геодетских рачунања. Задатак геодетског стручњака јесте да у складу са захтевима тачности утврди тип, обим и процедуру мерења и изврши анализу резултата мерења. У премеру се мере различите величине, као што су: дужина, угао, висинска разлика, време, убрзање силе земљине теже, температура, атмосферски притисак и сл. У оквиру овог уџбеника биће обрађене методе мерења углова, дужина и висинских разлика.

У пракси, често се изрази мерење и опажање преплићу, тако да се стиче утисак да између њих и нема разлике. Израз опажање у пракси се користи да укаже на операцију, процес или њен исход. Са аспекта обраде података исходи, посебно нумерички, третирају се као опажања, док се сам поступак реализовања вредности мерене величине назива мерењем.

Обзиром да су се у пракси већ усталили термини као што су мерење дужина, углова, температуре и сл., разматрање концепта мерења не ствара никакве потешкоће. Уколико се мало удуби у операцију мерења, видеће се да и мерење дужине пантљиком, иако изгледа просто, представља сложену операцију. Сложеност поступка мерења управо следи из фундаменталних особина мерења, а то су:

- Мерење увек представља извршење неке физичке радње. Наиме, процес мерења често садржи неколико елементарних операција (припрема, постављање инструмента, калибрација, визирање, читање, упоређење и сл.);
- Нумерички податак или резултат процеса репрезентује мерење, носећи у себи и околности под којима је остварен;
- Мерења се скоро увек реализују инструментима, независно колико су сложена (изузетак је бројање неког догађаја);
- Мерења су везана за стандарде донете конвенцијама, који су најчешће добијени договором. Мерити значи упоредити са стандардом. Свако мерење везује се за јединице мерења и димензију, односно резултат мерења увек поседује димензију; и
- Мерења су у суштини везана за теоријске концепте тј. геометријске апстракције попут углова и дужина који немају директан, реалан и физички дефинисан еквивалент у природи. У пракси се геометријске апстракције користе да би описале и дефинисале извесне природне величине као што су положај, површина, запремина и сл.

Теоријска апстракција на коју се мерења ослањају назива се модел. О моделима мерења биће више речи у другим областима премера.

Према важећим метролошким прописима (Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO 1997, у даљем тексту ГУМ), мерење се дефинише као скуп операција изведених са циљем да се одреди вредност мерене величине. Мерење почива на:

- спецификацији мерене величине,
- методи мерења, и
- процедури мерења.

Према ГУМ-у, резултат мерења¹ је само апроксимација или оцена вредности² мерне величине³ и комплетан је уколико садржи тврдњу о несигурности оцене.

Спецификација мерене величине у пракси је тесно повезана са захтеваном тачношћу мерења, односно мерена величина треба бити дефинисана сагласно захтеваној тачности, тако да у свим практичним применама њена вредност буде статистички јединствена. У већини практичних примена, резултат мерења се одређује на основу серије(а) мерења, изведених под "истим" условима (условима поновљивости⁴). Резултати поновљених мерења, као последица променљивости утицаја случајних извора несигурности на различите начине, варирају.

Метода мерења се дефинише као логична секвенца елементарних операција коришћених приликом одређивања вредности мерене величине. У прегледу се користи неколико метода мерења, а у оквиру овог предмета размотриће се три основне методе:

- методе мерења дужина,
- методе мерења углова, и
- методе мерења висинских разлика.

¹ **Резултат мерења** представља вредност придружену мерној величини (субјекту мерења) која је остварена мерењем.

² **Вредност** неке величине представља износ (магнитуду) посебне величине и генерално је изражена јединицом мерења помноженом бројем: на пример, дужина летве износи 5.34 m односно, 535 mm.

³ **(Мерна) величина** (субјекат мерења) представља атрибут неког феномена, тела или супстанце која се може квалитативно описати и квантитативно одредити: на пример, дужина летве, висинска разлика између две тачке, угао између два правца и сл.

⁴ **Поновљивост резултата** мерења дефинише се као међусобна блискост резултата сукцесивних мерења исте мерене величине под истим условима мерења. У услове поновљивости спадају: иста процедура мерења, исти опажач, исти инструмент за мерење, исти услови при мерењу, иста локација и понављање у кратком временском периоду.

Процедура мерења представља скуп посебно утврђених операција које се користе у реализацији одређене методе мерења. Међу елементарним операцијама процедуре мерења спадају следеће:

- Еталонирање (калибрација) мерних инструмената (мерила) и прибора, односно усклађивање јединице мере мерног инструмента са њеном теоријском вредношћу;
- Припрема за мерење (материјализација мерене величине, постављање инструмената и прибора за мерење, и сл.);
- Непосредно утврђивање вредности мерене величине (визирање, коинцидирање и читавање поделе мерног инструмента);
- Мерење помоћних величина, (на пример температуре, атмосферског притиска, влажности ваздуха или неких других величина неопходних за кориговање добијених резултата мерења), и сл.

1.7. Интернационални систем мерних јединица (SI) у геодезији

МЕТРОЛОГИЈА је наука о мерењу. Обухвата све теоријске и практичне видове који се односе на мерења.

МЕРЕЊЕ је скуп поступака којима је за циљ одређивање вредности неке величине.

МЕРНА ЈЕДИНИЦА је појединачна величина, договором дефинисана и усвојена, са којом се пореде друге величине исте врсте, да би се квантитативно изразиле у односу на ту величину.

ТАЧНОСТ МЕРЕЊА је блискост слагања између резултата мерења и истините вредности мерене величине. Истинита вредност је по својој природи неодредива - морала би бити резултат савршених мерења. Према томе истините вредности се не могу одредити, па се користе, њима блиске договорене вредности.

У геодезији се претежно мере углови, дужине и висинске разлике.

а) Јединице за мерење дужина

У почетку се геодезија бавила само мерењима дужина. Јединице за мерење дужина су биле лакат, палац, стопа, хват и сл. Познато је да су постојали бечки, париски и руски хват.

После Француске револуције (крајем 18. века) уведен је јединствени систем за јединице мере који изражава вредности линеарних величина. Као основна јединица за мерење дужине усвојен је МЕТАР, као десетомилионити део четвртине париског меридијана. На основу овога, израђен је еталон метра који се

назива архивски метар и данас се чува у међународном бироу за мере и тегове у Северу код Париза.

За земље потписнице метарске конвенције направљен је по један прототип метра од легуре 90 % платине и 10 % иридијума (нормални метри, Србија је добила прототип број 30).

МЕТАР је дефинисан као растојање између средњих црта на архивском лењиру.

Од тада па до 1983. године девет пута је мењана дефиниција метра и није се односила на измену дужине метра већ на повећање тачности његовог одређивања. Од 1960. године метар је дефинисан преко одређеног броја (1 650 763,73) таласних дужина зрачења криптона 86 у вакуму.

Године 1983. одређивање метра је везано за развој ласерских средстава за мерење растојања и за појаву атомске скале времена, чиме је дата могућност за мерење дужина у лабораторијским условима са апсолутном грешком од 1 μm (микрометар је хиљадити део милиметра).

МЕТАР је дужина путање коју у вакуму светлост пређе за време од 1 / 299 792 458 делова секунде.

Као основна јединица за мерење дужина у геодезији се користи метар. Мање јединице од метра су:

$$1 \text{ dm} = 0.1 \text{ m} \quad (\text{дециметар}),$$

$$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} \quad (\text{центиметар}),$$

$$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} \quad (\text{милиметар}).$$

Веће јединице од метра су:

$$1 \text{ hm} = 100 \text{ m} \quad (\text{хектометар}),$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} \quad (\text{километар}).$$

б) Јединице за површине

Као основна јединица за површине, у геодезији се користи (изведена) јединица 1 m^2 . Мање јединице од 1 m^2 су:

$$1 \text{ dm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2 ;$$

$$1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2 ;$$

$$1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2 .$$

Веће јединице су:

$$1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2 \quad (\text{ар}),$$

$$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2 \quad (\text{хектар}),$$

$$1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2 \quad (\text{километар квадратни}).$$

У хватском систему се користе квадратни хват, катастарско јутро, квадратни цол (мања јединица) итд.

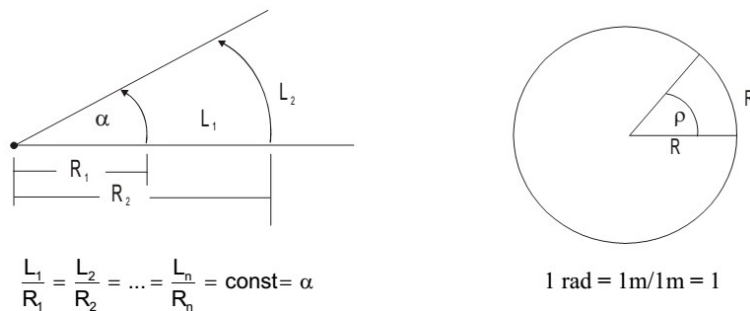
ц) Јединице за мерење углова

За мерење углова користе се јединице које представљају одређене делове кружног лука и то су:

- лучне мере - радијани;
- старе (сексагезималне) јединице - степен, минут, секунда;
- нове (центезималне) јединице - градусни степен, градусна минута и градусна секунда.

РАДИЈАН је основна јединица за мерење углова. Остале наведене јединице су дозвољене за употребу и може се рећи, бар када се ради о геодезији, чешће у употреби.

РАДИЈАН је централни угао чија је дужина лука једнака полупречнику (слика 1.10.). Обим круга садржи 2π радијана.



Слика 1.10: Јединица за мерење углова - радијан

Централни угао, који одговара 360-том делу пуног круга назива се СТЕПЕН (1°).
Мање јединице од степена су:

$1^{\circ} = 60'$ (минут је 60-ти део степена), и

$1' = 60''$ (секунда је 60-ти део минуте, 3600-ти део степена).

Радијан се може изразити у сексагезималној подели (степенима), према следећим изразима:

$$\rho = \frac{360^{\circ}}{2\pi} = 57^{\circ},29578$$

$$\rho' = \rho^{\circ} \cdot 60 = 3438'$$

$$\rho'' = \rho' \cdot 60 = 206265''$$

Централни угао који одговара 400-том делу пуног круга назива се ГРАДУС (1^g).
Мање јединице од градуса су:

$1^g = 100^C$ (градусни минут је 100-ти део градуса), и

$1^C = 100^{CC}$ (градусна секунда је 100-ти део градусног минута, 10000-ти део градуса).

Радијан се може изразити и у центезималној подели (градусима), према следећим изразима:

$$\rho^g = \frac{400^g}{2\pi} = 63^g,6620$$

$$\rho^C = 6366^C,20$$

$$\rho^{CC} = 636620^{CC}$$

По потреби се врши претварање углова из старе (сексагезималне) поделе у нову (центезималну) и обрнуто. За претварање из једних у друге јединице, могу се користити следеће релације:

$$1^g = \frac{10^g}{9^{\circ}} 1^{\circ}, \text{ и}$$

$$1^{\circ} = \frac{9^{\circ}}{10^g} 1^g$$

НАПОМЕНА: Посебну пажњу, приликом коришћења ових релација треба обратити на претварање минута и секунди у делове степена. Ово важи само за стару (сексагезималну) поделу.

Поред углова и дужина (висинске разлике у суштини представљају посебан облик дужине, и користе се исте јединице) у геодезији се користи и низ јединица за мерење посебних величина које служе за корекцију резултата мерења, као што су:

- Јединица за мерење температуре је 1°K ($0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$).
- Јединица за мерење времена је 1s (секунда).
- Јединица за мерење притиска је 1P (паскал).
- Јединица за мерење фреквенције је 1Hz (херц).
- Јединица за мерење масе је 1g (грам).

Систем глобалног позиционирања (ГПС) практично представља мерење координата тачака, које се изражавају у основним јединицама за мерење дужине (метар).

1.8. Грешке мерења

Претпоставимо да треба измерити неку дужину. Нека је на располагању еталонирана пантљика, чија дужина ипак не мора бити потпуно тачна. Да би измерили дужину, неопходно је поставити нулу пантљике на један крај, док на другом крају дужине читамо поделу на пантљици.

Мерећи неку физичку величину, геодетски стручњак није потпуно уверен да је добио најтачнију вредност. У најмању руку постоји извесна несигурност о квалитету добијеног резултата мерења. Уколико дужину измеримо два пута, стећи ћемо нешто већу сигурност у наш резултат. Међутим, најчешће се, два резултата неће међусобно поклопити, а не постоји ни један разлог да више верујемо једном од њих, јер су оба једнако вероватна.

Вратимо се претпоставци да је пантљика стандардизована. Шта ако је пантљика краћа од праве вредности, а ми то не знамо? Очигледно, уколико би у том случају на основу директних мерења срачунали површину неке затворене фигуре, податак би био нетачан.

Промене резултата мерења изведених под сличним условима јесу природна појава везана за физичке процесе и мора се прихватити као основно својство опажања. Резултати мерења су нумеричке вредности случајних променљивих и предмет су

случајних промена. Уколико се та чињеница прихвати, опажања се могу анализирати користећи статистичке методе које ће нам помоћи да дођемо до највероватнијих вредности резултата мерења и оцена њиховог квалитета. Израз грешка, генерално се може третирати као разлика између резултата мерења и "истините - тачне" вредности мерене величине. Она је увек присутна, јер поновљена мерења природно варирају, док је "истинита" вредност константна.

Према карактеру настанка и основним својствима, грешке се деле на:

- грубе,
- систематске и
- случајне.

1.8.1. Грубе грешке

Узроци настајања грубих грешака су: непажња, умор, превид, немарност и недовољно стручно знање опажача. Грубе грешке се не могу толерисати у мерењима, већ их је потребно из мерења елиминисати.

Елиминисање грубих грешака из мерења, могуће је провести на начин да се избаци мерење које знатније одступа од осталих мерења или коришћењем неког од алгоритама за отклањање грубих грешака пре или после изравнања. Како се у геодезији увек изводе сувишна мерења, поступак избацивања грубо погрешних резултата мерења је могуће обављати до оне мере, до које се не нарушава могућност добијања тражених (непознатих) података.

Када се ради о отклањању грубих грешака након изравнања, те грубе грешке су углавном мањих износа и није их лако уочити пре изравнања, а у случају појављивања више таквих грешака, сви алгоритми за њихово отклањање постају несигурнији.

Величину грубе грешке дефинише тражена тачност мерења. Тако код високо прецизних мерења и релативно мале грешке могу бити грубе. Ако се узме да је тражена тачност мерења дужина 1 dm грешка од 3 cm се може занемарити, док се код тражене тачности од 1 mm, грешка од 3 cm не може никако занемарити и она представља грубу грешку.

Откривање и елиминисање сумњивих резултата може се извести:

- Мерењем величине више пута и рачунањем средње вредности (појединачни резултат који значајно одступа од средње вредности третира се као резултат који одскаче, односно садржи грубу грешку);
- Коришћењем две врсте мерних јединица (на пример, у метрима и стопама) и њиховим свођењем на исту;

- Коришћењем математичких и реалних чињеница. На пример да је пантљика дуга 30 m или да је збир углова у троуглу 180° ;
- Независним мерењима више оператера и сл.

1.8.2. Систематске грешке

Систематске грешке узроковане су неким системом, који уколико је познат може бити приказан функцијом, и увођењем одређених корекција може бити потпуно елиминисан. Ако тај систем није познат, систематске грешке се могу делимично елиминисати избором погодне методе рада, инструмента, спољашњих услова при мерењу и сл.

Главна особина систематских грешака је да су оне увек истог предзнака, те се код разних геодетских мерења те грешке сумирају, тј. долази до гомилања грешака.

Претпоставља се да су, пре самог поступка обраде мерења, у мерењима елиминисане грубе и систематске грешке и због тога оне нису обухваћене рачуном изравнања. Чињеница је да се неке систематске грешке не могу у потпуности елиминисати. Њихов преостали утицај је видљив наконведеног изравнања и обраде мерења.

Претходна обрада мерења подразумева елиминисање грубих грешака и поправљање мерења за вредност свих познатих систематских утицаја. На неколико примера илустроваће се начин отклањања систематских утицаја. Као први пример, узећемо мерење дужине пантљиком. Наиме, стварна дужина може бити различита у односу на вредности добијених мерењем и то, услед:

- разлика температура приликом њене калибрације и за време мерења,
- разлика сила затезања приликом њене калибрације и за време мерења,
- недоследног спровођења методе мерења (коришћење различите помоћне опреме),
- неадекватне материјализације мерене величине - дужине.

Код мерења углова угломером, појављују се следећи извори систематских утицаја:

- ексцентричност угломера тј. појава да тачка која означава центар угломера није тачно у центру поделе угломера,
- грешка због непоклапања центра поделе са теменом угла,
- грешке поделе угломера.

1.8.3. Случајне грешке

Након откривања и отклањања грубих грешака, и корекције мерења за све познате систематске грешке, у мерењима ће и даље постојати неслагање. То неслагање је узроковано грешкама чији се утицај не може изразити одређеном функцијом. Те грешке имају случајни карактер и особина им је различитост предзнака.

Како се случајне грешке не могу моделовати функцијом, о карактеру случајних грешака може се закључивати проучавањем њиховог колективног понашања.

Према статистичкој терминологији, случајне грешке означава случајна варијабла. Ако су из мерења елиминисане грубе грешке и ако су мерења коригована за утицај систематских грешака, тада се и сама мерења могу сматрати случајном варијаблом. Случајна варијабла није нека конкретна вредност мерења већ уопште дефинисана величина која у себи садржи све могуће вредности мерења.

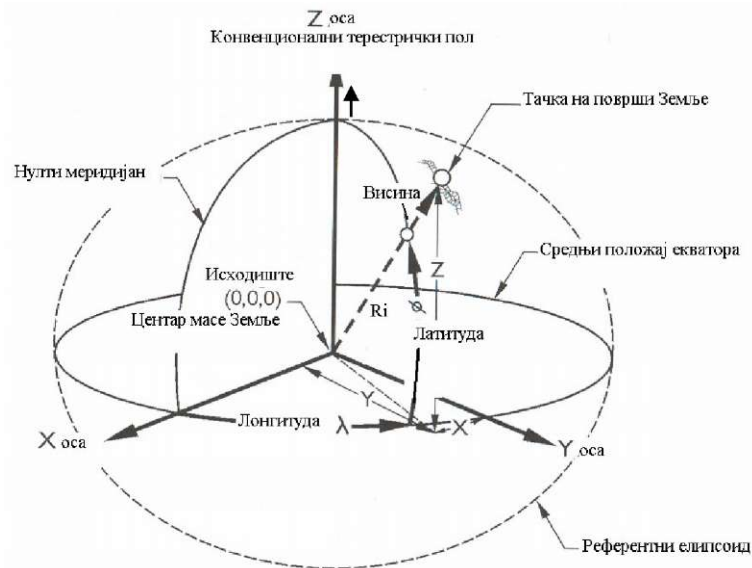
Пошто су грешке случајне и узрок им је непознат, не могу се кориговати, нити отклонити. Њихов утицај се умањује повећањем броја мерења и статистичком обрадом резултата вишеструких мерења.

1.9. Координатни системи у геодезији

У геодезији се, у зависности од потребе и намене геодетских радова, користе просторни координатни системи и координатни системи у равни. Неки од, за геодезију, значајнијих координатних система су наведени у наставку текста.

1.9.1. Просторни географски координатни систем

Географски координатни систем је координатни систем на елипсоиду и користи у најширем смислу. Њега дефинишу линије паралела и меридијана. Паралеле дефинишу географске ширине φ (латитуде), а меридијани географске дужине λ (лонгитуде) (слика 1.11.). Латитуде формирају пресеци земљине површи и равни паралелне екватору, односно пројектовањем угла латитуда посматрано од центра Земље ка њеном омотачу. Нулта вредност латитуде је на екватору и идући северно или јужно, њене вредности расту максимално до 90 степени. Лонгитуде су линије (меридијани) које се простиру правцем север-југ и формиране су пројектовањем угла лонгитуда посматрано дуж екватора, од центра Земље ка њеном омотачу. Лонгитуде се мере источно и западно од положаја нултог (Гриничког) меридијана и могу имати вредности од 0 до 180 степени источне и западне географске дужине. Систем географских координата користи се у навигацији и геодетском премеру када се земљина закривљеност не може занемарити.



Слика 1.11: Географски и WGS84 координатни систем

1.9.2. Светски геодетски координатни систем WGS84

Од 1987. за ГПС мерења користи се World Geodetic System 1984 (WGS84) референтни правоугли координатни систем, настао као замена за WGS72. Настао је модификовањем система Navy Navigation Satellite System Doppler Reference Frame (NSWC 9Z-2). То је геоцентрични координатни систем чије је исходиште у средишту Земље, као небеског тела (слика 1.11.). Оса Z усмерена је према средњем положају северног пола од 1900. до 1905. године. Оса X лежи у екваторској равни и пролази средњим Гриничким меридијаном. Оса Y управна је на осу X и Z и усмерена је на исток. Придружен му је геоцентрични еквипотенцијални елипсоид, који је дефинисан са параметрима датим у табели 1.2. (Seeber, 1989.).

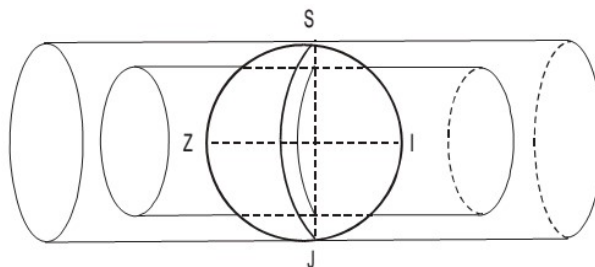
Параметар и вредност	Опис
$a=6378137 \text{ m}$	Велика полуоса
$\frac{1}{f} = \frac{1}{298,257223563}$	Сплjoштеност
$\omega=7:292115 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$	Брзина ротације
$GM = 398600,5 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$	Геоцентрична гравитациона константа

Табела 1.2: Параметри за WGS84 (према Seeber 1989.)

Вредности параметара преузете су из Геодетског Референтног Система 1980 (GRS80) елипсоида. Разлика у спљоштености ова два елипсоида настала је због тога, што је оригинални зонални коефицијент за GRS80 одређен нумеричком вредношћу $J_2=108263 \cdot 10^{-8}$, на шест децимала, док је сада одређен на осам, а то узрокује малу разлику у спљоштености у износу од $\Delta f=16 \cdot 10^{-12}$. Нумеричке вредности других параметара могу се израчунати користећи теорију еквипотенцијалног елипсоида.

1.9.3. Државни координатни систем и координате у равни пројекције

У бившој Југославији је још 1929. године, за потребе државног премера, усвојена Гаус-Кригера пројекција, која је по карактеру деформација - конформна. Пројекција је цилиндрична и усвојено је пресликавање тадашње територије Југославије на три попречно постављена цилиндра (ваљка) на елипсоид, који ови ваљци тангирају по петнаестом, осамнаестом и двадесет првом меридијану, источно од Гринича (слика 1.12.). Тако су добијене три меридијанске зоне од по 3°. У свакој зони је успостављен посебан координатни систем.



Слика 1.12: Гаус-Кригера пројекција

Координатни системи нумерисани су бројевима 5, 6 и 7, добијени дељењем географских дужина средњих меридијана 15°, 18° и 21° са бројем 3. Гранични меридијани између зона имају географске дужине 16° 30' и 19° 30'. За апсцисне осе су усвојене пројекције додирних меридијана. Праве управне на апсцисе у тачкама пресека главних меридијана и екватора су ординатне осе.

Позитивни смер ординате је окренут према истоку, а негативни према западу. Да би се избегле негативне вредности ордината, вредност ординате средњег меридијана износи 500 000 м.

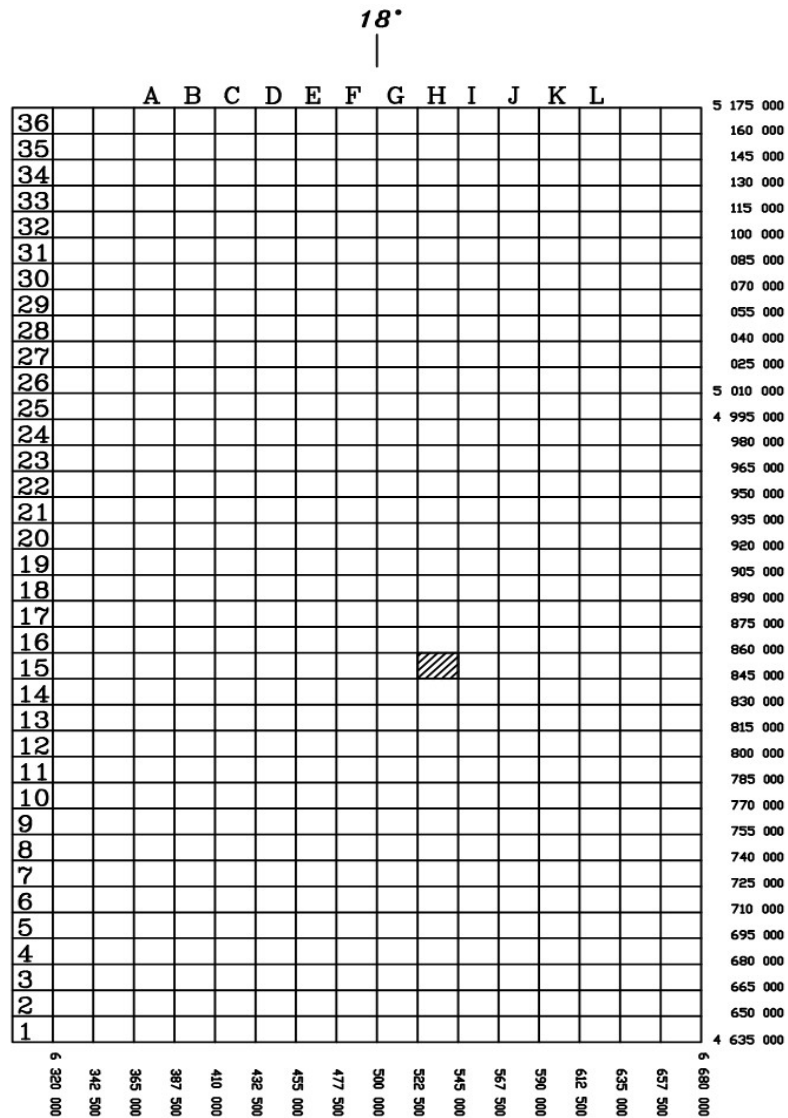
Вредност транслаторно померених координатних почетака у појединим зонама износи:

пет: $y = 5\,500\,000$ м $x = 4\,755\,000$ м,

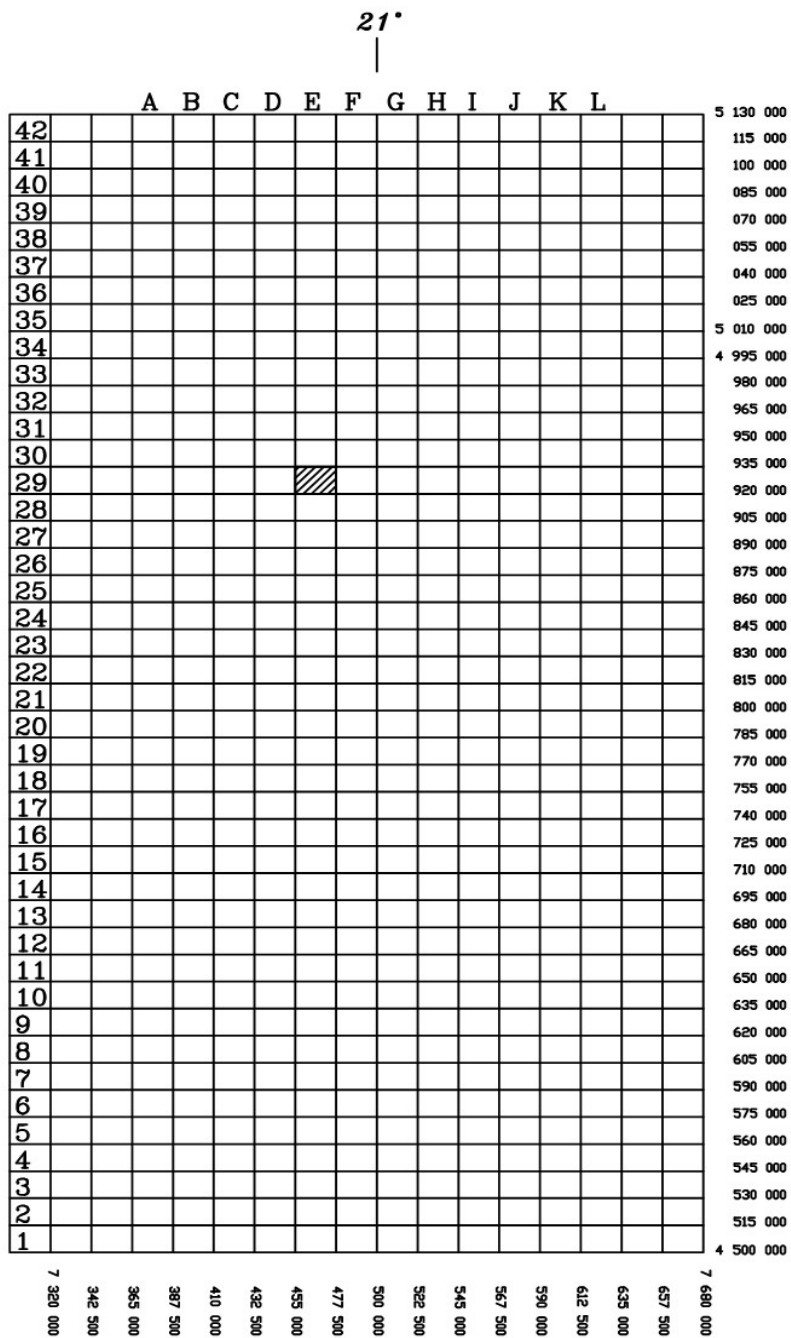
шест: $y = 6\,500\,000$ м $x = 4\,635\,000$ м,

седам: $y = 7\,500\,000$ м $x = 4\,500\,000$ м.

Распадом СФРЈ, територија пресликавања у Републици Србији је смањена, односно остали су координатни системи шесте и седме зоне (слике 1.13. и 1.14.).



Слика 1.13: Координатни систем шесте зоне



Слика 1.14: Координатни систем седме зоне

Као што је већ речено, једна од конформних пројекција јесте Гаус-Кригера пројекција меридијанских зона у којој се површ Земљиног елипсоида непосредно пресликава на раван. То значи да се од географских координата непосредно добијају правоугле координате. Код ове пројекције деформишу се и дужине и површине.

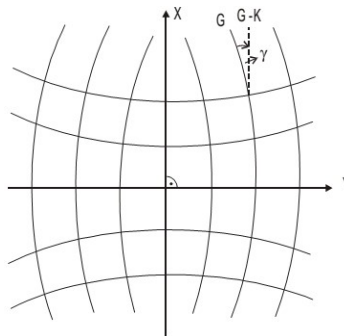
Пресликавање тачака са површи Земље, односно површи елипсоида на раван, одређено је под следећим условима:

- пројекција је конформна, што значи да се углови не деформишу;
- пројекција је цилиндрична, што значи да се тачке са Земљине површи пресликавају на цилиндар;
- пројекција је попречна, што значи да је обртна оса Земље, управна на осу цилиндра (слика 1.12.);
- средњи меридијан зоне пресликава се као права линија и представља X осу правоуглог координатног система у равни и ова пројекција је симетрична у односу на X -осу;
- сваки део X осе мора бити пропорционалан (једнак) одговарајућем делу лука средњег меридијана.

Дакле, ако се један овакав омотач ваљка изреже по изводници и развије у раван, онда се главни меридијан и екватор пројектују као управне линије, а остали меридијани и паралеле у пројекцији су криве линије.

Правец X -осе је правац Гаус-Кригеровог севера и он се у централном меридијану (главна оса) поклапа са правцем географског севера. Међутим, што се више удаљава од X -осе, правац Гаус-Кригеровог севера све више одступа од правца географског севера.

Угловна разлика ова два правца назива се конвергенција меридијана (слика 1.15.).



Слика 1.15: Конвергенција меридијана

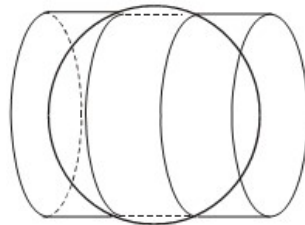
Код Гаус-Кригерове пројекције деформације дужина расту лево и десно од главног меридијана. Ако се ограничи максимална деформација, аутоматски се ограничава и ширина зоне која ће се пресликати на један ваљак.

Линеарна деформација пројекције је код нас ограничена релативном грешком $M_R = 1:10000$, тј. дозвољена је деформација од 1 dm, за дужину 1 km на крајевима зоне.

Ова тачност пројекције одабрана је тако да је три пута већа од тачности мерења дужина у полигонској мрежи, чије су релативне грешке $M_R = 1:3000$.

Овим је ограничена ширина подручја које се пресликава на омотач једног ваљка и износи 1° географске дужине, десно и лево од главног меридијана, односно може се од средњег меридијана удаљити за 90 км, а да деформација дужине не пређе 1 дециметар.

Ако желимо да повећамо територију пресликавања, онда се мора смањити размера на главном меридијану, тако да не износи 1, односно да више не буде тангирајући меридијан. У таквом случају, пресликавање би се вршило на тетивни цилиндар (слика 1.16.).



Слика 1.16: Тетивни цилиндар

Износ за који се смањује размера једнак је максималној деформацији -0,0001, тако да размера на главном меридијану износи: $m_0 = 1 - 0,0001 = 0,9999$.

Смањујући размеру увођењем негативних деформација постигнуто је да се на омотач ваљка сада пресликава подручје $1^\circ 30'$ географске дужине, десно и лево од главног меридијана, односно у пројекцији по 127 км, са размером на крају зоне $m_0 = 1 + 0,0001$.

На слици 1.17., пуном линијом нацртан је дијаграм деформација у случају кад је $m_0 = 1$, а испрекиданом $m_0 = 1 - 0,0001$.

Због смањења размере треба редуковати и координате тачака:

$$x = (1 - 0,0001) \cdot \bar{x} = 0,9999 \cdot \bar{x} \quad (1.5)$$

$$y = (1 - 0,0001) \cdot \bar{y} = 0,9999 \cdot \bar{y} \quad (1.6)$$

где су:

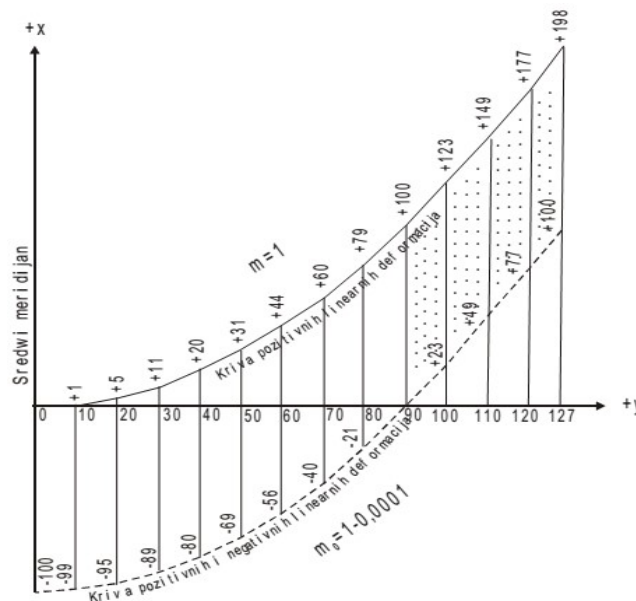
x, y - редуковане координате (модулисане), а

$\bar{x}, \bar{y}$ - нередуковане координате (немодулисане).

Када се рачунају нередуковане (топографске) координате из правоуглих редукованих координата, онда се поступа обрнуто:

$$\bar{x} = \frac{x}{0,9999} = x + 0,0001 \cdot x + 0,00000001 \cdot x = x \cdot (1,000100001) \quad (1.7)$$

$$\bar{y} = \frac{y}{0,9999} = y + 0,0001 \cdot y + 0,00000001 \cdot y = y \cdot (1,000100001) \quad (1.8)$$



Слика 1.17: Дијаграм деформација

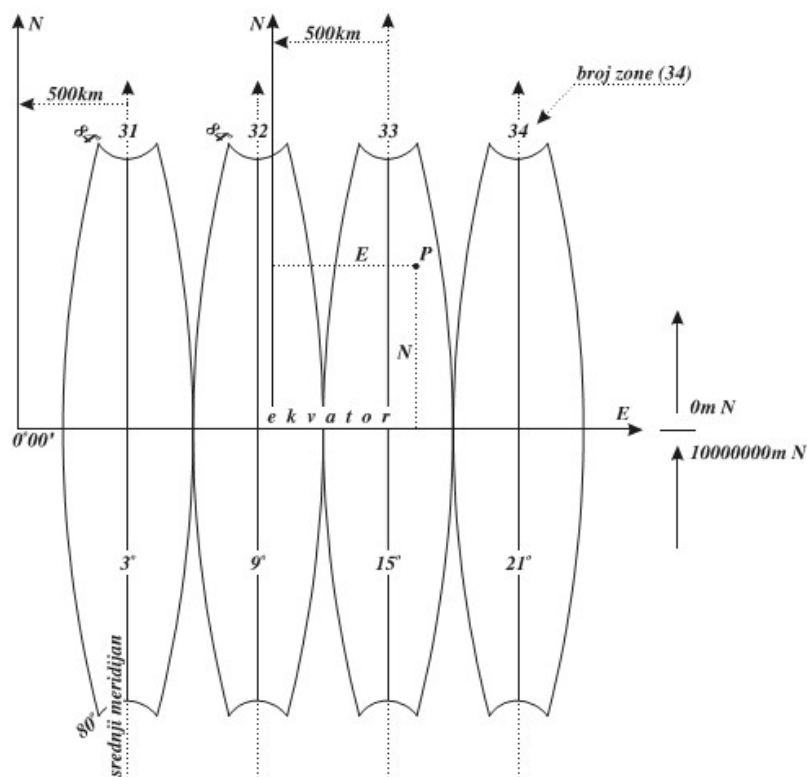
1.9.4. УТМ Пројекција

Нова службена картографска пројекција Републике Србије јесте УТМ пројекција. Пројекција спада у групу конформних картографских пројекција, што значи да омогућава очување сличности фигура (једнакост углова). Такав начин пресликавања има велику примену у многим областима људске делатности, а једна од тих области је и геодезија.

Попречна Меркаторова пројекција је у ствари израз англосаксонског порекла за модификовану Гаус-Кригерову пројекцију. Ова пројекција, у односу на Гаус-Кригерову пројекцију, има већу зону пресликавања (шестостепену) и нешто веће деформације у зони пресликавања. Међутим, предност дате пројекције односи се на једнозначно одређивање координата тачака на било ком делу површи Земље (изузимајући поларне области за чија се представљања користи поларна стереографска пројекција).

Такође, координатна мрежа у поменутој пројекцији назива се UTM мрежа, или UTM мрежни систем обележавања површи и положаја тачака, где је метар основна јединица мерења.

Правоугли координатни системи UTM покривају Земљину површ између 80° јужне и 84° северне географске ширине. Свака меридијанска зона има свој самостални систем правоуглих координата у равни, са почетком у пресеку екватора са средњим меридијаном те зоне. Координате расту у смеру истока и севера (слика 1.18.).



Слика 1.18: Приказ меридијанских зона и дефиниција координатних система

Хоризонтална координатна оса означава се словом Е, а усправна координатна оса словом N. Ради избегавања појављивања негативних вредности координата Е, додаје им се константа од 500 000 м, тако да сваки централни меридијан има вредности 500 000 м. За тачке које се налазе јужно од екватора координати N се додаје константа од 10 000 000 метара. На тај начин ће сваки координатни систем имати почетак за северну хемисферу (у метрима) 500 000 Е и 0 N, а за јужну 500 000 Е и 10 000 000 N.

Одлике UTM за приказ подручја државне територије Србије и делова суседних држава су:

- четвороугао UTM је 34Т,
- ширина зоне износи 6° по географској дужини, где је 21° средњи меридијан зоне (34 је број зоне), и 8° по географској ширини (ред је Т),
- мерна јединица је метар,
- апсцисна оса је пројекција екватора,
- ординатна оса је пројекција средњег меридијана зоне,
- линеарна размера на средњем меридијану износи 0,9996 (највећа деформација пресликавања је на средини зоне, а најмања на крајевима, тј. на крајевима зоне нема деформација), и
- конвергенција меридијана мора бити мања од 5° .

2. МЕРЕЊЕ УГЛОВА

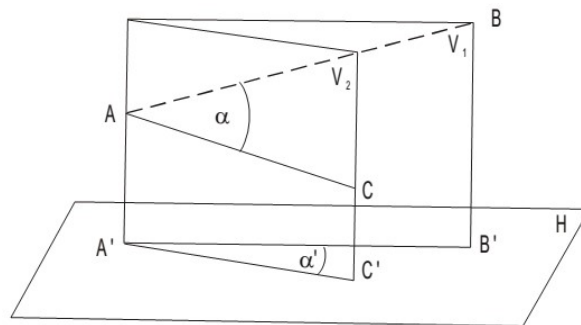
Масовни део геодетских радова има за задатак представљање делова терена на некој хоризонталној равни, односно плану или карти. Да би се ово остварило неопходно је, на терену измерити дужине и углове између карактеристичних тачака и наћи њихове пројекције на хоризонталну раван. Зато је у геодезији, након мерења на терену, неопходно имати хоризонталне углове и хоризонталне дужине.

У геодезији се углови мере геодетским инструментом - теодолитом. Њиме се, у зависности од потребе, могу мерити хоризонтални и вертикални углови, различитом тачношћу. Развој науке и технологије је утицао и на развој теодолита, тако да су разни произвођачи производили моделе, различите тачности и конструкција.

2.1. Принцип мерења угла

Постоји више дефиниција угла. У наставку су набројане неке од њих:

- Угао је део равни ограничен двама полуправама које се секу у једној тачки.
- У механици се угао односи на обртање зрака око једне тачке.
- У геодезији угао представља разлику праваца.



Слика 2.1: Веза између просторног и хоризонталног угла

У зависности од положаја који заузимају у простору, углови могу бити:

- Просторни угао - угао у произвољној равни - α (слика 2.1.).
- Хоризонтални угао - угао који представља пројекцију просторног угла на хоризонталну раван - α' (слика 2.1.).

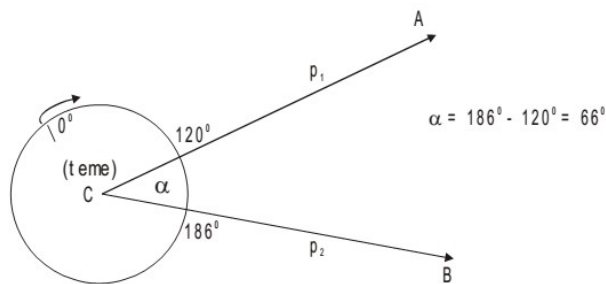
- Вертикални угао - угао чији краци леже у вертикалној равни.

У овом одељку ћемо се бавити хоризонталним угловима.

Део равни између полуправих се зове област угла, полуправе су краци, а пресечна тачка је теме угла.

Као што је мерење скуп поступака којима је за циљ одређивање вредности неке величине, тако је и мерење углова скуп активности које имају за циљ одређивање вредности угла. Мерна јединица (у пракси најчешће степен, и његови делови минута и секунда) се упоређује са величином угла који се мери и добија се квантитативни однос - мерни број.

У геодезији је значајна величина угла, односно његова вредност, а то је мера обртања - за колико треба ротирати леви крак угла у смеру кретања казаљке на часовнику да поклопи десни крак угла. Вредност угла се добија када се од читања на десном краку, одузме читање на левом краку угла (слика 2.2.).



Слика 2.2: Хоризонтални угао

У случају да се нула угломера налази у области угла читање на десном краку ће бити мање него на левом. У том случају читање десног крака треба увећати за вредност пуног круга (360°), па тек онда извршити одузимање. Потпуно исти принцип важи и у геодезији, за углове мерене на терену.

На терену је угао дефинисан са три тачке А, В и С (од којих бар две морају бити геодетске које су стабилизowane трајним или привременим белегама са означеним центрима) (слика 2.1.).

У геодезији, најчешће није битан угао α у косој равни АВС, већ његове пројекције на хоризонталну и вертикалне равни. Кроз тачке В и С су постављене вертикалне равни V_1 и V_2 , а кроз тачку А хоризонтална раван Н која је, због прегледности, измештена до пројекције А'. Хоризонтални угао α' дефинишу праве пресека вертикалних равни V_1 и V_2 са хоризонталном равни.

У складу са наведеним поступком, конструисан је инструмент за мерење хоризонталних углова - ТЕОДОЛИТ.

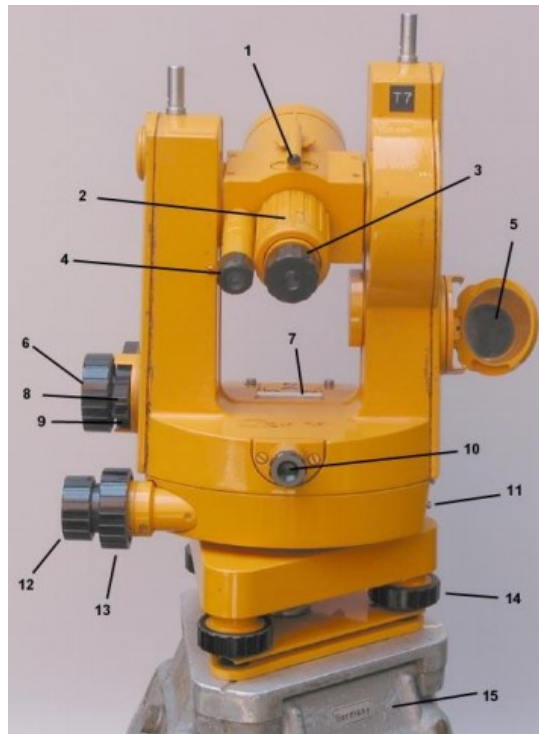
Унутар теодолита се налази прстен са угловном поделом који се назива ХОРИЗОНТАЛНИ ЛИМБ. Теодолит такође мора имати ДУРБИН који ће се око обртне осовине кретати горе-доле и тиме формирати визурну (колимациону) раван.

Пресечна линија вертикалних визурних равни V_1 и V_2 се назива АЛХИДАДНА ОСА инструмента и она мора пролазити кроз центар лимба.

О теодолиту и његовим саставним деловима, детаљнија објашњења следе у наставку.

2.2. Инструменти за мерење углова

Теодолит (слика 2.3.) је оптичко-механички уређај који првенствено служи за мерење хоризонталних праваца и вертикалних углова (зенитних одстојања).



Слика 2.3: Теодолит

Главни делови теодолита су (слика 2.3.):

- постоље са три положајна завртња (14),
- горњи покретни део инструмента – алхидада, на којој се осим главних делова налазе и:
 - оптички нишан (1) - служи за грубо визирање,
 - завртањ за изоштравање слике (2),
 - завртањ за изоштравање кончанице (3),
 - огледало за осветљење видног поља (5),
 - завртањ за избор читања вертикалног или хоризонталног лимба (6),
 - кочница дурбина (8),
 - кочница алхидаде (9),
 - оптички висак (10) - служи за центрисање инструмента,
 - репетициони завртањ (11) - служи за избор почетног читања на хоризонталном лимбу,
 - завртањ за фино померање алхидаде (12),
 - завртањ за фино померање дурбина (13),
- либеле (7),
- дурбин,
- хоризонтални и вертикални лимб (угломери), и
- справе за читавање поделе хоризонталног и вертикалног лимба (4).

Постоље са три положајна завртња поставља се на главу статива и за њу причвршћује централним завртњем. Положајни завртњи служе за довођење инструмента у жељени положај (хоризонтирање инструмента).

Алхидада је горњи покретни део инструмента на коме се налазе сви остали делови, осим хоризонталног лимба.

Либеле се налазе на алхидади и служе за хоризонтирање инструмента. Центрична либела служи за грубо, а цеваста за фино хоризонтирање инструмента.

Дурбин је оптичка справа намењена за увеличавање лика удаљених предмета, који се посматрају или визирају. Заједно са вертикалним лимбом, чврсто је везан за обртну осовину дурбина, која се на крајевима ослања на носаче дурбина.

Хоризонтални лимб је угломер са фино изведеном поделом, намењен за прецизно мерење хоризонталних углова.

Вертикални лимб је угломер са фино изведеном поделом, намењен за прецизно мерење вертикалних углова.

Справе за читавање поделе хоризонталног и вертикалног лимба налазе се на алхидади и служе за читање мањих од најмањих подеока на лимбу.

Теодолити се могу поделити према тачности и према конструкцији.

Према тачности, теодолити се деле на (немачке DIN норме Nr 18724.):

1. Теодолити високе тачности $\leq 0.6''$,
2. Теодолити веће тачности $\leq 2''$,
3. Теодолити средње тачности $\leq 6''$,
4. Теодолити мале тачности $\leq 25''$.

Према начину конструкције, нарочито хоризонталних и вертикалних лимбова, теодолити се деле на:

1. механичке теодолите - лимбови су направљени од метала, читавају се помоћу лупе или једноставног микроскопа (слика 2.4. - лево);
2. оптичке теодолите - примена оптичких система, стаклени лимбови, читање се врши уз коришћење сложених микроскопа и применом оптичких микрометара (слика 2.3.);
3. електронске теодолите - имају посебну конструкцију лимбова, који су погодни за дигитално читавање (слика 2.4. - десно).



Слика 2.4: Механички и електронски теодолит

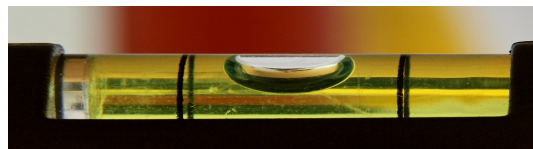
2.2.1. Либеле

При мерењу хоризонталних углова, раван поделе хоризонталног лимба мора бити у хоризонталном положају. Довођење равни у хоризонталан или вертикалан положај изводи се помоћу справе, која се назива либела. Либеле су врло често саставни део разних инструмената или справа.

Када се ради о геодетским инструментима, користе се цеваста и центрична либела.

2.2.1.1. Цеваста либела

Цеваста либела (слика 2.5.) је брушена стаклена цев закривљеног облика, испуњена алкохолом или сумпорним етром, течност која има веома ниску тачку смрзавања (преко -50°C). Загрејана течност се сипа у обрађену стаклену цев, која се потом херметички затвори. Након хлађења течности, у стакленој цеви остаје безваздушни простор, који се назива мехур либеле. Настао на овај начин, мехур либеле увек заузима највиши положај у цеви. Да би се либела заштитила од оштећења, поставља се у метални оклоп. Он са горње стране има елипсасти отвор, који служи за посматрање мехура либеле.

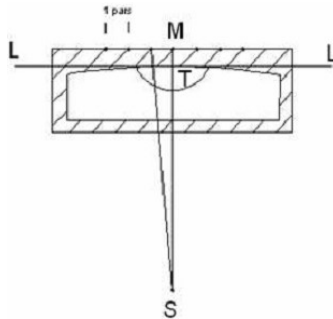


Слика 2.5: Цеваста либела

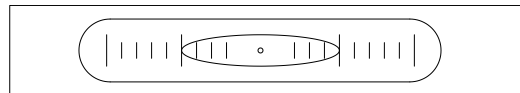
Горња страна либеле, у уздужном пресеку има облик кружног лука, који је добијен врло пажљивом обрадом. Тачка на средини кружног лука либеле (слика 2.6.), зове се нормална тачка либеле (Т). Полупречник либеле, који пролази кроз нормалну тачку, зове се главни полупречник либеле (TS). Тангента кружног лука, која пролази кроз нормалну тачку, и управна је на главни полупречник, назива се главна тангента или оса либеле (LL). У тренутку када се средина мехура поклапа са нормалном тачком, главни полупречник је вертикалан, главна тангента, односно оса либеле хоризонтална у простору, и тада кажемо да мехур либеле врхуни.

Када говоримо о геодезији и теодолиту, цеваста либела служи за фино хоризонтирање инструмента. У моменту када мехур либеле врхуни, оса либеле заузима хоризонталан положај, па можемо констатовати и да је теодолит хоризонтиран.

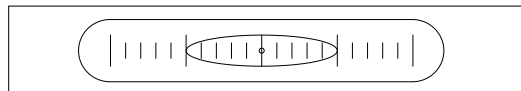
Због лакше процене положаја мехура, са спољашње стране либеле налази се угравирана подела, која може бити континуирана (слика 2.8.) или симетрична (слика 2.7.) у односу на нормалну тачку. Средња тачка поделе, назива се марка либеле (М). Код старијих инструмената вредност подеока је 2.26 mm (парс), а код новијих 2 mm, али је и даље задржан стари назив подеока - парс поделе.



Слика 2.6: Геометријски елементи цевасте либеле



Слика 2.7: Либела са симетричном парсном поделом



Слика 2.8: Либела са континуираном парсном поделом

Либела чија је унутрашња цев брушена само са једне стране, назива се проста цеваста либела. Либела чија је унутрашња цев брушена са свих страна, а подела нанесена на дијаметрално супротним странама (са горње и доње стране), назива се реверзиона либела.

Што је већи полупречник либеле, већа је и осетљивост либеле, а већа је и дужина мехура либеле. Либеле са већом дужином мехура су прецизније.

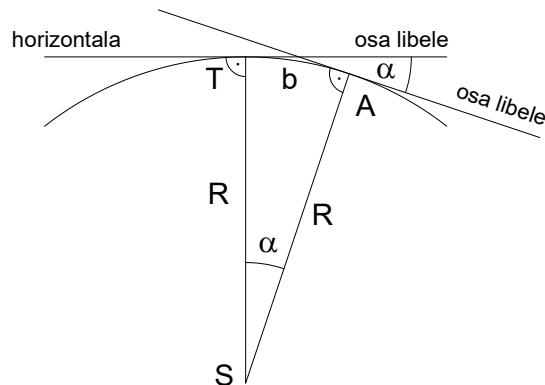
Осетљивост либеле је централни угао који одговара луку од једног парса (слика 2.9.). То је угловна вредност једног парса, односно

$$\alpha = \frac{b}{R} \quad ; \quad \alpha'' = \rho'' \frac{b}{R} \quad (2.1)$$

где је:

b - вредност једног парса ($b=TA=2\text{ mm}$), а

ρ'' - вредност једног радијана у секундама ($\rho''=206265''$).



Слика 2.9: Осетљивост либеле

Када мехур либеле врхуни, оса либеле стоји хоризонтално, а главни полупречник вертикално. Ако се либела нагне да мехур одступи за један парс, главни полупречник либеле нагнуће се у односу на вертикалу за угао α , за који ће и оса либеле одступити од хоризонта. Најпростије речено, осетљивост либеле је угао за који треба нагнути осу либеле да мехур одступи за један парс, односно осетљивост либеле је угловна вредност једног парса.

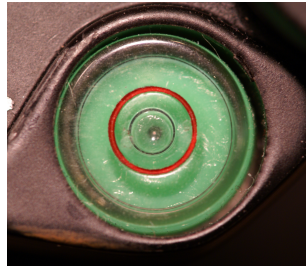
Најпрецизније либеле имају осетљивост од $1''$ до $2''$. Осетљивост либеле код геодетских инструмената се креће у интервалу од $10''$ - $120''$.

2.2.1.2. Центрична либела

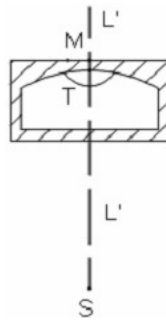
Центрична (сферична, цилиндрична) либела (слика 2.10.) израђује се од шире цилиндричне стаклене цеви, чији је горњи унутрашњи део брушен као сферна калота. Мехур либеле се формира на исти начин као код цевасте либеле, с тим да је овде кружног облика.

Оса центричне либеле је права која се поклапа са главним полупречником либеле, односно са осом цилиндра ($L'L'$). Тачка у којој оса цилиндра продире кроз сферну калоту, назива се нормална тачка либеле (Т) (слика 2.11.). Раван која стоји управно на осу цилиндра и садржи нормалну тачку, назива се главна тангентна раван. Када се средина мехура поклапа са нормалном тачком (мехур либеле

врхуни), тада је главна тангентна раван хоризонтална, а оса либеле вертикална. Нормална тачка либеле није обележена, већ је са центром у њој обележен кружић, који служи за проверавање да ли мехур либеле врхуни.



Слика 2.10: Центрична либела



Слика 2.11: Геометријски елементи центричне либеле

Центричне либеле су мале осетљивости, која се креће у интервалу од $2'$ - $30'$. Користе се за приближно довођење равни и правих у хоризонталан или вертикалан положај, односно када се ради о теодолиту, за приближно хоризонтирање инструмента. Центричне либеле се користе као слободне или везане за инструмент, летве или други геодетски прибор.

2.2.2. Дурбин

Дурбин је оптичка справа која служи за увећавање удаљених предмета, који се посматрају или визирају. Постоје три врсте дурбина:

- катоптрички,
- диоптрички, и

- комбиновани.

Катоптрички дурбини заснивају се на принципу одбијања светлости од огледала. У геодезији, ова врста дурбина није нашла примену.

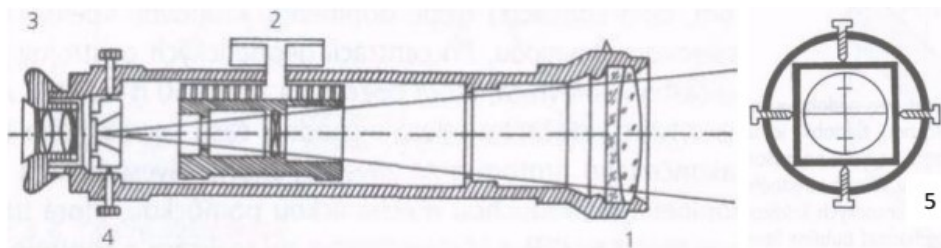
Диоптрички дурбини заснивају се на принципу преламања светлости.

Комбиновани дурбини, као што сама реч каже, представљају комбинацију катоптричких и диоптричких дурбина, односно у својој конструкцији имају и огледала и сочива.

Како се у геодезији углавном користе диоптрички дурбини, у наставку текста биће описана само њихова конструкција.

Главни делови диоптричког дурбина су (слика 2.12.):

- цев објектива и објективно сочиво или објектив - налази се на предњем делу дурбина, окренуто ка објекту, по чему је добило и име (1);
- цев окулар и окуларно сочиво или окулар - налази се на задњем делу дурбина, окренуто ка оку, по чему је добило и име (3);
- стаклена плочица са кончаницом (4) је причвршћена за цев окулара помоћу два или четири корекциона завртња, помоћу којих се кончаница може померати и ротирати. Ти завртњи се користе за ректификацију теодолита (5).



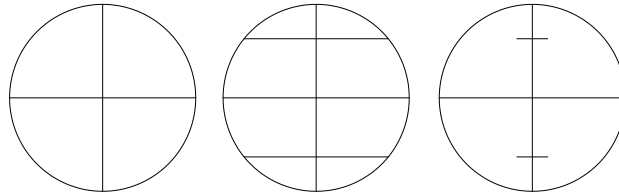
Слика 2.12: Конструкција диоптричког дурбина

На дурбину се налази и завртањ (2), који служи за фокусирање, односно за изоштравање лика.

2.2.2.1. Кончаница

Кончаница се израђује у виду стаклене планпаралелне плочице са фино угравираним цртицама.

Кончаница има важну улогу код геодезских инструмената. Без ње би дурбин могао да се користи само за посматрање предмета. Код теодолита и других геодезских инструмената, дурбин служи да се помоћу кончанице визирају геодезске ознаке (у новије време и објекти), на којима се могу остварити и одређена мерења. На слици 2.13. приказано је неколико врста кончаница.



Слика 2.13: Кончаница

Права која пролази кроз оптички центар објективног сочива и пресек вертикалног и хоризонталног конца кончанице, назива се визиру. Визирање представља поступак навођења визуре да погађа жељену тачку и састоји се од:

- грубог визирања, што представља довођење жељене тачке у видно поље, и
- финог визирања, што представља довођење пресека вертикалног и хоризонталног конца кончанице да погађа жељену тачку.

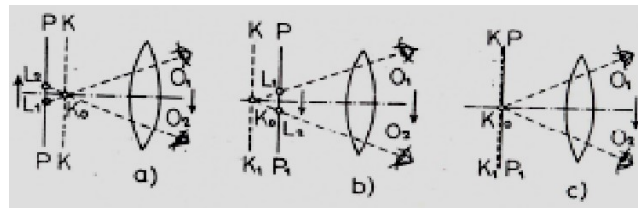
Када се прича о кончаници, мора се поменути и појам кончанична паралакса. Наиме, да би се геодезска мерења могла несметано обављати, приликом опажања лик предмета се мора налазити у равни кончанице. Уколико се лик предмета не налази у равни кончанице, кажемо да постоји кончанична паралакса, односно растојање између равни лика предмета и равни кончанице је кончанична паралакса.

Утврђивање постојања кончаничне паралаксе је врло једноставно и одвија се кроз два корака:

- изоштре се конци кончанице и лик предмета,
- испред окулар се око помера лево-десно (или горе-доле).

Уколико лик предмета мирује приликом померања ока, кончанична паралакса не постоји. Уколико се приликом померања ока, помера и лик предмета, кончанична паралакса постоји. Поништавање кончаничне паралаксе врши се или померањем лика предмета у раван кончанице (корекција изоштрениости лика предмета), или

померањем равни кончанице у раван лика предмета (корекција изоштрености кончанице).

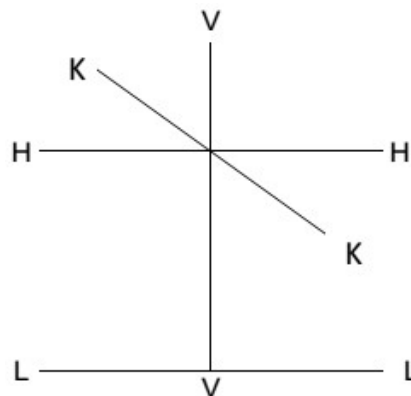
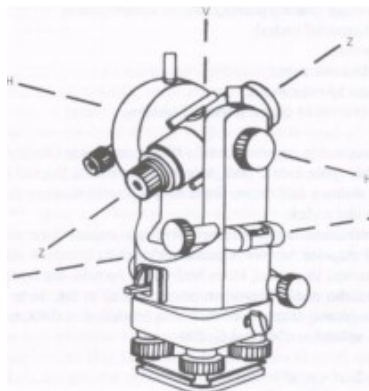


Слика 2.14: Провера постојања кончаничне паралаксе

2.2.3. Осе теодолита

Када се говори о осама теодолита, морају се дефинисати следеће осе (слика 2.15.):

- Алхидадина или вертикална оса - замишљена права око које се ротира алхидада (VV).
- Обртна оса дурбина - замишљена права око које се ротира дурбин (HH).
- Оса цевасте либеле на алхидади (LL) (поглавље 2.2.1.1.).
- Визура - права која дефинисан тачкама: оптички центар објективног сочива и пресек вертикалног и хоризонталног конца кончанице (KK).



Слика 2.15: Осе теодолита

2.2.4. Испитивање и ректификација инструмената за мерење хоризонталних углова

Сви геодетски инструменти који се користе за одређена мерења морају, пре саме теренске употребе, проћи детаљну контролу квалитета и исправности. То је веома важно, јер мора постојати одређена сигурност у квалитет добијених података. Стога геодетски прибор мора бити прегледан и испитан, тако да задовољава декларисану тачност, као и да испуњава конструкцијске услове, које гарантује произвођач.

При мерењу хоризонталних углова, код теодолита, тоталних станица и других мерних инструмената, одређени делови морају бити у прописаним односима.

Ректификација, односно корекција самог мерила представља поступак довођења истог у стање функционисања погодног за његову употребу. Преглед геодетских инструмената врши се у овлашћеним метролошким лабораторијама, док испитивање и ректификацију спроводи сам корисник.

Као што је већ напоменуто, теодолит је оптичко-механички уређај који првенствено служи за мерење хоризонталних праваца и вертикалних углова (зенитних одстојања). У новије време, њихова употреба је сведена на минимум, односно веома ретко се користе. Почетком овог века, употреба електронских теодолита (тоталних станица) је доживела своју експанзију. Тотална станица је електронски теодолит са уграђеним електро-оптичким даљиномером и уређајима за приказ и складиштење мерених података. Како теодолит, тако и тотална станица, за мерење хоризонталних углова, треба да испуњавају следеће услове:

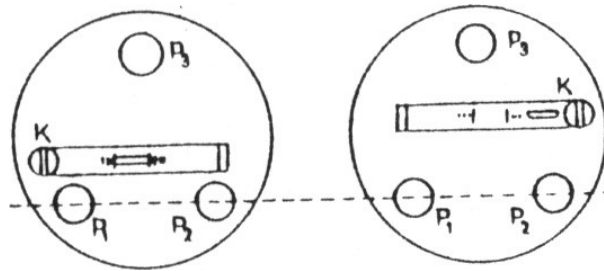
1. Оса цевасте либеле на алхидади мора бити управна на алхидадину осу.
2. Визура мора бити управна на обртну осу дурбина.
3. Вертикална црта кончанице мора бити заиста вертикална.
4. Обртна оса дурбина мора бити управна на алхидадну осу.

Испитивање и ректификација су описани у наставку текста.

1 Услов:

Оса цевасте либеле на алхидади мора бити управна на алхидадину осу.

Пошто се теодолит постави и фиксира за статив, делујући на положајне завртње приближно се хоризонтира инструмент, тј. центрична либела доведе да врхуни. После тога се прелази на испитивање првог услова.



Слика 2.16: Испитивање првог услова

Цеваста либела на алихадади се доведе приближно паралелно замишљеном правцу између два положајна завртња, а затим се помоћу иста два положајна завртња мехур либеле доведе да врхуни (слика 2.16.). Након тога се алихадада окрене за 180° , тако да либела заузима приближно паралелан положај претходном положају. Ако мехур либеле и у том положају врхуни услов је задовољен. Уколико мехур либеле одступа, онда је то одступање двоструког карактера. Једна половина одступања настаје зато што алихададина оса није вертикална, а друга половина због неуправности осе либеле на алихадину осу. Половина одступања се поништава помоћу корекционог завртња на либели, а друга половина помоћу положајног завртња.

Описани поступак треба поновити више пута, све док одступање мехура либеле из два положаја не буде мање од половине једног парса. Да би се алихададина оса довела у вертикалан положај, треба алихададу окренути за 90° , тј. у правац трећег положајног завртња и помоћу њега мехур либеле довести да врхуни.

После тога у свим положајима алихададе, мехур цевасте либеле на алихадади треба да врхуни. Ако то није случај треба пажљиво поновити цео поступак ректификације, јер први услов није задовољен, односно поступак ректификације није коректно спроведен.

Напомена 1

Приликом мерења хоризонталних углова изузетно је важно да лимб буде хоризонталан, односно алихададина оса вертикална. Уколико алихададина оса са вертикалом заклапа неки угао δ , тада ће вредности мерених углова бити оптерећене грешкама које зависе од угла δ . Ова грешка се не може отклонити методом рада.

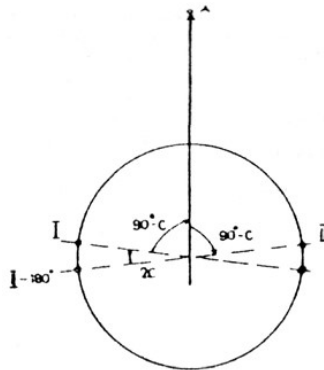
Напомена 2

Код тоталних станица се за хоризонтирање, уместо цевасте либеле, користи електронска либела. Испитивање услова се врши на исти начин, с тим да се ректификација (уколико је потребна) врши у овлашћеном сервису.

Услов:

Визура мора бити управна на обртну осу дурбина.

Испитивање управности визуре и обртне осе дурбина се може извршити помоћу двоструке колимационе грешке. У првом положају дурбина навизира се нека лако уочљива и сигурно дефинисана тачка, која је на приближно истој висини са инструментом, на одстојању од око 200 и више метара и изврши читање поделе на хоризонталном лимбу. Затим исту тачку треба навизирати у другом положају дурбина и поново извршити читање на хоризонталном лимбу (слика 2.17.). Услов је задовољен ако се читање у првом и другом положају разликује за 180° . Ако је разлика читања већа или мања од 180° , постоји колимациона грешка C .



Слика 2.17: Управност визуре и обртне осе дурбина

Двострука колимациона грешка се одређује по формули:

$$2C = (II \pm 180^\circ) - I \quad (2.2)$$

где су:

$2C$ – двострука колимациона грешка,

I – читање на лимбу у првом положају дурбина,

II – читање на лимбу у другом положају дурбина.

Читања ослобођена утицаја колимационе грешке добиће се ако се вредност колимационе грешке алгебарски сабере са читањем поделе лимба из првог положаја дурбина или одузме од вредности читања поделе лимба из другог положаја дурбина, промењеног за 180° :

$$I' = I + C = (II \pm 180^\circ) - C \quad (2.3)$$

где је I' читање ослобођено утицаја колимационе грешке.

Ректификација овог услова врши се на следећи начин:

- Израчуна се вредност читања поправљена за утицај колимационе грешке.
- Делујући микрометарским завртњем алхидаде намести се читање поправљено за утицај колимационе грешке због чега ће се визура померити са претходно навизираних тачака.
- Померајући кончанични прстен помоћу корекционих завртња, доведе се визура да поново погађа изабрану тачку, чиме је ректификација извршена.

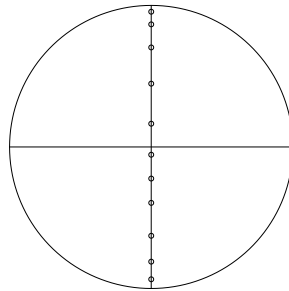
Напомена

Када се визирање тачака и читање поделе лимба врши у два положаја дурбина, па се као коначна вредност усвоји средња вредност читања поделе лимба из оба положаја, добиће се вредност ослобођена утицаја колимационе грешке. То у суштини значи да се, из резултата мерења, утицај колимационе грешке може елиминисати избором одговарајуће методе рада.

III услов:

Вертикална црта кончанице треба да је заиста вертикална.

Вертикалном цртом кончанице навизира се нека удаљена тачка. Дурбин се завртњем за фино визирање помера око обртне осе и прати да ли вертикална црта стално пролази кроз навизирану тачку (слика 2.18.). Ако вертикална цртица кончанице пролази кроз навизирану тачку на читавој дужини видног поља, услов је задовољен. Ако не пролази, услов није задовољен, и потребно је ротирати кончанични прстен. Кончанични прстен се, уз помоћ корекционих завртња (слика 2.12. - (5)), ротира све док се не постигне да вертикална црта кончанице, на читавој дужини видног поља, пролази кроз навизирану тачку.



Слика 2.18: Испитивање трећег услова

Напомена

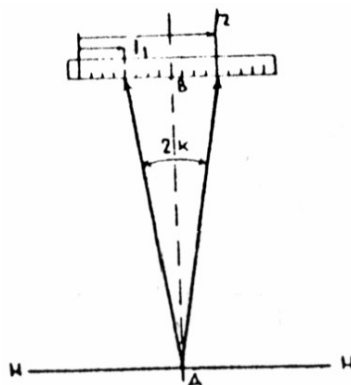
Приликом мерења хоризонталних углова изузетно је важно да вертикална црта кончанице буде вертикална. Уколико вертикална црта кончанице није вертикална, она са вертикалом заклапа неки угао ω , и тада ће вредности мерених углова бити оптерећене грешкама које зависе од угла ω . Ова грешка се не може елиминисати методом рада.

IV услов:

Обртна оса дурбина мора бити управна на алхидадну осу.

На неком високом објекту навизирати тачку тако да визура буде што стрмија, а затим не дирајући алхидаду, спустити дурбин и очитати поделу на летви (или лењиру), која је претходно постављена хоризонтално и управно на визуру, испод тачке која је навизирана (слика 2.19.). Под претпоставком да наведени услов није испуњен, визурна раван неће бити вертикална, па ни читање l_1 неће бити у вертикалној равни.

Затим се у другом положају дурбина навизира иста тачка, ротира дурбин и прочита вредност на летви l_2 . Читање l_2 , ако услов није испуњен, биће симетрично са l_1 у односу на вертикалну раван. Разлика читања $l_2 - l_1$ указује да обртна оса дурбина није управна на алхидадну осу. Ако би услов био испуњен, у оба положаја дурбина добило би се исто читање.



Слика 2.19: Испитивање четвртог услова

Ректификација се изводи следећим редоследом:

- Израчуна се средина из читања l_2 и l_1 ;

- Наведе се визура на срачунато средње читање померајући алхидаду микрометарским завртњем;
- Окрене се дурбин око обртне осе ка визурној тачки, при чему ће се запазити да визура сада не погађа визурну тачку.
- Мењајући висину једног краја обртне осе, помоћу одговарајућих корекционих завртња, доведе се да визура погађа визурну тачку, чиме је ректификација завршена.

Напомена

Ако се углови мере у два положаја дурбина, ова неуправност се неће одразити на тачност коначних резултата мерења.

Према Закону о државном премеру и катастру (Сл. Гл. РС. бр. 72/09, 18/2010, 65/2013, 15/2015 – Одлука УС РС и 96/2015), употреба мерних уређаја дозвољена је искључиво уз уверење о извршеном еталонирању.

Ипак, без обзира на извршено еталонирање и поседовање уверења о исправности мерила, испитивање услова је потребно, у зависности од коришћења инструмента, вршити најмање једном месечно. Када се ради о савременим електронским теодолитима, у случају да се утврди да неки од услова није задовољен, није „препоручљиво“ вршити ректификацију, поготово ако то треба да уради млад и неискусан геодетски стручњак. У том случају инструмент треба ректификовати код сервисера, овлашћеног за ову врсту послова.

2.2.4.1. Испитивање и ректификација електронских теодолита

Када се ради о електронским теодолитима, испитивање и ректификација се, у првом реду, односи на услове који треба да задовољи обичан тахиметар.

Осим ових услова потребно је испитати и:

1. Стабилност фреквенције даљиномера – испитује се у лабораторији;
2. Адициону константу – испитује се на терену на калибрационој бази или на оптичкој бази у лабораторији;
3. Периодичне грешке - испитују се на терену на калибрационој бази или на оптичкој бази у лабораторији, померањем рефлектора за 20 до 50 cm;
4. Фазну нехомогеност – испитује се на терену на калибрационој бази.

Као што се види, сва испитивања се врше или на калибрационој бази или у лабораторији. Испитивање и ректификацију ових инструмената, врши искључиво овлашћени сервисер геодетских инструмената.

2.2.5. Постављање теодолита у положај за мерење

За мерење углова теодолит се изнад геодетске тачке поставља на статив. У неким случајевима теодолит се директно поставља на геодетску тачку, ако се иста налази на стабилизованој (фиксној) подлози као што је бетонски стуб (инжењерска геодезија).

Статив се састоји од три ноге и главе статива (слика 2.20.). Ноге статива израђују се од дрвета или алуминијума, а завршавају са металним шиљцима, који се забадају у подлогу (земљу или друго). Ноге статива су у већини случајева променљиве, а могу бити и сталне дужине. Ноге се спајају са равном плочом главе статива, која у средини има отвор пречника 30 – 50 mm, и кроз чију средину пролази централни завртањ за причвршћивање теодолита за главу статива.

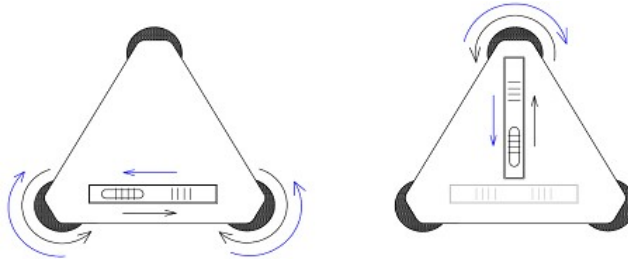


Слика 2.20: Стативи са промењивом дужином ногара

2.2.5.1. Хоризонтирање теодолита

Хоризонтирати теодолит значи, довести алхидадину осу у правац вертикале (смер силе теже). Хоризонтирање је важна операција, јер свако одступање алхидадине осе од исправног положаја утиче на исправно мерење углова.

Поступак хоризонтирања се изводи на начин описан у наставку текста. На приближно хоризонтално постављену главу статива, ставимо теодолит који лагано притегнемо централним завртњем. Мењајући дужину ногара статива доведемо центричну либелу да врхуни, чиме смо извршили приближно хоризонтирање. Ротирамо алхидаду, тако да цевасту либелу на алхидади доведемо у правац два положајна завртња (слика 2.21.). Окретањем положајних завртња у супротном смеру, доведемо мехур либеле да врхуни. Затим, окретањем алхидаде, доводимо либелу у правац трећег положајног завртња. Делујући на њега, доведемо мехур либеле да врхуни. Поступак се понавља док либела не врхуни у било ком положају.



Слика 2.21: Поступак хоризонтирања теодолита

Пре поступка хоризонтирања теодолита, треба проверити исправност либеле тј., услов да је оса цевасте либеле на алхидади управна на алхидадину осу. Поступак испитивања и ректификација наведеног услова описан је у поглављу 2.2.4.

2.2.5.2. Центрисање теодолита

Центрисање теодолита је радња, којом се алхидадина оса у простору поставља тако да пролази кроз центар жељене геодетске тачке, а да је истовремено вертикална. Хоризонтирање и центрисање теодолита су радње које су међусобно повезане. Центрисање инструмента се може извести обичним виском, крутим виском, оптичким виском, ласерским зраком и присилно.



Слика 2.22: Обични висак

Обичан висак (слика 2.22.) је метални тег на канапу (често у облику купе), који се окачи о кукицу централног завртња на глави статива. Померањем теодолита по глави статива доводи се врх виска изнад жељене геодетске тачке. Овакав начин центрисања отежан је за време ветровитог времена.

Крути висак се састоји од две металне цеви, од којих се горња може извлачити и причвршћена је за централни завртањ. На доњој цеви налази се центрична либела, која се продужавањем или скраћивањем ногу статива доводи да врхуни. Крути висак потребно је испитати, тј. оса центричне либеле мора бити паралелна са геометријском осом цеви виска. Испитивање се ради у два положаја либеле, а одступање коригује тако да се пола одступања поправи са корекционим завртњима либеле, а пола померањем теодолита по глави статива.

Најчешће се центрисање изводи помоћу оптичког виска. Он се састоји од објектива, кончанице (често у облику кружића), призме за преламање зрака (визуре) за 90° и окулар. Оптички висак мора задовољити услов да део визурне осе виска буде идентичан са алхидадином осом. Испитивање се врши у два положаја алхидаде. Пројекција кончанице оптичког виска мора погађати исту тачку. Ако се појави одступање, на средину дужи између двеју пројекција кончанице (кружића), треба делујући на корекционе завртње кончанице, довести пресек цртица кончанице (кружић).

У пракси се поступак хоризонтирања и центрисања изводи веома једноставно, на следећи начин: изнад жељене тачке, глава статива се постави приближно хоризонтално у простору. Теодолит се централним завртњем причврсти за главу статива. Посматрамо кроз окулар оптичког виска и деловањем на положајне завртње теодолита доведемо да пресек коначице оптичког виска погоди жељену тачку. Одступање центричне либеле поправимо дизањем или спуштањем ногара статива. Слика тачке изнад које вршимо центрисање ће се притом вероватно мало померити. Сада је потребно извршити хоризонтирање теодолита (поглавље 2.2.5.1.) и прецизно центрисање померањем теодолита по глави статива. Ако је потребно, хоризонтирање се понавља. Уместо оптичког виска у новије време се користи ласерски висак, код кога је визура материјализована ласерским снопом светлости. Поступак центрисања и хоризонтирања је исти као са оптичким виском.



Слика 2.23: Бетонски стуб са фиксно постављеним централним завртњем

Како би се избегла грешка центрисања, која утиче на резултате мерења, употребљава се присилно центрисање и оно се користи код мерења највиших тачности. Када се ради о високо прецизним мерењима у инжењерској геодезији, теодолит се поставља на бетонски стуб на коме се налази фиксно постављен централни завртањ, или се користи специјални уређај за центрисање (слика 2.23.).

Присилно центрисање се користи и за мерења веће тачности у полигонској мрежи. Постоље инструмента (драјфус) које је претходно постављено хоризонтално и центрисано на жељену тачку (уз коришћење оптичког виска), остаје на глави статива. Уместо теодолита, на драјфус се поставља призма или други инструмент, тако да ће и њихове вертикалне осе заузимати исти положај у границама дозвољених одступања.

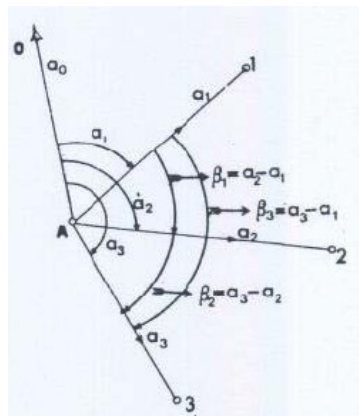
2.3. Мерење хоризонталних углова

Када се ради о премеру, односно о нижој геодезији, мерење хоризонталних углова врши се простом и гирусном методом.

2.3.1. Проста метода

Проста метода мерења углова, подразумева мерење хоризонталних праваца само у првом или другом положају дурбина.

Вредности хоризонталних праваца (слика 2.24.) према тачкама 1, 2 и 3, су означене са a_1 , a_2 и a_3 , док је a_0 правац који одговара нули лимба. Вредности хоризонталних углова су означене са β_1 , β_2 и β_3 .



Слика 2.24: Мерење углова – основне ознаке

ПОСТУПАК МЕРЕЊА се одвија кроз неколико корака:

- Теодолит се центрише изнад станице (тачка А).
- Пре почетка мерења, у Тригонометријски образац број 1 (Т.О. 1.) треба уписати бројеве и ознаке тачака (станице и визурних тачака), као и остале податке (датум и време мерења, тип и број инструмента, име оператера, име записничара, податке о временским условима, итд.).
- Визира се сигнал на тачки која је изабрана за почетну тачку (почетна визура) и очита вредност поделе хоризонталног лимба, која се упише у одговарајућу рубрику Тригонометријског образаца Т.О. 1.
- Потом се визирају остале тачке идући у смеру кретања казаљке на сату, и резултати читања поделе хоризонталног лимба уносе у одговарајуће рубрике Т.О. 1.
- На крају се поново визира почетна тачка - тзв. завршна визура и њена вредност треба да буде блиска почетној. Завршна визура, чија се вредност уписује у загради, је показатељ да ли је лимб за време мерења био непомичан, односно да ли је инструмент био стабилан.

Вредност угла се добија када се од вредности хоризонталног правца не десном краку, одузме вредност хоризонталног правца не левом краку (десни правац минус леви правац):

$$\beta_i = a_{i+1} - a_i \quad (2.4)$$

Најшира примена просте методе мерења углова је код снимања детаља поларном методом.

2.3.2. Гирусна метода

Гирусна метода, подразумева мерење хоризонталних праваца у оба положаја дурбина (првом и другом).

ПОСТУПАК МЕРЕЊА углова гирусном методом се одвија у неколико корака:

- Центрише се теодолит изнад станице.
- Пре почетка мерења, у Тригонометријски образац број 1 (Т.О. 1.) треба уписати бројеве и ознаке тачака (станице и визурних тачака), као и остале податке (датум и време мерења, број гируса, тип и број инструмента, име оператера, име записничара, итд.).

- Прво се визира почетна визура у првом положају дурбина и врши читање поделе хоризонталног лимба и уписивање у записник Т.О. 1 (колона број 3 обрасца).
- Потом се визирају остале тачке идући у смеру кретања казаљке на сату и резултати читања се уносе у одговарајућу рубрику записника Т.О. 1. (колона број 3 обрасца).
- Након читања на свим тачкама које се опажају, узима се и завршна визура и уписује читање у одговарајући ред у загради (као контрола стабилности лимба и инструмента).
- Дурбин се окрене у други положај и врши мерење праваца, почев од последњег правца мереног у првом положају дурбина ка почетном правцу, у смеру супротном кретању казаљке на сату. Подаци мерења се уписују у Т.О. 1 (колона број 4 обрасца).

Након извршених мерења, прелази се на обраду података. Обрада података подразумева одређивање средњих и редукованих вредности опажаних праваца и контролу рачунања.

За сваки мерени правац у првом (I) и другом (II) положају дурбина, срачуна се двострука колимациона грешка (израз 2.2.) (колона број 7 обрасца).

УКОЛИКО 2С ПРЕЛАЗИ ДОЗВОЉЕНО ОДСТУПАЊЕ, МЕРЕЊА СЕ МОРАЈУ ПОНОВИТИ.

Уколико је 2С у дозвољеним границама, средња вредност опажаног правца (ослобођена утицаја колимационе грешке) рачуна се по принципу просте аритметичке средине, тако што се на вредност читања поделе лимба у првом положају дурбина алгебарски дода вредност колимационе грешке С (израз 2.3.).

Контрола рачунања средњих вредности опажаних праваца или тзв. прва контрола врши се на следећи начин:

- одреди се сума вредности праваца колоне I положаја дурбина (колона бр. 3 обрасца),
- одреди се сума вредности праваца колоне II положаја дурбина (колона бр. 4 обрасца),
- одреди се сума колоне средњих вредности праваца (колона бр. 5 обрасца),
- средња вредност сума из I и II, мора бити једнака суми средњих вредности

$$\frac{\sum_{i=1}^n a_{i1} + \sum_{i=1}^n a_{i2}}{2} = \sum_{i=1}^n a_{iSR} \quad (2.5)$$

Због једноставнијег коришћења резултата мерења, врши се свођење средњих вредности опажаних праваца на нулу лимба, односно редуковање праваца. Рачунање вредности редукованих праваца врши се по следећим изразима

$$\begin{aligned}a_{1R} &= a_{1SR} - a_{1SR} \\a_{2R} &= a_{2SR} - a_{1SR} \\a_{3R} &= a_{3SR} - a_{1SR} \\&\dots\dots\dots \\a_{nR} &= a_{nSR} - a_{1SR}\end{aligned}\tag{2.6}$$

Контрола рачунања редукованих праваца или тзв. друга контрола, врши се на следећи начин:

- одреди се сума колоне средњих вредности праваца (колоне бр. 5 обрасца),
- одреди се сума колоне вредности редукованих праваца (колоне бр. 6 обрасца),
- обзиром да је приликом рачунања вредности редукованих праваца, од сваке средње вредности правца одузета средња вредност почетног правца, контрола се врши према изразу

$$\sum_{i=1}^n a_{iR} + n a_1 = \sum_{i=1}^n a_{iSR}\tag{2.7}$$

Прва и друга контрола су контроле рачунања и указују, искључиво да ли су рачунања добро спроведена.

Коначна вредност угла, одређује се на исти начин као код просте методе, с тим што се рачунање користе редуковани правци

$$\beta_i = a_{(i+1)R} - a_{iR}\tag{2.8}$$

Описани поступак се односи на мерење углова у једном гирусу. Уколико се мерење врши у више гируса, између појединих гируса, лимб се помера за вредност $180^\circ/n$, где је n - број гируса, а затим поступак понавља.

Међусобна разлика између редукованих праваца, у појединим гирусима, не сме прећи дозвољену границу прописану пројектом. Границе дозвољених одступања одређене су у зависности од врсте радова, тачности читања поделе лимба и врсте сигнала који су коришћени при мерењу углова.

2.4. Вертикални углови

Вертикала, која је управна на геоид, продире небеску сферу изнад хоризонта у тачки која се зове зенит, а испод хоризонта у тачки који се зове надир.

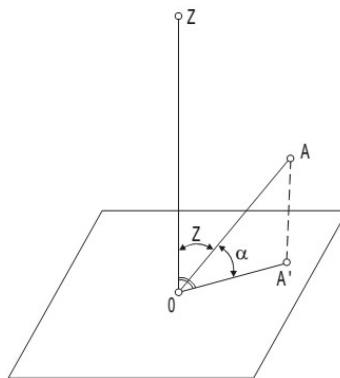
Све равни које садрже вертикалу називају се вертикалне равни, а раван управна на правац вертикале се назива хоризонтална раван.

Вертикални угао је угао који правац визуре заклапа са хоризонталном равни, и мери се у вертикалној равни која садржи визуру (слика 2.25.).

Уколико је визурна тачка изнад хоризонта, вертикални угао је позитиван, назива се елевациони угао и може имати вредности од 0° до 90° . Ако је визурна тачка испод хоризонта, вредност угла се креће од 0° до -90° и такав угао се назива депресивни.

У геодезији се најчешће, уместо вертикалних углова, користи вредност зенитних одстојања Z (зенитних даљина).

Зенитно одстојање је вредност угла која се добија ротацијом правца вертикале од правца зенита до правца одређене визурне тачке у смеру кретања казаљке на сату (слика 2.25.). Зенитно одстојање може имати вредности од 0° до 180° .



Слика 2.25: Вертикални угао и зенитно одстојање

Зенитна одстојања (вертикални углови) се најчешће мере у циљу одређивања висинских разлика за различите потребе, одређивање апсолутних висина тачака, као и промена које се односе на висине. Најчешћи случајеви су:

- одређивање висина (кота) детаљних тачака при поларном (тахиметријском) снимању детаља;
- одређивање надморских висина полигонских тачака;
- одређивање надморских висина тригонометријских тачака;

- одређивање висина објеката, итд.

2.4.1. Инструменти за мерење вертикалних углова. Врсте лимбова

Теодолити који су намењени за мерење вертикалних углова, односно зенитних одстојања, морају да имају вертикални лимб. Вертикални лимб (вертикални круг) је повезан са дурбином, и са њим се заједно ротира око обртне осе дурбина.

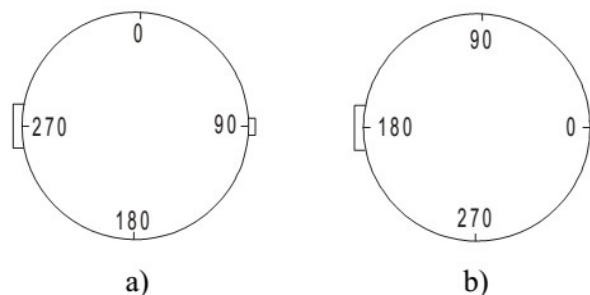
Центар поделе вертикалног лимба се мора поклапати са обртном осом дурбина, а уколико то није случај, тада постоји ексцентричност вертикалног лимба. Отклањање утицаја ексцентричности вертикалног лимба на резултате мерења се постиже читањем поделе на два дијаметрално супротна места, тј. узимањем средње вредности.

Вертикални лимб се креће, па индекси за читање поделе морају стајати непомично.

Непомичноста индекса за читање поделе вертикалног лимба, односно одржавање индекса за читање поделе, увек у истом положају, може се постићи:

- помоћу цевасте либеле која је постављена на носачу индекса за читање (старије конструкције);
- помоћу компензационог уређаја - компензатора, који аутоматски одржава индексе у истом положају, уколико је алхидадина осовина доведена у приближно вертикални положај (ако је у подручју компензације од 3'-5').

Подела вертикалног лимба може бити изведена у смеру кретања казаљке на сату, када се помоћу њега мере зенитна одстојања (слика 2.26. - а), или у супротном смеру од смера кретања казаљке на сату, уколико се помоћу њега мере вертикални углови (слика 2.26. - б).



Слика 2.26: Врсте вертикалних лимбова

У првом положају дурбина вертикални лимб се налази са леве стране дурбина, па се таква читања називају “читања при кругу лево” и обележавају са KL , а “читања при кругу десно”, када се вертикални лимб налази са десне стране дурбина, обележавају са KD .

У зависности од врсте вертикалног угла који се мери, мора бити задовољен услов

$$KL + KD = 360^\circ \quad (2.9)$$

за зенитна одстојања, или

$$KL + KD = 180^\circ \quad (2.10)$$

за вертикалне углове.

Под претпоставком да читање при хоризонталној визури није 90° (зенитна одстојања), читање KL ће бити оптерећено грешком која се назива вертикална колимација (VV) (слика 2.27.)

$$KL = Z + VV \quad (2.11)$$

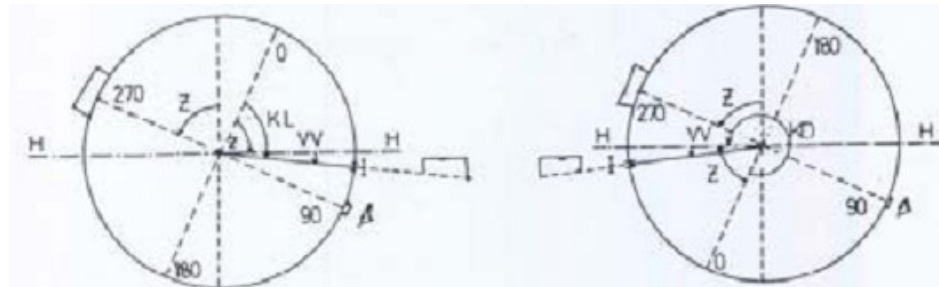
Посматрајући слику 2.27. (десно) може се уочити да у другом положају дурбина читање има вредност

$$KD = 360^\circ - (Z - VV) = 360^\circ - Z + VV \quad (2.12)$$

Сабирањем ове две вредности добија се

$$KL + KD = 360^\circ + 2VV \Rightarrow$$

$$VV = \frac{KL + KD - 360^\circ}{2} \quad (2.13)$$



Слика 2.27: *Круг лево и круг десно при мерењу зенитних одстојања*

2.4.2. Методе мерења вертикалних углова (зенитних одстојања)

Вертикални углови (зенитна одстојања) се, у зависности од врсте геодетских радова, могу мерити простом или гирусном методом

2.4.2.1. Проста метода

Проста метода мерења зенитних одстојања (вертикалних углова) подразумева мерење у једном положају дурбина. Поступак се спроводи веома једноставно у два корака. Након што је инструмент центрисан и измерене висине инструмента и сигнала, сигнал се навизира и изврши читање поделе вертикалног лимба, чиме је мерење завршено.

Ова метода најширу примену налази при поларном (тахиметријском) снимању детаља, где задовољава захтеве тачности.

Пре извршења радова, потребно је утврдити да ли је читање при хоризонталној визури 0° или 90° , односно да ли је вредност $KL+KD=360^\circ$ ($KL+KD=180^\circ$), јер неиспуњење овог услова директно утиче на тачност мерења зенитних одстојања.

У случају да је ова вредност различита од 360° или 180° (више од дозвољене вредности, која зависи од тачности конкретне врсте мерења), потребно је:

- извршити ректификацију (код инструмената са либелом - подешавање врши оператер, а код инструмената са аутоматским довођењем индекса за читање поделе - подешавање се врши у лабораторији);
- срачунати вредност вертикалне колимације (VV или HV) (израз 2.13.), и њом коригују сва мерена зенитна одстојања (вертикални углови).

2.4.2.2. Гирусна метода

Гирусна метода мерења вертикалних углова подразумева мерење углова у оба положаја дурбина. Контрола мерења се врши преко вредности вертикалне колимације (израз 2.13.).

Ове вредности морају да буду исте за низ опажања и не смеју да пређу одређену границу прописану правилником.

Комплетан поступак мерења зенитног одстојања (вертикалног угла) у једном гирусу, састоји се од неколико корака:

- када се инструмент центрише изнад геодетске тачке, измери се висина инструмента (i), као и висина сигнала (читања на летви, висина призме, итд.);

- навизира се сигнал помоћу средње црте кончанице у првом положају дурбина;
- доведе се мехур висинске либеле да врхуни (ако постоји) и прочита читање на вертикалном лимбу KL (круг лево);
- преведе се дурбин у други положај и помоћу средње црте кончанице навизира иста тачка;
- доведе се мехур висинске либеле да врхуни (ако постоји) и прочита читање на вертикалном лимбу KD (круг десно).

Код мерења висинских углова гирусном методом мери се тачка по тачка, у оба положаја дурбина, по слободно изабраном редоследу.

Користећи изразе 2.11. и 2.12., ако од круга лево одузмемо круг десно, добија се дефинитивна вредност зенитног одстојања

$$KL - KD = (Z + VV) - (360^\circ - (Z - VV))$$

$$KL - KD = (Z + VV) - 360^\circ + (Z - VV)$$

$$KL - KD = Z + VV - 360^\circ + Z - VV$$

$$KL - KD = 2Z - 360^\circ$$

$$Z = \frac{KL - KD + 360^\circ}{2} \quad (2.14)$$

што представља коначни израз за одређивање вредности зенитног одстојања.

На основу израза 2.14., може се констатовати да ће вредност зенитног одстојања бити ослобођена утицаја вертикалне колимације, уколико се угао мери у два положаја дурбина.

Одређивање вертикалног угла се врши на исти начин, само што се вертикална колимација означава са HV.

Мерење у три гируса се врши читањем вертикалног лимба, при визирану сигнала са све три црте кончанице (читања се уписују у Т.О. 1V.). У том случају се добијају три вредности угла Z (Z_1, Z_2, Z_3), односно α ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$). Дефинитивна вредност угла се добија простом аритметичком средином

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \quad (2.15)$$

за зенитна одстојања, или

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{3} \quad (2.16)$$

за вертикалне углове.

Редак је случај да инструмент нема три црте кончанице, али ако их ипак нема, мерење вертикалних углова (зенитних одстојања) се изводи са мењањем висине инструмента или читањем на различитим висинама сигнала.

3. МЕРЕЊЕ ДУЖИНА

Мерење дужина у геодезији, представља један од основних сегмената у свим врстама геодетских радова. Начин мерења дужина зависи од више елемената, као што су услови на терену, захтевана тачност, расположива мерна опрема, итд. Мерења се обављају при различитим спољашњим условима и по унапред предвиђеном поступку, који називамо метода рада. Од прецизности инструмената, спољашњих услова, методе рада и искуства оператера, зависи тачност мерења дужина. Дужине се одређују на два основна начина, и то директно и индиректно.

Директно одређивање дужина се врши:

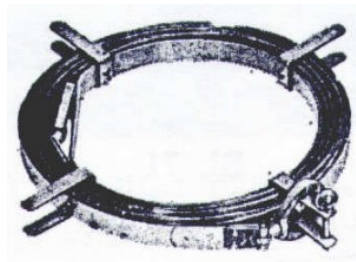
- пољском пантљиком (за поједине врсте геодетских радова се користи и ручна пантљика), и
- инварским жицама (ако се ради о прецизнијим геодетским радовима).

Индиректно одређивање дужина се врши:

- оптичким даљиномером,
- електронским даљиномером,
- применом синусне, косинусне или тангенсне теореме, и
- применом ГПС технологије.

3.1. Мерење дужина пантљиком

Пантљике се израђују од разних врста материјала и могу бити различите дужине и тежине. У геодетским применама најчешће се користе челичне пантљике (слика 3.1.) као и пантљике од посебних пластифицираних материјала. Дужине челичних пантљика могу износити 20 м, 30 м или 50 м.



Слика 3.1: Пољска челична пантљика

Комплет прибора за мерења дужина пантљиком садржи:

- Обични висак, који служи за довођење значки у вертикалан положај;
- Ручну либелу, која служи за хоризонтирање пантљике, када је то потребно или за довођење значке у вертикалан положај;
- Клинове (клинци бројачи), који служе за обележавање целих пантљика на меком терену;
- Уређај за затезање пантљике (тег, динамометар и сл.);
- Значке (трасирке), које служе за обележавање (сигналисање) тачака на терену и за одређивање правца у простору (слика 3.2.);
- Држачи за значке (троношци), који служе за постављање значака на жељену тачку (слика 3.2.); и
- Дрвени кочићи (или болцне), који служе за разна обележавања на терену.



Слика 3.2: Значка са треношцем

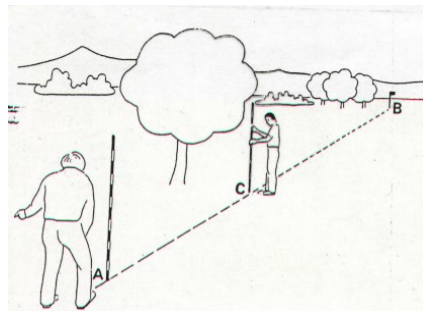
Процедура мерења дужина пантљиком зависи од захтеване тачности и намене премера. С обзиром на уобичајене захтеве релативне прецизности премера од 1:5000, као и чињеницу да је употреба пантљике у новије време сведена на минимум, укратко ће се приказати основе методе мерења дужина пантљиком.

За мерење дужина пантљиком, екипу чине два геодетска стручњака (руководилац екипе и помоћник) и најмање три фигуранта.

3.1.1. Мерење дужина по равном терену

Поступак мерења дужина по равном терену изводи се по следећој процедури:

- Једна значка се поставља на почетак, а друга на крај мерене дужине - и на тај начин дефинише правац развлачења пантљике (сигналисање крајњих тачака дужине која се мери);
- Помоћник поставља почетак пантљике на почетну тачку дужине која се мери;
- Руководилац екипе, у правцу значке која се налази на другом крају дужине, пантљику развлачи по терену;
- Помоћник тада, трећу значку која је код фигуранта, уводи у правац (слика 3.3.);
- Када руководиоца затегне пантљику, помоћник даје знак руководиоцу - пантљика - да је почетак пантљике изнад почетне ознаке;
- Након тога овај убада клин у земљу поред краја пантљике (или болцу уколико је тврда подлога);
- Када се обележавање заврши, на знак руководиоца - готово - помоћник пушта пантљику и поступак се понавља;
- После сваког обележеног распона, помоћник скупља клинове, при чему је увек само један клин у земљи, а број сакупљених клинова означава колико је целих пантљика садржано у мереној дужини;
- На сваких 10 целих пантљика (ако их има, а може бити и неки други број распона, према њиховом договору) руководиоца побада последњи клин и даје знак помоћнику да нема више клинова. Тада помоћник предаје руководиоцу 10 клинова и обојица контролишу записник. Поступак се даље понавља на исти начин.
- Када се руководиоца екипе приближи крају мерене дужине, за дужину краћу од дужине пантљике, поставља нулу пантљике на крај мерене дужине, а помоћник чита пантљику изнад положаја последњег клина. Ради контроле, помоћник помера пантљику на цео метар док руководиоца не прочита вредност распона који се мора слагати са претходном вредношћу.

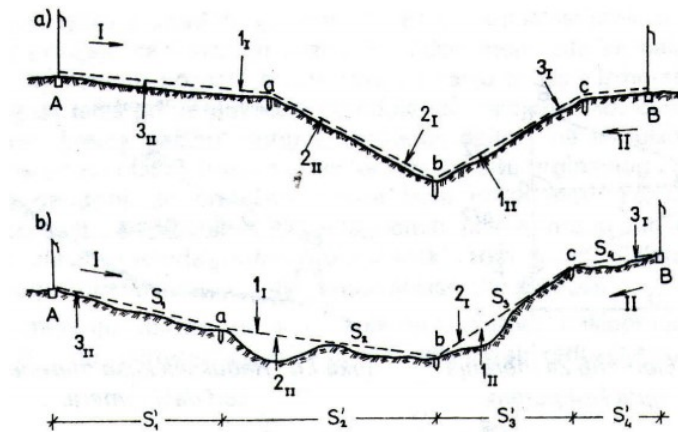


Слика 3.3: Увођење значке у правац

3.1.2. Мерење дужина по косом терену

Уколико је терен једноликог пада, без прелома, мерење дужина косо по терену, врши се на исти начин као када је терен хоризонталан.

Уколико терен није једноликог пада, тј. има преломе, мерење дужина косо по терену, врши се од прелома до прелома или непрекидно (слика 3.4.).



Слика 3.4: Мерење дужине са преломом - непрекидно

Обзиром да је дужина мерена косо по терену, потребно је извршити њену редукцију на хоризонталну раван. Редукција дужина на хоризонталну раван захтева мерење висинске разлике између крајњих тачака или мерење вертикалног угла (зенитног одстојања).

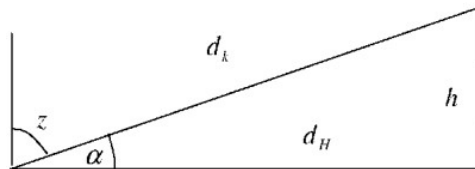
Редукција на хоризонталну раван - мерен вертикални (зенитни) угао

Да би се косо мерена дужина могла редуковати на хоризонт, потребно је задовољити услов да висина инструмента буде једнака висини сигнала. Уколико је мерен вертикални угао α , а коса дужина означена са S_K , хоризонтална дужина S_R се рачуна помоћу израза (слика 3.5.):

$$d_H = d_K \cos \alpha \quad (3.1)$$

Уколико је мерен зенитни угао Z , хоризонтална дужина се рачуна помоћу израза (слика 3.5.):

$$d_H = d_K \sin Z \quad (3.2)$$



Слика 3.5: Редуција косо мерене дужине на хоризонталну раван

Редуција на хоризонталну раван - мерена висинска разлика

Уколико је мерена висинска разлика између крајњих тачака, редуција на хоризонталну раван се врши на основу израза (слика 3.5.):

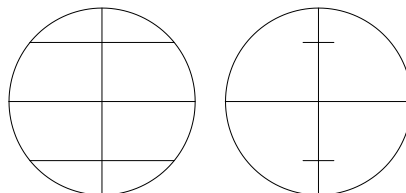
$$d_H = \sqrt{d_K^2 - h^2} \quad (3.3)$$

где је h висинска разлика између крајњих тачака мерене косо дужине.

3.2. Мерење дужина оптичким даљиномером**3.2.1. Рајхенбахов даљиномер**

Теодолит се може користити и за оптичко мерење дужина, односно као ОПТИЧКИ ДАЉИНОМЕР. Оптички даљиномери могу бити различите конструкције, а биће детаљно разматрани даљиномери са константним паралактичким углом.

Када се кончаница теодолита састоји из једне (или две) вертикалне црте и три хоризонталне црте (слика 3.6.), такав инструмент се назива Рајхенбахов даљиномер или обичан тахиметар.

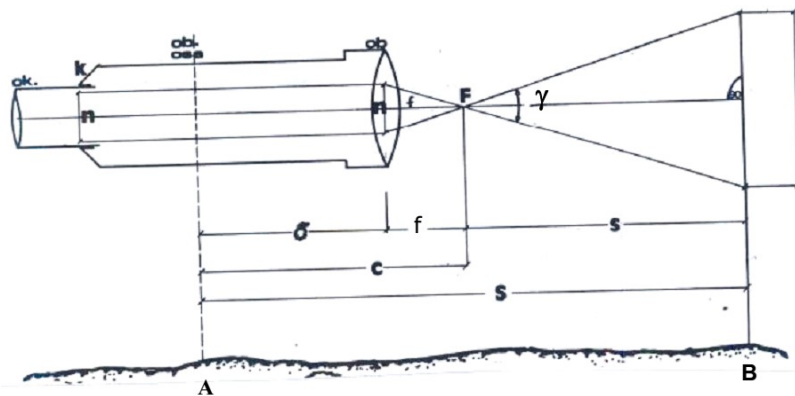


Слика 3.6: Видно поље Рајхенбаховог даљиномера

Елементи Рајхенбаховог даљиномера, као и други елементи од интереса за мерење дужина су (слика 3.7.):

- ок - окуларно сочиво;

- n - растојање између горње и доње црте кончанице;
 - k - кончаница;
 - ob - објективно сочиво;
 - f - жижна даљина објективног сочива;
 - δ - растојање између објективног сочива и обртне осе дурбина;
 - F - предња жижа објективног сочива;
 - l - вредност одсечка на вертикалној летви;
 - читања на летви која коинцидирају горња (l_G) и доња црта кончанице (l_D)
- $$l = l_G - l_D \quad (3.4)$$
- s - растојање од предње жиже објективног сочива до летве;
 - S - растојање од обртне осе дурбина до летве;
 - A - станица;
 - B – визурна тачка.



Слика 3.7: Мерење дужине при хоризонталној визири

При хоризонталној визири (слика 3.7.) хоризонтално растојање од обртне осе дурбина до летве (дужина S) износи:

$$S = s + f + \delta = \frac{f}{n} l + f + \delta \quad (3.5)$$

Како су f , n и δ константне величине, константама се могу прогласити и:

$$K = \frac{f}{n} \text{ и } c = f + \delta \quad (3.6)$$

Ако се изрази 3.6. уврсте у 3.5., добија се коначан израз за дужину при хоризонталној визури

$$S = Kl + c \quad (3.7)$$

где су

K - мултипликациона константа, и

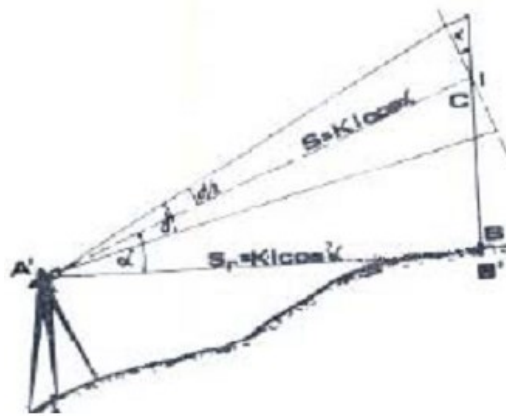
c - адациона константа.

При косој визури (слика 3.8.) коса дужина од прекрета дурбина до подеока на коме средња црта кончанице погађа летву (S) је:

$$S = K \cdot l_0 \quad (3.8)$$

односно

$$S = K \cdot l \cdot \cos \alpha \quad (3.9)$$



Слика 3.8: Мерење дужине при косој визури

Ако се израз 3.9. уврсти у израз 3.1., добија се

$$S_R = K \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot \cos \alpha \quad (3.10)$$

а одавде, дефинитиван израз за рачунање хоризонталне дужине при косој визури

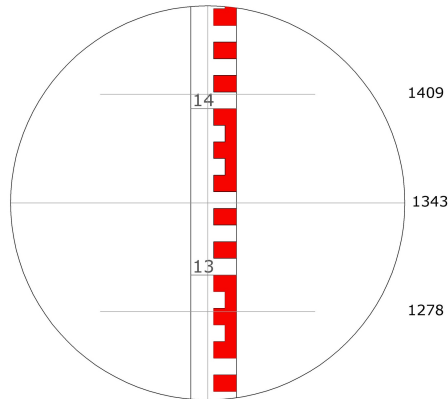
$$S_R = K \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad (3.11)$$

када су мерени вертикални углови, или

$$S_R = K \cdot l \cdot \sin^2 \alpha \quad (3.12)$$

када су мерена зенитна одстојања.

Пример читања летве Рајхенбаховим даљиномером, приказан је на слици 3.9.



Слика 3.9: Видно поље и читање летве Рајхенбаховим даљиномером

Одсечак на летви је одређен, тако што је од читања горњим концем одузето читање доњим концем ($l = 1,409 \text{ m} - 1,278 \text{ m} = 0,131 \text{ m}$). На основу израчунатог одсечка и вертикалног угла (зенитног одстојања), одређује се хоризонтална дужина (изрази 3.11. и 3.12.)

3.2.1.1. Испитивање и ректификација Рајхенбаховог даљиномера

Сви инструменти који се користе за мерење дужина морају да испуне следеће услове (неопходне за мерење растојања):

Услов:

Средња хоризонтална црта кончанице, мора бити заиста хоризонтална.

Пошто је инструмент центрисан, једним крајем хоризонталне црте кончанице се навизира нека тачка, а алхидада помера хоризонтално помоћу микрометарског завртња и при томе се прати да ли хоризонтална црта кончанице стално клизи по

навизираној тачки. Ако хоризонтална црта кончанице клизи по навизираној тачки услов је задовољен. Уколико одступа од навизиране тачке, мора се извршити ротација кончаничног прстена, док се услов не задовољи.

Притом, уколико је задовољен трећи услов за мерење хоризонталних углова, задовољен је и овај услов.

II услов:

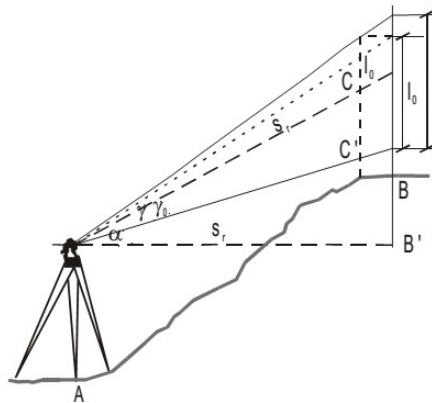
Средња црта кончанице се мора налазити тачно у средини између горње и доње.

За испитивање овог услова, потребно је навизирати вертикално постављену летву на растојању од 20–30 метара, на приближно хоризонталном терену. Затим довести визуру у приближно хоризонталан положај и прочитати поделу летве помоћу све три црте кончанице. Ако је наведени услов испуњен, читање поделе летве средњом цртом кончанице мора бити исто као и аритметичка средина из читања горњом и доњом цртом кончанице.

Пошто су цртице кончанице угравиране на стакленој плочици, не постоји могућност ректификације овог услова. Овај услов је фабрички загарантован од стране самог произвођача.

3.2.2. Мерење дужина ауторедукционим тахиметром

Инструменти помоћу којих се, непосредно на терену, могу добити хоризонталне дужине се називају ауторедукциони тахиметри.



Слика 3.10: Мерење дужине ауторедукционим тахиметром

Њихов принцип рада се састоји у томе да се повећањем нагнутости визуре (повећањем вертикалног угла α) смањује паралактички угао γ .

Овај принцип се може објаснити помоћу слике 3.10.

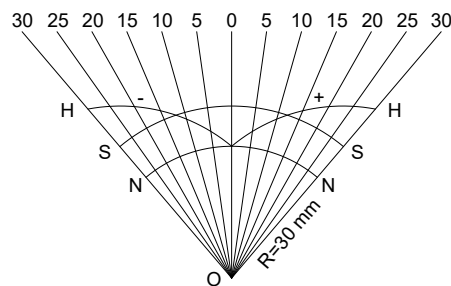
Уколико се помоћу ауторедукционог даљиномера, одређује редукована дужина S_R , потребно је на тачки А очитати одсечак на летви l и вертикални угао α (односно зенитно одстојање Z).

Уколико се ротацијом око обртне осе дурбина дужина S_R пренесе на правац визуре, тачка В' поклопи са тачком С ($S_R = OC$), и када би на том месту поставили летву, она би на терену стајала у фиктивној тачки С', а на летви би се читао одсечак l_0 .

Када би се овај одсечак помножио са мултипликационом константом К, добила би се редукована дужина између тачака А и В ($S_R = K \cdot l_0$). Када би се овај одсечак преместио на летву у тачки В, тада би се редукована дужина могла добити помоћу одсечка l_0 , који би се прочитао на летви у тачки В. Тај одсечак би се могао прочитати уколико би се смањила вредност паралактичког угла са γ на γ_0 .

Смањење паралактичког угла зависи од нагнутости визуре, односно угла α (или Z) и веће је за веће вредности угла α . Смањење паралактичког се угла постиже смањењем размака коначна кончанице (за $\alpha=0^\circ$, $\gamma=34',38$, што је и максимална вредност).

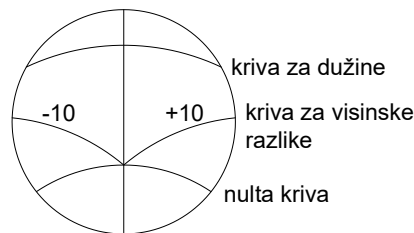
Овај проблем је решен конструкцијом Хамеровог дијаграма. Хамеров дијаграм је конструисан тако да се са повећањем вертикалног угла, смањује паралактички угао (слика 3.11.).



Слика 3.11: Конструкција Хамеровог дијаграма

Плочница са угравираним Хамеровим дијаграмом, поставља се поред дурбина, и обично се везује за алхидаду вертикалног лимба. Центар круга нулте криве се налази у обртној оси дурбина, а главни полупречник нулте криве стоји паралелно са алхиладином осом. Тако се нулта крива налази 30 mm изнад обртне осе дурбина. Помоћу огледала светлосни зраци се усмеравају кроз дијаграм. Помоћу система сочива и призми, лик дијаграма се формира у равни кончанице и спушта

за 30 mm, тако да долази у висину подужне осе дурбина. На овај начин се формира видно поље ауторедукционог тахиметра, које је приказано на слици 3.12.



Слика 3.12: Видно поље ауторедукционог тахиметра

Ауторедукциони тахиметри имају две константе, једну за дужине ($K_D=100$) и другу за висинске разлике (најчешће $K_H=\pm 10, \pm 20, \pm 50$).

Сам поступак мерења и одређивања хоризонталних дужина и висинских разлика је једноставан. Након центрисања ауторедукционог тахиметра и постављања летве на жељену тачку, изврше се читања на летви:

- l_0 – место на летви које погађа пресек вертикалног конца кончанице и нулте криве;
- l_H – место на летви које погађа пресек вертикалног конца кончанице и криве за висинске разлике; и
- l_D – место на летви које погађа пресек вертикалног конца кончанице и криве за дужине.

Хоризонталне дужине и висинске разлике се одређују једноставним изразима

$$S_R = K_D \cdot (l_D - l_0) \quad (3.13)$$

$$\Delta H = K_H \cdot (l_H - l_0) \quad (3.14)$$

3.3. Мерење дужина електро-оптичким даљиномером

Принцип електронског мерења дужина заснива се на мерењу времена које је потребно електромагнетном таласу за прелаз мерене дужине у оба смера. На почетну тачку дужине поставља се инструмент примопредајник, а на крајњу тачку рефлектор. Уз претпоставку да се електромагнетни талас шири праволинијски константом брзином C , добијамо основну једначину за одређивање дужине S :

$$2S = C \cdot t \quad (3.15)$$

односно

$$S = \frac{1}{2} C \cdot t = K \cdot t \quad (3.16)$$

где је

t - време потребно мерном сигналу да пређе дужину два пута (напред и назад);

K - мултипликациона константа

Поступак мерења у принципу је врло једноставан, али је тај начин мерења у конструктивним решењима и техничком извођењу врло сложен. Разлог томе је велика брзина ширења електромагнетних таласа, који у времену само једне микросекунде прелазе око 300 m.

За тачност геодетских мерења потребно је стога временски интервал t мерити с изузетно високом тачношћу, што је омогућено тек општим технолошким развојем у другој половини 60-тих година прошлог века. С друге стране, на мерни сигнал и његову брзину простирања утиче атмосфера, кроз коју сигнал пролази, својим саставом и нестабилношћу. Емитовани сноп зрачења има одређену дивергенцију, па ће више или мање, зависно од величине отвора снопа, доћи до штетних рефлексија са околних објеката или терена, што даје лажне повратне сигнале, односно утиче на квалитет пријема сигнала, а тиме и на тачност мерења. За тачност мерења дужина, каква се тражи у геодезији, потребно је врло тачно познавати брзину ширења електромагнетног таласа. Стога можемо сматрати да су се први почеци развоја електронског мерења дужина појавили заједно с првим експериментима одређивања брзине светлости. Велика прекретница у развоју настаје открићем галиум-арсенид диоде (Ga-As диода) као извора и модулатора светлости (1960. године), што ће смањити димензије инструмента и убрзати изузетан развој погодних и практичних електронских даљиномера кратког домета, као и развоја ласерског извора светлости, који ће омогућити повећање домета електрооптичких даљиномера.

Како је за стандардизацију конструкције електронских даљиномера било нужно што тачније познавати брзину светлости у вакууму, 1957. године је на основу тада познатих мерења, 11. генерална конференција Међународне геодетске и геофизичке уније у Торонту, донела препоруку за брзину светлости у вакууму C_0 ($= 299792,5 \pm 0.4$ km/s). На основу бројних каснијих мерења са високом тачношћу, у специјално опремљеним лабораторијама, 15. генерална конференција за мере и тегове, својом резолуцијом бр. 2 доноси препоруку да се као репрезентативна брзина електромагнетних таласа у вакууму употребљава вредност

$$C_0 = 299792458 \times (1 \pm 4 \cdot 10^{-9}) \text{ m/s.}$$

Она је у дефиницији прихваћена као константа, тј. као непогрешива. На основу те бројчане величине дефинисана је 1983. године и јединица за дужину метар.

Први електрооптички даљиномери (дистомати) су се појавили седамдесетих година прошлог века.

Фирма за производњу геодетске опреме и инструмената „Kern“, је 1972. године произвела електронски даљиномер **МЕКОМЕТАР МЕ 3000** (слика 3.13.), чија је тежина била 18.7 kg. Овим дистоматом су могле да се мере дужине до 3 km (време трајања мерења 2-3 минута), са тачношћу од $0.2\text{ mm}+1\text{ ppm}$.

Без обзира на своју гломазност, тежину и пратећу опрему, појава овог дистомата је направила велики „бум“ у струци, и може се рећи отворила нову еру у мерењу дужина у геодезији.



Слика 3.13: Електро оптички даљиномер МЕКОМЕТАР МЕ 3000

Фирма за производњу геодетске опреме и инструмената „COM-RAD“, је 1982. године произвела електронски даљиномер **GEOMENSOR CR 204** (слика 3.14.), чија је тежина била 26 kg. Овим дистоматом су могле да се мере дужине до 10 km (време трајања мерења 1 минут), са тачношћу од $0.1\text{ mm}+0.1\text{ ppm}$.



Слика 3.14: Електро оптички даљиномер GEOMENSOR CR 204

Након ових, у пракси се појавио и низ других електронских даљиномера, који су у ствари представљали основу за конструкцију и производњу савремених геодетских инструмената за мерење углова и дужина - тоталних станица.

Међу првим тоталним станицама, почетком овог века, произведене су станице фирме „LEICA“ серије 2000, након чега је уследио брзи развој и производња низа других електро оптичких даљиномера. На слици 3.15., приказан је електронски даљиномер **LEICA TC 2003**, чија је тежина била 6.9 kg. Овим дистоматом су могле да се мере дужине до 5 km (време трајања мерења 3 секунде), са тачношћу од $0.3-1\text{ mm}+1\text{ ppm}$.



Слика 3.15: Електро оптички даљиномер LEICA TC 2003

Више о тоталним станицама, биће изложено у наредним поглављима.

4. НИВЕЛМАН

Нивелман представља скуп теренских и канцеларијских радова, чији је крајњи циљ одређивање надморских висина геодетских и детаљних тачака.

4.1. Појам и подела

Геодетски план или карта ће праву слику терена добити, када осим хоризонталне представе садрже и висинску - вертикалну представу терена.

План који има висинску представу се назива топографски план и на њему се вертикална представа може приказати помоћу:

- исписивања кота (апсолутних висина тачака) одређених тачака;
- изохипси (кривих линија које повезују тачке са истом котом);
- комбинацијом претходна два начина.

Као што се види, основу за било који начин висинске представе терена на плановима или картама, чине надморске висине тачака. Раније (у поглављу 1.) су дефинисане апсолутна и релативна висина.

За вертикалну представу терена је потребно имати одређен број тачака за које су срачунате надморске висине (коте).

За одређивање кота детаљних тачака, неопходно је на терену развити нивелманску мрежу, о чему ће више речи бити у наредним поглављима.

Површ геоида, односно нулта нивоска површ од које се рачунају надморске висине тачака, поклапа се са површи нивоа идеално мирних мора и океана, ослобођена утицаја ветра сунца и месеца, без плиме и осеке. То би се могло остварити посматрањем и мерењем нивоа мора кроз дуги низ година, што је практично неизводљиво.

Одређивање апсолутних висина појединих тачака своди се на постепено одређивање висинских разлика тих тачака од неке почетне тачке, тзв. нормалне тачке чија је апсолутна висина одређена директним мерењем.

Средњи ниво мора и апсолутна висина нормалне тачке се одређују на основу вишегодишњих опажања посебним уређајима - МАРЕОГРАФИМА.

За бившу Југославију се нормална тачка (нормални репер) налазила у Трсту, на тргу Сарторио, и његова висина износи 3.520 м, што је одређено 1875. године. Висински систем за нашу земљу је везан за овај нормални репер.

Године 1959. је формиран нормални репер у Маглају, који је 1961. године повезан са мареографима у Дубровнику и Сплиту.

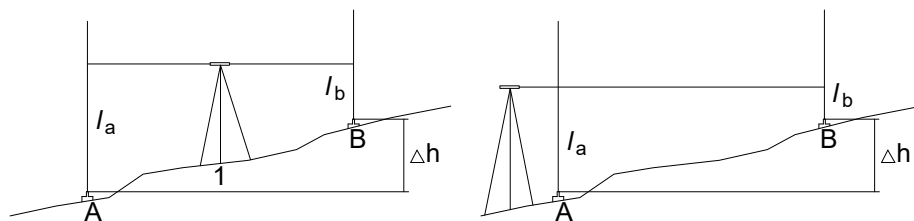
Релативне висине (висинске разлике) се мере непосредно на терену или одређују индиректним путем.

Висинске разлике се могу одредити:

- геометријским нивелманом;
- тригонометријским нивелманом;
- хидростатичким нивелманом;
- барометарским нивелманом;
- ГПС методом.

4.2. Геометријски нивелман

Геометријски нивелман подразумева одређивање висинских разлика на физичкој површи Земље на основу хоризонталне визуре. На тачкама између којих се одређује висинска разлика, постављају се летве које треба да буду вертикалне (слике 4.1.).



Слика 4.1: Нивелање из средине и нивелање "с краја"

Читањем вредности подела на летвама и њиховим одузимањем (**задња летва минус предња летва**) добија се висинска разлика.

Зависно од положаја нивелманског инструмента, у односу на тачке чија се висинска разлика одређује, разликујемо:

- нивелање "из средине" (слика 4.1. - лево);
- нивелање "с краја" (слика 4.1. - десно).

Нивелање "из средине" се углавном примењује у свим врстама геодезских радова, јер омогућава постизање веће тачности.

Висинска разлика се добија на основу читања на летвама

$$\Delta H_{AB} = l_a - l_b \quad \Delta H_{BA} = l_b - l_a \quad (4.1)$$

где је:

l_a - читање поделе летве на тачки А (ЗАДЊОЈ ЛЕТВИ);

l_b - читање поделе летве на тачки В (ПРЕДЊОЈ ЛЕТВИ);

ΔH_{AB} - висинска разлика између тачака А и В;

ΔH_{BA} - висинска разлика између тачака В и А.

На основу израза 4.1. може се закључити да је

$$\Delta H_{AB} = -\Delta H_{BA} \quad (4.2)$$

Нивелање "с краја" се користи код детаљног нивелмана (радови мање тачности) и у поступку испитивања нивелманских инструмената.

Према намени, геометријски нивелман се дели на:

1. генерални, којим се одређују висине репера, и
2. детаљни, којим се на основу репера генералног нивелмана, непосредно одређују висине карактеристичних детаљних тачака.

Према тачности, генерални нивелман се дели на:

1. нивелман високе тачности (нивелман 1. реда) - тачност $\pm 1 \text{ mm/km}$;
2. прецизни нивелман (нивелман 2. реда) - тачност $\pm 2 \text{ mm/km}$;
3. технички нивелман повећане тачности (нивелман 3. реда) - тачност $\pm 5 \text{ mm/km}$;
4. технички нивелман (нивелман 4. реда) - тачност $\pm 8 \text{ mm/km}$.

Детаљни нивелман се дели на:

1. Детаљни нивелман површи:

- расутих тачака,
- правилних фигура, и

- по правцима.
2. Детаљни нивелман линија:
- подужног профила,
 - попречних профила.

4.2.1. Прибор за нивелање

Основни помоћни прибор за нивелање су нивелманске летве и нивелманске папуче.

Нивелманске летве и папуче

За технички нивелман, технички нивелман повећане тачности и детаљни нивелман се користе дрвене летве (ређе од алуминијума), дужине 3 или 4 m, ширине 8-10 cm.

Најбоље је да су летве из једног дела, али могу бити са два, три или више преклопа (слика 4.2.).



Слика 4.2: Нивелманска летва од 5 метара

Подела на летвама почиње од доње равни окова (који служи за заштиту од оштећења) и иде до врха летве.

Центиметри су означени црвено-белим или црно-белим пољима или цртама, док је сваки дециметар означен бројем.

Читање поделе се врши помоћу средњег хоризонталног конца, где се читају дециметри, одбројавају центиметри, а милиметри цене од ока.

Препоручује се да обе летве буду исте врсте. Уколико нису, потребно је обе летве прочитати у односу на једну тачку (удаљену 10-20 м), при чему прочитане вредности треба да буду једнаке, што показује да су почеци подела летви идентични.

Уколико то није случај и немамо могућност да за нивелање користимо летве исте врсте, онда приликом нивелања треба имати паран број станица на једној нивелманској страни.

У свим врстама генералног нивелмана морају се користити летве из једног дела, док се за детаљни нивелман може користити и летва са преклопом.

Приликом читавања, летве морају да стоје вертикално у простору, што се постиже помоћу испитане и ректифициране центричне либеле, која може бити фиксна (стално везана за летву) и слободна (ставља се по потреби на летву - слика 4.3.).



Слика 4.3: Слободна либела

При детаљном нивелману, изузетно се могу користити и летве без либеле. У таквим случајевима, вертикалност летве се може проверавати помоћу вертикалног конца нивелманског инструмента, у смислу лево-десно, а у смислу напред-назад летву треба клатити у правцу визуре, при чему оператер прати читања и у моменту када прочита најмању вредност, летва је вертикална (оператер има утисак да се хоризонтални конач помера горе-доле).

Летва се приликом читања, по потреби, може придржавати помоћу двоношца (слика 4.4.) или две значке. Ово се посебно односи на прецизни нивелман и нивелман високе тачности, где се обавезно користи инварска летва са двоструком поделом.

Приликом нивелања, летве на везним тачкама морају да стоје на стабилној подлози. Посебно је важно да се приликом ротације летве не промени њен положај. У ту сврху се користе нивелманске папуче, које управо и служе као везне тачке. Нивелманске папуче су израђене од ливеног гвожђа, са фино обрађеном главом, на коју се поставља летва (слика 4.5.).

На чврстом терену (каменита подлога и слично) летва се може поставити на стабилан избочен и обао камен, са јасно израженим врхом.

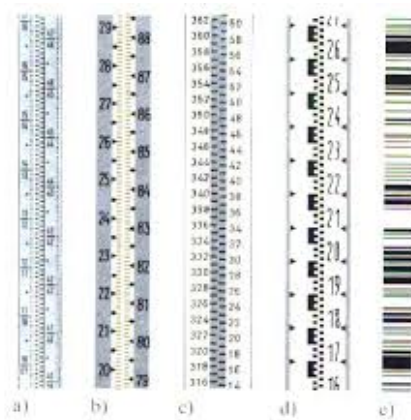
За прецизнија геодетска мерења, користе се инварске летве (слика 4.6.а-д.), а за мерење електронским нивелирима инварске кодиране летве (слика 4.6.е).



Слика 4.4: Двоножац за придржавање летве



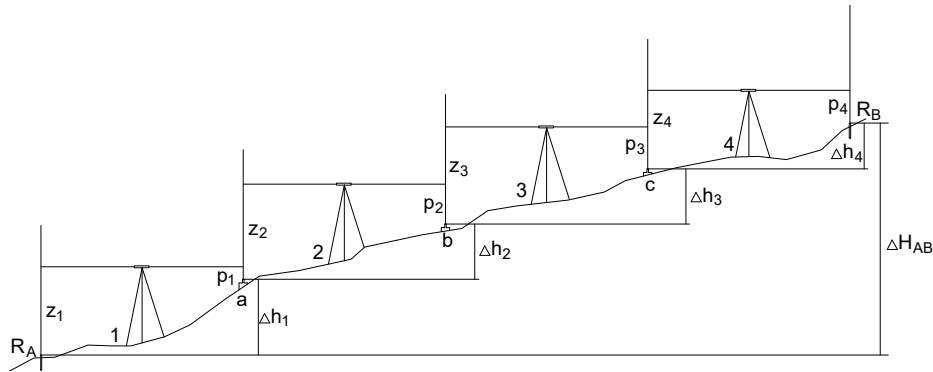
Слика 4.5: Нивелманска папуча



Слика 4.6: Инварске и кодирана нивелманска летва

4.2.2. Мерење висинских разлика у генералном нивелману

Висинска разлика (максимално 3-4 м) између две блиске и видљиве тачке (најчешће између репера и везне тачке или између две везне тачке), одређује се са једне нивелманске станице (слика 4.7.).



Слика 4.7: Мерење висинске разлике између два репера

Везне тачке се означавају малим словима абееде, унутар једне нивелманске стране.

Станице - места на којима се поставља нивелир се означавају арапским бројевима, почев од броја 1 па надаље, у оквиру нивелманских страна.

На наредној нивелманској страни се из почетка нумеришу и станице и везне тачке.

Висинске разлике између суседних тачака (висинске разлике на станици) се одређују нивелањем из средине, као разлике читања поделе задње и предње летве:

За станицу 1 $\Delta h_1 = z_1 - p_1$

За станицу 2 $\Delta h_2 = z_2 - p_2$

.....

За станицу n $\Delta h_n = z_n - p_n$

Висинска разлика између репера се добија као сума висинских разлика између везних тачака, у збиру са висинском разликом између почетног репера и прве везне тачке и висинском разликом између последње везне тачке и завршног репера.

Укупна висинска разлика између репера А и В износи

$$\Delta H_{AB} = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_n = [z] - [p] \quad (4.3)$$

То значи, сумирањем висинских разлика (Δh_i), одређених на свим станицама нивелманске стране, добија се висинска разлика (ΔH_{AB}) између два крајња репера (R_A и R_B) те нивелманске стране.

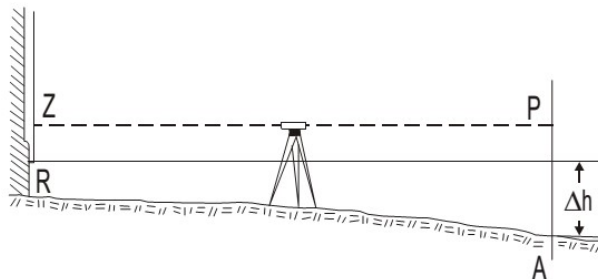
Контрола рачунања се врши помоћу разлике сума читања задњих и предњих летви.

Веза нивелмана за репер зависи од врсте белеге којом је репер стабилизован.

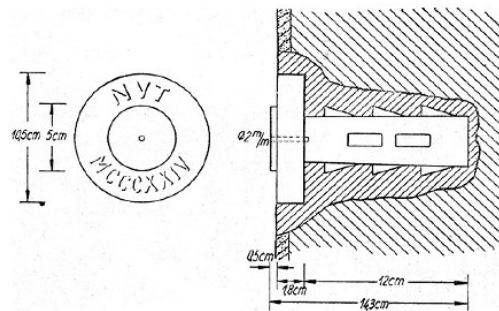
Уколико се летва може поставити на репер (сви вертикално постављени репери, као и хоризонтално усађени репери са лоптастом главом који виरे испред зида) читање летве, као и рачунање висинске разлике, врши се на уобичајени начин (слика 4.8.)

$$\Delta h = z - p \quad (4.4)$$

Уколико се летва не може поставити на репер (равно са зидом, хоризонтално усађени репери са рупицом (слика 4.9.) - користе се у нивелману високе тачности), могу се појавити три случаја.



Слика 4.8: Уобичајена веза нивелмана за репер



Слика 4.9: Хоризонтално усађени репер нивелмана високе тачности

У првом случају, искусни геодетски стручњаци ће нивелир поставити и хоризонтирати тако да хоризонтална црта кончанице погађа рупицу, која дефинише висину тог репера. У таквој ситуација, читање на задњој летви ће бити једнако нули ($z=0$). Висинска разлика између репера и везне тачке, одређује се изразом

$$\Delta h = z - p$$

$$\Delta h = -p$$

(4.5)

Обзиром да није баш једноставно, да се при хоризонталној визури, оствари визирање рупице репера, за читање на реперу, уместо летве се користи метални компарисан лењир. У зависности од положаја нивелира, визура ће се налазити изнад или испод рупице, па се лењир мора окренути према „горе“ или према „доле“.

Ако је визура изнад рупице, лењир се поставља тако да му подела расте од рупице према зениту (слика 4.10.) и у том случају се висинска разлика рачуна према изразу 4.4.



Слика 4.10: Постављање лењира када је визура изнад рупице

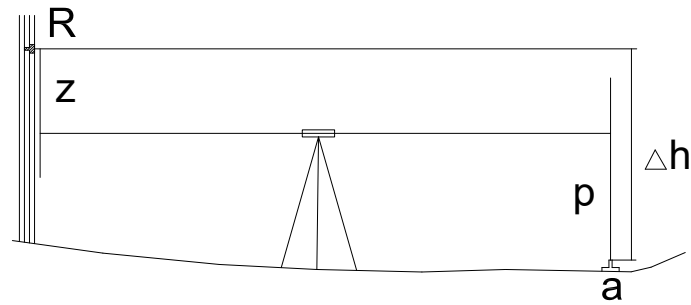
Ако је визура испод рупице, лењир се поставља тако да му подела расте од рупице према земљи (слика 4.11.), и у том случају се висинска разлика рачуна према изразу (слика 4.12.)

$$\Delta h = -z - p$$

(4.6)



Слика 4.11: Постављање лењира када је визура испод рупице



Слика 4.12: Веза за репер када је визура испод рупице

Може се закључити да је читање уобичајено ако се лењир поставља изнад рупице, а уколико је лењир постављен на доле, онда се мора водити рачуна о знаку.

Да би се отклонила недоумица, у колони "Примедба" нивелманског записника, треба да буде уписано на који начин је остварена веза нивелмана за репер.

Теренску екипу за технички нивелман чини стручно лице (оператер) и три фигуранта.

Два фигуранта носе по летву и папучу (евентуално и по две значке за држање), а трећи фигурант носи сунцобран који штити нивелир и статив од директних сунчевих зрака, а било би практично да тај фигурант води и записник нивелања.

Оператер бира место за станицу, водећи рачуна о дозвољеној дужини визуре, удаљености визуре од терена итд.

Један фигурант држи задњу летву на реперу, а други са предњом летвом корача и "мери" растојање од репера до станице, и исто толико одстојање одкорача до прве везне тачке, где се поставља летва.

Код техничког нивелмана дозвољена разлика у дужини визуре на једној станици износи 3 m, што се свакако може одредити корацима, док се за прецизније геодетске радове, растојање од нивелира до летве (нивелманске папуче) мери ручном пантљиком.

У свим радовима који се односе на генерални нивелман, висинске разлике се одређују нивелањем из средине, и то кроз једно мерење. У појединим геодетским радовима, где се тражи већа тачност, потребно је висинску разлику одредити из два мерења. То се може постићи:

- променом висине инструмента;
- коришћењем летви са двоструком поделом;
- нивелањем са двоструким везним тачкама.

Променом висине инструмента се обезбеђује и друго независно мерење, тако што се по читавању обе летве, поново на другој висини хоризонтира инструмент, и изврши поновно читање на обе летве.

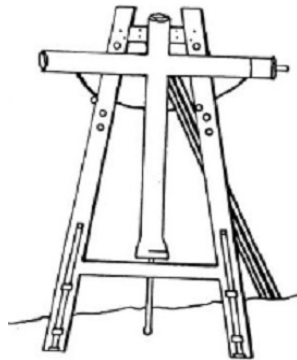
Ако је разлика добијених висинских разлика у границама дозвољених одступања, за дефинитивну вредност се усваја аритметичка средина. Редослед читања је Z_1 , P_1 , P_2 , Z_2 , због слегања нивелира и папуча, а и због елиминације низа других грешака које оптерећују резултате мерења.

Помоћу летви са двоструком поделом се постиже исти ефекат на бржи и једноставнији начин. Летве имају две поделе које се међусобно разликују за вредност која се назива константа летве. Редослед читања је Z_1 , P_1 , P_2 , Z_2 , из истих разлога.

Нивелање са двоструким везним тачкама подразумева по пар везних тачака или коришћење нивелманских папуча са два репера. Поступак и редослед читања су исти као у претходна два случаја.

4.3. Нивелмански инструменти

Нивелир је основни инструмент за мерење висинских разлика у геометријском нивелману. Основни саставни део му је дурбин, који се заједно са уређајима за хоризонтирање геодетске визурне линије, односно геодетске визурне осе, може окретати око главне или вертикалне осе нивелира. Помоћу уређаја за хоризонтирање, поставља се геодетска визурна оса у хоризонталну раван, па се висинске разлике тачака одређују читавањем на мерним летвама, које се постављају вертикално помоћу центричне либеле, на тачке између којих меримо висинску разлику. Нивелири се постављају на стативе, обично у средину између тачака чија се висинска разлика одређује.



Слика 4.13: Пикардијев нивелир

Развој нивелира започиње открићем дурбина почетком 17. века, а посебно открићем цевасте либеле. Професор Пикард, који је први применио дурбин за геодетска мерења, конструисао је 1674. године инструмент с дурбином који је служио за мерење вертикалних углова. За хоризонтирање дурбина служило је клатно повезано са дурбином, а нагињањем дурбина са клатном, читавао се угао на луку подељеном на минуте ($0,4\text{mm}/1,3\text{ m}$), (слика 4.13.). Овај инструмент, Пикард је применио и за нивелање, па га из тог разлога можемо сматрати првим геодетским инструментом са дурбином за мерење вертикалних углова и првим нивелиром са дурбином. Развој нивелира са либелама започиње почетком 18. века. Тако нпр. Малет извештава 1702. године о нивелирима са извлачењем окуларне цеви и са елевационим завртњем. Цевасте либеле су у почетку биле лошег квалитета и тачности, па тек крајем 18. века добијају употребљиве облике.

Више од једног века траје развој либеле и њена примена. То је незамисливо, у данашњем опсегу развоја, када је једна деценија довољна за значајне промене у мерној техници. Године 1770. Мајер је открио центричну либелу, а 1857. конструисан је први нивелир с реверзионом либелом. Важна конструктивна побољшања нивелира настају конструкцијама Вилда од 1908. године па надаље, а то су: унутрашње изоштравање, либела с коинциденцијом мехура, тело дурбина и носач либеле од једног одливка и микрометар с планпаралелном плочом. Могле су се разликовати две основне конструкције нивелира:

- нивелири са чврстим дурбином и цевастом либелом (слика 4.14.),
- нивелири с дурбином за окретање и реверзионом либелом.

Тадашњи модерни нивелири са веома усавршеним либелама имали су грађу са чврстим дурбином и са њим чврсто повезану либелу, најчешће и са елевационим завртњем (само око 40% једноставних нивелира и нивелира средњих тачности са либелама нису имали елевациони завртањ).

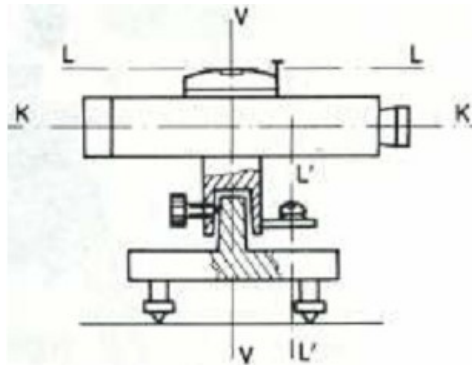
Нивелири са либелама имају уз дурбин или изнад њега цевасту либелу која се зове нивелациона либела. Код најстаријих конструкција нивелира, ова либела била је најчешће изведена као јахаћа либела.

Цеваста либела је технолошки усавршена, добро заштићена, али нажалост и након тако дугог развоја има значајне недостатке, посебно због осетљивости на температурне промене. Либеле високих осетљивости имају врло немирне мехуре, што у многоме отежава рад код прецизних мерења.

Када се говори о осама нивелира, без обзира о којој врсти се ради, морају се дефинисати следеће осе (слика 4.14.):

- Главна оса - замишљена права око које се ротира покретни део нивелира (VV).
- Оса цевасте либеле на дурбину (уколико постоји) (LL).

- Оса центричне либеле ($L'L'$).
- Визура - права која дефинисана тачкама: оптички центар објективног сочива и пресек вертикалног и хоризонталног конца кончанице (КК).



Слика 4.14: Осе нивелира

Према тачности на основу средње висинске разлике по 1 km обостраног нивелања, нивелире делимо на:

- нивелире највише тачности $\leq 0,5 \text{ mm/km}$;
- нивелире високе тачности $\leq 1,0 \text{ mm/km}$;
- нивелире више тачности $\leq 3,0 \text{ mm/km}$;
- нивелире средње тачности $\leq 8,0 \text{ mm/km}$;
- обичне или једноставне нивелире $> 8 \text{ mm/km}$.

Нивелири се према конструкцији деле на:

- класичне (са цевастом либелом на дурбину);
- аутоматске (са компензатором);
- ласерске; и
- дигиталне нивелире.

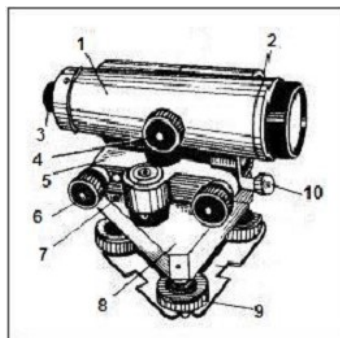
4.3.1. Класични нивелири

Класични нивелири су нивелмански инструменти са цевастом либелом на дурбину (слика 4.15.). Основни делови нивелира (слика 4.16.) су:

1. Дурбин;
2. Цеваста либела;
3. Окуларно сочиво;
4. Завртањ за фокусирање;
5. Носач дурбина;
6. Микрометарски завртањ за фино померање дурбина;
7. Центрична либела;
8. Постоље;
9. Положајни завртњи; и
10. Елевациони завртањ.



Слика 4.15: Нивелир са либелом на дурбину



Слика 4.16: Основни делови нивелира са либелом на дурбину

Употреба ових нивелира је у садашњости сведена на минимум, са тенденцијом да њихова употреба у будућности потпуно ишчезне. Без обзира на ту чињеницу, због једноставнијег схватања општих принципа функционисања нивелира, начина њихове употребе и нивелмана уопште, овде су ипак поменути.

4.3.1.1. Испитивање и ректификација класичних нивелира

Да би се класични нивелир користио за мерење висинских разлика, мора задовољити следеће услове (нивелир без елевационог завртња):

1. Главна оса нивелира мора бити вертикална у простору и мора бити управна на осу цевасте либеле на дурбину.
2. Оса цевасте либеле на дурбину мора бити паралелна са визуром.
3. Када је главна оса нивелира вертикална, хоризонтална црта кончанице мори бити заиста хоризонтална.

I Услов:

Главна оса нивелира мора бити вертикална у простору и мора бити управна на осу цевасте либеле на дурбину.

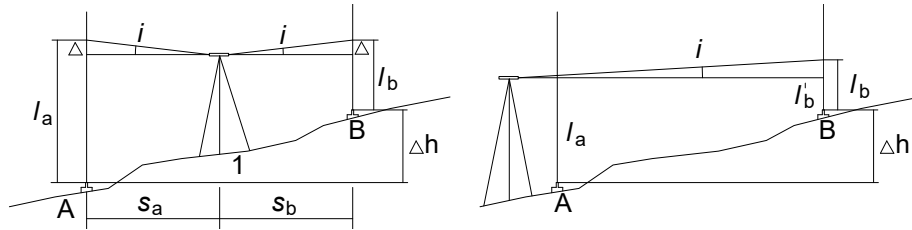
Овај услов се испитује и ректификује на потпуно исти начин као и I услов за мерење хоризонталних углова, код теодолита (поглавље 2.2.4.).

II Услов:

Оса цевасте либеле на дурбину мора бити паралелна са визуром.

Услов се испитује нивелањем из средине и скраја.

На приближно хоризонталном терену, обележе се тачке А и В (слика 4.17.). Нивелир се постави тако да се налази тачно на средини између њих (ове дужине се мере ручном пантљиком). На тачкама А и В се поставе летве и изврши читање поделе на њима (l_a и l_b).



Слика 4.17: Испитивање другог услова (угла i)

На основу читања на летвама (l_a и l_b), одреди се висинска разлика између тачака А и В:

$$\Delta H_{AB} = l_a - l_b \quad (4.7)$$

Уколико визура није хоризонтална читања l_a и l_b , биће оптерећена грешком која настаје због угла i . Угао i , је угао који визура заклапа са хоризонтом. Обзиром да се нивелир налази на средини између тачака А и В, оба читања ће бити оптерећена истом грешком Δ . Имајући у виду ту чињеницу, може се закључити да ова грешка неће имати утицаја на резултате мерења, односно да ће добијена висинска разлика бити ослобођена утицаја непаралелности визуре и осе цевасте либеле. То се може доказати и математички, Читања ослобођена утицаја ове грешке су

$$l'_a = l_a - \Delta \quad (4.8)$$

$$l'_b = l_b - \Delta \quad (4.9)$$

Ако висинску разлику одредимо са читањима ослобођеним утицаја грешке Δ , добијамо

$$\Delta H_{AB} = l'_a - l'_b$$

$$\Delta H_{AB} = (l_a - \Delta) - (l_b - \Delta)$$

$$\Delta H_{AB} = l_a - \Delta - l_b + \Delta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta H_{AB} = l_a - l_b$$

Препоручује се да се висинска разлика из средине одреди два пута (промена висине инструмента), како би били сигурни у резултат мерења.

Сада се нивелир премешта и изводи нивелање скраја. Поново се на тачкама А и В поставе летве, изврши читање поделе на њима (l_a и l_b) и израчуна висинска разлика (израз 4.7.).

Уколико је услов задовољен, односно визура паралелна са осом цевасте либеле, висинска разлика добијена нивелањем из средине, мора бити једнака висинској разлици добијеној нивелањем скраја. Уколико се ове две вредности разликују, то значи да услов није испуњен, односно да угао i , значајно утиче на резултате мерења и нивелир се мора ректификовати.

Овде се мора констатовати да угао i нема утицаја на читање на летви l_a , из простог разлога што се нивелир налази близу ње (2-3 метра).

Висинска разлика која је добијена нивелањем из средине је ослобођена утицаја ове грешке и узима се као тачна за нивелање скраја. Узимајући то у обзир, на основу слике 4.17. - десно, можемо писати

$$\Delta H_{AB} = l_a - l'_b \quad (4.10)$$

где је

l'_b - читање ослобођено утицаја грешке непаралелности визуре и осе цевасте либеле.

Обзиром да је висинска разлика позната (нивелање из средине) и да читање на летви на тачки А сматрамо исправним, читање које би требало бити на летви на тачки В, одређује се из израза 4.10.

$$l'_b = \Delta H_{AB} - l_a \quad (4.11)$$

Ректификација се изводи тако што се, делујући на корекционе завртње, кончанични прстен помера горе или доле, док се не доведе да визура погађа сачунато читање l'_b , на тачки В.

Овде се мора нагласити важност овог услова, јер метода геометријског нивелмана почива на хоризонталности визуре.

Такође треба нагласити и то да се утицај угла i , из резултата мерења, може елиминисати избором методе рада, односно нивелањем из средине.

III Услов:

Када је главна оса нивелира вертикална, хоризонтална црта кончанице мора бити заиста хоризонтална.

Овај услов се испитује и ректификује на потпуно исти начин као и IV услов за мерење хоризонталних углова, код теодолита (поглавље 2.2.4.), само што се овде испитује хоризонтална црта кончанице.

4.3.2. Аутоматски нивелири

Процес развоја нивелира знатно се мења 1950. године, када се појављује нивелир Zeiss Ni2 са компензатором уместо либеле (то је био први нивелир са аутоматским хоризонтирањем визурне линије). Нивелир више нема цевасте либеле, а тиме нема ни операција врхуњења, што убрзава и олакшава рад. Нивелир је довољно хоризонтирати помоћу центричне либеле. Аутоматизацијом мерног процеса ефикасност рада је повећана и до 40 %.

Између 1950. и 1968. године продато је педесет хиљада нивелира овог типа и још много после тога. Како је мерење са аутоматским нивелирима било много брже, ови инструменти (слика 4.18.) су постали доминантни на тржишту. Убрзо након појављивања ових инструмената, њихови корисници су информисани о систематским грешкама (као што је одступање од хоризонта), које су морали имати у виду при процесу мерења.

На 16. Интернационалном конгресу геодеата 1983. године, удружење геодеата је упозорило на ефекат магнетног поља код аутоматских нивелира. Нпр. аутоматски нивелир Carl Zeiss Ni1 је показивао грешку од 1.0 – 1.5 мм/км на правцу север-југ. До краја 1983. године произвођачи су ефекат магнетног поља редуковали. Корисници аутоматских нивелира произведених пре 1983. године требали су, код извршења прецизних нивелманских задатака, бити свесни овог проблема.

Конструкције нивелира са аутоматским хоризонтирањем старе су више од 200 година, а истраживања на том подручју, посебно су проширена у овом веку. Из старијег раздобља развоја споменимо неке интересантне конструкције. Нивелир са аутоматским хоризонтирањем из 1799. године, од непознатог је конструктора, а примерак се и данас чува у Шумарској академије у Clausthalu. Затим, Couturier-ов нивелир из 1878. године и нивелир конструктора Heinrich Wilda, којег је израдила фабрика Zeiss у Јени 1923. године.



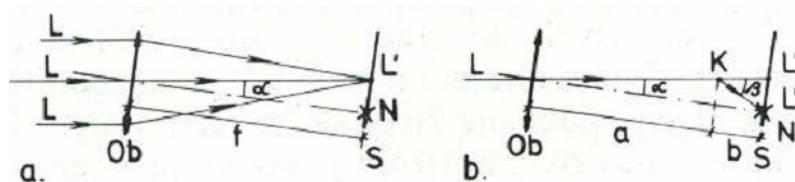
Слика 4.18: Нивелир са компензатором

4.3.2.1. Принцип рада аутоматских нивелира

Компензатор је оптичко-механички склоп који у оквиру подручја рада (хода) аутоматски компензује утицај невертикалности главне осе нивелира на положај визуре, и доводи је у хоризонталан положај у простору. Компензатор ради на принципу физичког клатна. Код већине нивелира је смештен у кућиште дурбина, између објектива и кончанице.

Задатак компензатора је да при нагнутом дурбину (тј. нагнутој главној оси), у подручју компензације (обично од $5'$ до $30'$), аутоматски помери зраке снопа светлости, тако да визура буде хоризонтална у простору.

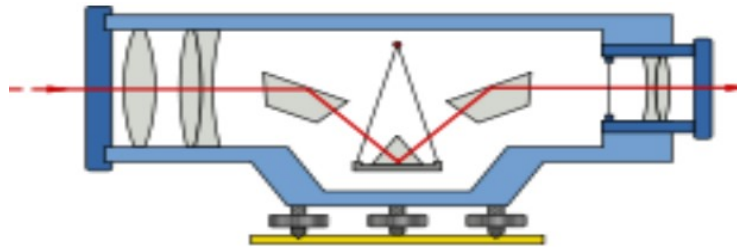
Компензатор делује тако да се лик тачке L на летви (читање при хоризонталној визури), независно од нагиба дурбина, пресликава у хоризонталну црту кончанице (N). На слици 4.19.а. је приказано пресликавање када визура није хоризонтална, а нивелир нема компензатор. Као што се види, лик L' тачке L се не пресликава у хоризонталној црти кончанице (N). Задатак компензатора је управо да отклони утицај нехоризонталности визуре, односно да се лик L'' тачке L преслика у хоризонталну црту кончанице (N). Слика 4.19.б. приказује пресликавање када је дурбин (односно главна оса нивелира) нагнут за угао α . У том случају компензатор помера сноп светлости за угао β , да би се тачка L пресликала у хоризонталну црту кончанице (N).



Слика 4.19: Основни принцип компензације

Уређај за компензацију је сложене оптичко – механичке грађе, где је компензатор само покретни елемент. Као покретни оптички елементи користе се: призме за рефлексију (правоугаона, кровна, систем призми), равно огледало, закривљено огледало, сочива, а у неким случајевима и течност. Унутар самог компензатора налази се и оптички систем од више оптичких елемената који су непокретни.

Покретни оптички елемент обешен је уз помоћ танких жица, па делује као клатно. За умирење клатна користи се пригушивач, који може бити: ваздушни, магнетни или течност.



Слика 4.20: Дурбин са уређајем за компензацију

4.3.2.2. Испитивање и ректификација аутоматских нивелира

И аутоматске нивелире, пре употребе треба испитати, како би били сигурни у резултате мерења. Аутоматски нивелири треба да задовоље следеће услове:

1. Оса центричне либеле мора бити паралелна са главном осом нивелира.
2. Хоризонтална црта кончанице мора бити заиста хоризонтална.
3. Подручје компензације мора да буде сагласно са подручјем које гарантује произвођач нивелира.
4. Време умирења клаћења компензатора мора да буде сагласно са временом које гарантује произвођач нивелира.
5. При врхућењу центричне либеле, визура мора бити хоризонтална (испитивање угла i).

I Услов:

Оса центричне либеле мора бити паралелна са главном осом нивелира.

Овај услов се испитује и ректификује на потпуно исти начин као и I услов за мерење хоризонталних углова, код теодолита (поглавље 2.2.4.).

II Услов:

Хоризонтална црта кончанице мора бити заиста хоризонтална.

Овај услов се испитује и ректификује на потпуно исти начин као и IV услов за мерење хоризонталних углова, код теодолита (поглавље 2.2.4.), само што се овде испитује хоризонтална црта кончанице.

III Услов:

Подручје компензације мора да буде сагласно са подручјем које гарантује произвођач нивелира.

Испитивање (и уколико је потребна ректификација) овог услова врши се искључиво у овлашћеним сервисима.

IV Услов:

Време умирења клаћења компензатора мора да буде сагласно са временом које гарантује произвођач нивелира.

Ова провера подразумева испитивање да ли компензатор, који је клатно обавља своју функцију, тј. да ли се клатно клати или не. Нивелир поставимо на статив, са једним положајним завртњем у смеру летве и хоризонтирамо центричну либелу. Након изоштравања слике летве, окрећемо положајни завртањ, тј. померимо либелу до инице круга који означава центар либеле. Ако је компензатор (клатно) у функцији, слика летве у односу на кончаницу ће се померити и вратити у првобитни положај. Поновимо радњу окретањем завртња у другом смеру и поново извршимо проверу.

Уколико се слика летве у односу на кончаницу не врати у првобитни положај, услов није задовољен, односно компензатор је неисправан. Поправка се врши искључиво у овлашћеним сервисима.

V Услов:

При врхућењу центричне либеле, визура мора бити хоризонтална (испитивање угла i).

Овај услов се испитује и ректификује на потпуно исти начин као и II услов код нивелира са цевастом либелом на дурбину (поглавље 4.3.1.1.).

4.3.2.3. Преглед аутоматских нивелира различитих произвођача

Иако су данас на тржишту заступљени углавном дигитални нивелири који пружају ефикасније обављање геодетских задатака, још увек имамо присутне и оптичке, аутоматске нивелире. Аутоматски нивелири имају велику примену у грађевинарству на градилиштима, као и извођењу разних грађевинских објеката.

Њихова тачност задовољава потребе оваквих радова, једноставни су за руковање, и приступачни са ценом, па представљају основни инструмент на градилишту за потребе нивелања. У табели 4.1 дат је преглед основних техничких карактеристика неких аутоматских нивелира који се данас производе (слика 4.21. и 4.22.).

Тип инструмента	NA720 Leica	NA730 Leica	RUNNER 20 Leica
Тачност мерења висина (сред. грешка нивелања напред-назад на 1 км)	2.5 mm (ISO 17123-2)	1.2 mm (ISO 17123-2)	2.5 mm (ISO 17123-2)
Тачност компензатора	< 0.5"	< 0.3"	0.5"
Радно подручје компензатора	± 15'	± 15'	± 15'
Увећање дурбина	20x	30x	20x
Примена	За радове на градилиштима	За грађевинске и геодетске радове	За радове на градилиштима
Маса инструмента	1,6 kg	1,7 kg	2,0 kg

Табела 4.1 : Технички подаци за неке врсте аутоматских нивелира



Слика 4.21: Leica Runner20

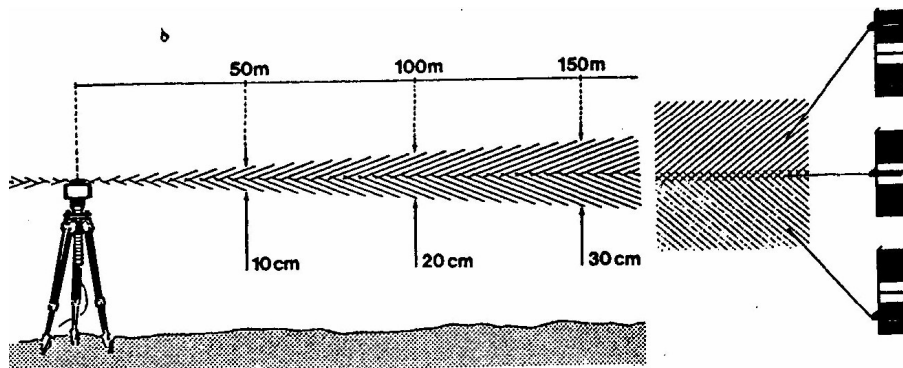


Слика 4.22: Leica NA 700

4.3.3. Ласерски нивелири

Посебне конструкције нивелира су ласерски нивелири с ротирајућим ласерским зраком. Појавили су се 1973. године. Примењују се највише за површински нивелман. Помоћу ласерског зрака остварује се хоризонтална референтна раван, па се може мерити истовремено на свим околним тачкама унутар полупречника до 250 м, али уз већу удаљеност, тачност мерења је мања. Код већине конструкција референтна раван се може нагнути за одређени угао, што омогућава свестранију примену.

Принцип рада се заснива на ротирању главе нивелира око главне осе за 10 окретаја у секунди. На њој се налазе два отвора кроз која се пропушта поларизирани ласерски зрак, чији се извор налази у ласерској диоди. Један је зрак, од референтне равни, померен за мали елевациони угао, док је други зрак померен за исти депресиони угао.



Слика 4.23: Одашљање и пријем ласерских снопова помоћу фотоелектричног детектора

Пријемник се помера по мерној летви све док казаљка индикатора не буде на нули. Пријемник има две фотодиоде. Свака диода прима одговарајуће поларизовано светло. Ако се висински индекс налази изван референтне равни, казаљка ће показати отклон (позитиван или негативан), већ према томе која фотодиода прима светлосне импулсе. Унутар врло уског подручја (2 mm /60 m), обе фотодиоде су једнако осветљене, па се казаљка индикатора поставља у нулто подручје унутар белог поља (слика 4.23.), што значи да је индекс у референтној равни. Индикатор се може одвојити од пријемника и држати у руци, а са пријемником је спојен помоћу кабла.

Положај пријемника се висински чита на центиметарској нивелманској летви. У инструмент може бити уграђен и компензатор за аутоматско довођење зрака у хоризонталан положај. Овај тип инструмента се користи када треба у висинском смислу мерити веће површине, одредити хоризонталне и вертикалне равни при градњи и контроли разних објеката.

Обзиром на тачност и начин коришћења, ови нивелири нису пронашли значајнију примену у геодезији. Производиле су се и дигиталне летве (као део опреме) за пријем ласерског зрака и читавање, чиме је тачност у знатној мери повећана, тако да је настала могућност примене ласерских нивелира ових конструкција и у прецизном нивелману уз аутоматизацију мерног процеса.

Ласерски нивелири имају једну велику предност над осталим нивелирима. Док је код аутоматских нивелира потребна једна особа за инструментом да читава вредности на летви, а друга да држи летву, код ласерских нивелира је потребна само једна особа која ће држати штап са сензором (уместо летве) и у исто време контролисати процес мерења. Ови инструменти имају велику примену у радовима где је потребно одредити површинске нагибе. То су радови код ископа, темељења, бетонирања, прављења паркиралишта, писта, спортских терена, полагања цевовода и других сличних радова.

4.3.3.1. Преглед ласерских нивелира различитих произвођача

Преглед основних карактеристика неких ласерских нивелира, који се данас производе, дат је у табели 4.2., а представљени су и на сликама 4.24, 4.25 и 4.26.



Слика 4.24: Leica Rugby 400DG



Слика 4.25: Triax EL 400H



Слика 4.26: Тросон RL-H3CS

Тип инструмента	Rugby 200 Leica	Rugby 400DG Leica	Triax Sokkia EL 400H	Topcon RL- H3CS
Радни домет	300 m	750 m	300 m	od 2- 30 m
Тачност (ИСО 17123- 6)	$\pm 1.5 \text{ mm}$ на 30 m	$\pm 1.6 \text{ mm}$ на 30 m	$\pm 3 \text{ mm}$ на 30 m	$\pm 3.6 \text{ mm}$ на 50m
Могућност нагиба	-	- 5% do + 25% по било којој оси, - 5% do + 15% dvoosno	$\pm 10 \%$ једноосно	$\pm 5 \%$ једноосно
Радна температура	-20°C do +50°C	-20°C do + 50°C	-	-
Тежина	2.5 kg	5 kg	3 kg	1.9 kg

Табела 4.2: Технички подаци за неке врсте ласерских нивелира

4.3.4. Дигитални (електронски) нивелири

Дуго времена, у целом свету се настојало да се у геометријском нивелману аутоматски читавају летве и региструју та читања. То је био велики проблем, нарочито зато што су летве удаљене од нивелира, па су разни истраживачи покушали то решити на различите начине.

Један од првих мерних начина без ласера и „електронских“ нивелманских летви развио је проф. др. Н. Zetsche са Универзитета у Бону (Zetsche, 1966). Интересантно је овде напоменути, да је он први применио и инкременталну технику код електронских теодолита при аутоматској регистрацији читања хоризонталних и вертикалних углова. У начину који је предложио Н. Zetsche, положај слике летве, у сликовној равни нивелира, одређује се електронски. Инструмент је у оно време имао скуп „zoom“ оптику, а и дигитална електроника је 1972. године била на почетку развоја.

Први дигитални нивелир произвела је фирма Wild (сада Leica) из Швајцарске 1990. године.

Leica Geosistem презентовала је нову генерацију дигиталних нивелира DNA03 i DNA10, као резултат досадашњег успеха модела NA2002 i NA3003. Инструменти су опремљени новим системом сензора, који процесуирају сигнал кодиране дигиталне поделе, заснован на досадашњој корелацијској методи.

DNA03 i DNA10 имају магнетни компензатор базиран на моделу примењеном код NA3003. То су компензатори код којих нема утицаја магнетног поља Земље.

Побољшање је учињено и код центричне либеле. Њен положај је промењен, постављена је ближе дурбину, тако да сада гарантује бољу стабилност мехура услед температурних промена.

Слика се обухвата новим, високоосетљивим CCD линеарним сензором, који је осетљив на видљиви део спектра. Светлост се разлаже на део за оптичко мерење и део за електронско мерење (CCD). Електронско мерење користи дужину спектра која је делимично унутар видљивог дела спектра. Светлост из усијаних предмета или халогених лампи је погодна за осветљење у случају мерења у лошим условима осветљења.

Мерни концепт се састоји из три фазе:

- 1) Чекање које траје 1 с неопходно је за подешавање компензатора.
- 2) Време експонаже траје од 0.5 s (оптимални услови) до 1.0 s (лоши услови).
- 3) Просечно време за грубу и фину корелацију је 1.5 s.

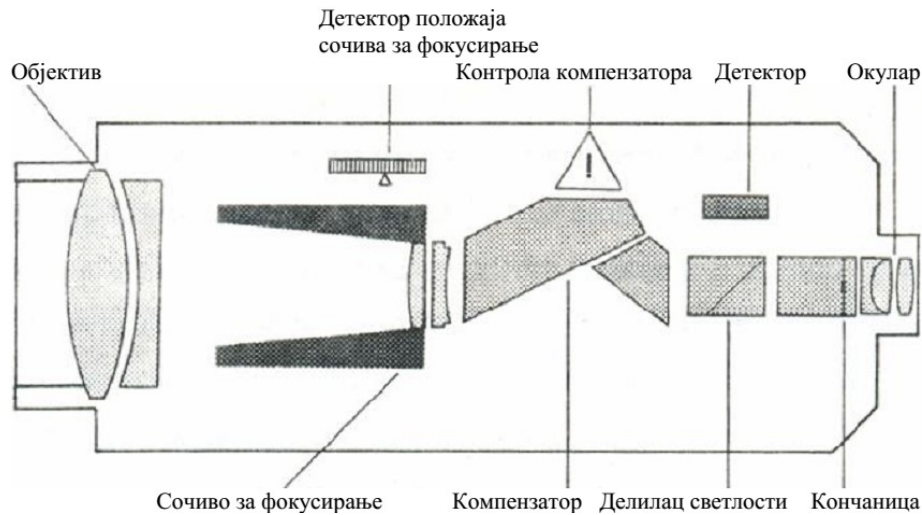
Тако се добија да је за једно мерење потребно 3 s. Када треба поновити мерење, које је извршено након првог мерења, време мерења ће се смањити за 1 s, што одговара времену потребном за подешавање компензатора.

Постоји разлика између видног поља за грубу и фину корелацију. За грубу корелацију пуно видно поље износи 2° за удаљености до 50 м. За максималну удаљеност од 110 м видно поље је редуковано у два корака до финалног угла од 1.4° . За фину корелацију видно поље износи 1.1° .

4.3.4.1. Принцип рада дигиталних нивелира

Дигитални нивелир израђен је на исти начин као нивелир с компензатором. Оптички и механички делови су истоветни. С дигиталним нивелиром могу се изводити и класична опажања. Дигитални нивелир има уграђену оптичку коцку, која има улогу делиоца светлости. Оптичка коцка дели инфрацрвену светлост од видљиве. Инфрацрвену светлост (слику) помера на фотодиоде поређане у једном реду, а видљиву светлост (слику) помера на кончаницу.

Главни делови дигиталног нивелира су приказани на слици 4.27.



Слика 4.27: Подужни пресек дигиталног нивелира

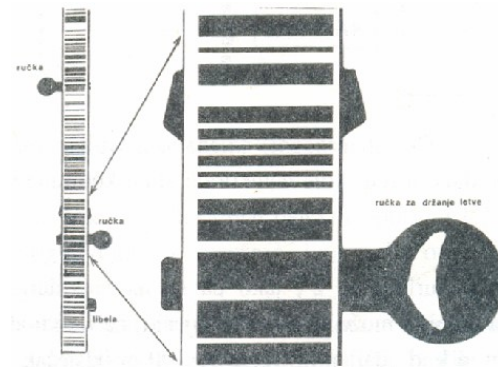
Фотодиоде претварају слику кодиране (дигиталне) поделе у аналогни видеосигнал. Сигнал одлази на аналогно-дигитални претварач, а затим подаци одлазе у процесор на обраду. После обраде мерних сигнала у процесору, на екрану се приказује дужина до летве и читање летве. Путем тастатуре се уносе различити нумерички подаци и управља радом нивелира.

Мерни подаци се региструју у модулу за регистрацију података. Нивелир има низ програма који омогућавају контролу и обраду добијених података – читање летве, дужина, број тачке, станица, висинске разлике и др. Подаци се, помоћу кабла, преносе на рачунар за даљу обраду.

Уз дигитални нивелир се користи специјална летва, која као поделу има бинарни код - кодирана летва (слика 4.28.). С друге стране летве, обично се налази класична подела у јединицама за мерење дужина. Та подела служи за класично опажање.

Сам поступак мерења и читавања летве је врло једноставан и састоји се од неколико корака:

1. Навизира се летва и изоштри слика кончанице и летве у видном пољу.
2. На тастатури притисне дугме за мерење.
3. Фотодиоде добијају слику кодиране поделе и претварају је у аналогни сигнал.
4. Сигнал одлази на аналогно-дигитални претварач, а затим подаци одлазе у процесор на обраду.
5. На екрану се појављује приказ резултата.



Слика 4.28: Нивелманска кодирана летва

4.3.4.2. Преглед дигиталних нивелира различитих произвођача

Преглед основних техничких карактеристика појединих дигиталних нивелира разних произвођача, представљен је у табелама 4.3а и 4.3б.

Тип инструмента	NA2000 Leica	NA3000 Leica	DNA03 Leica	DNA10 Leica	Sprinter 100 Leica	Sprinter 200 Leica
Тачност мерења (средња грешка нивелирања напред назад на 1 км) ИСО 17123-2	0,9 mm	0,4 mm	0,3 mm	0,9 mm	2 mm	1,5 mm
Домет	1.8 m -100 m		1.8 m -110 m		2 m - 80 m (od 0.5 m – оптички)	
Тачност мерења дужина	3 - 5 mm/10 m		1 cm - 5 cm		1 cm - 8 cm	
Трајање једног мерења	4 sec.		3 sec.		< 3 sec.	
Регистратор	REC модул GRM10 (64KB-сца, 2000 мерења) или регистратор GRE4		Интерна меморија (6000 мерења) и PCMCIA меморијска картица		Интерна меморија (500 мерења)	
Увешање дурбина	24X		24X		24X	
Маса инструмента	2.5 kg sa baterijom		2.8 kg sa baterijom		2.5 kg	

Табела 4.3а: Техничке карактеристике дигиталних нивелира

Тип инструмента	SDL30 SOKKIA	DL-101C TOPCON	DL-102C TOPCON	DiNi12 TRIMBLE	DiNi22 TRIMBLE
Тачност мерења (средња грешка нивелирања напред- назад на 1км) ИСО 17123-2	0,6 mm	0,4 mm	1 mm	0,3 mm	0,7 mm
Домет	1.6 m -100 m	100 m		1.5 m -100 m	
Тачност мерења дужина	1 cm - 20 cm	1 cm - 5 cm		1 cm - 5 cm	
Трајање једног мерења	3 sec.	3 sec.		3 sec.	2 sec
Регистратор	Интерна меморија (2000 мерења) или регистратор података SDR	PCMCIA меморијска картица (64KB до 2 MB) или интерна меморија (8000 мерења)		SRAM меморијска картица (256 KB до 8 MB) или интерна меморија (2400 мерења)	
Увећање дурбина	32X	32X	30X	32X	26X
Маса инструмента	2.4 kg са батеријом	2.8 kg са батеријом		3.5 kg	3.2 kg

Табела 4.3б: Техничке карактеристике дигиталних нивелира

Нивелири, чије су карактеристике приказане у горњим табелама представљени су на сликама 4.29., 4.30. и 4.31.



Слика 4.29: а) Leica NA2000



б) Leica DNA03



Слика 4.30 : а) Leica Sprinter 100,



б) Trimble DiNi 12



Слика 4.31: а) Topcon DL-101C



б) Sokkia SDL30

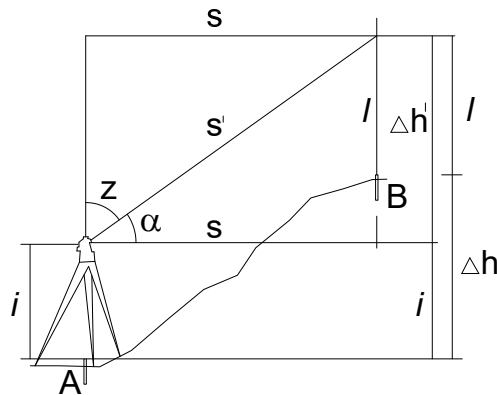
4.4. Тригонометријски нивелман

Одређивање висинских разлика на основу мерења зенитних одстојања (вертикалних углова) се назива тригонометријски нивелман.

Тригонометријски нивелман се примењује при одређивању:

- висинских разлика између полигонских тачака;
- висинских разлика у инжењерској геодезији;
- слегања објеката или терена, посебно у стрмим и неприступачним подручјима;
- висина објеката, као што су: торњеви, димњаци и сл.;
- висинских разлика преко великих водених површина, итд.

За одређивање висинских разлика тригонометријским нивелманом потребно је измерити зенитно одстојање (вертикални угао) и косу или хоризонталну дужину између крајњих тачака. Може се употребити и дужина из координата, уколико постоје (она је увек хоризонтална).



Слика 4.32: Тригонометријски нивелман

У зависности да ли се мере вертикални угао или зенитна даљина, коса или хоризонтална дужина, висинске разлике између прекрета дурбина и сигнала (слика 4.32.) се могу срачунати помоћу следећих формула:

$$\Delta h' = S' \cdot \sin \alpha \quad (4.12)$$

$$\Delta h' = S' \cdot \cos z \quad (4.13)$$

$$\Delta h' = S \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4.14)$$

$$\Delta h' = S \cdot \operatorname{ctg} z \quad (4.15)$$

где је:

$\Delta h'$ - висинска разлика од прекрета дурбина (обртне осе) до тачке која је при мерењу вертикалног угла визирана,

s' - коса дужина (од прекрета дурбина до тачке која је визирана),

s - хоризонтална дужина,

z - зенитно одстојање, и

α - вертикални угао

Са слике 4.32. се види да је

$$\Delta h + l = \Delta h' + i \quad (4.16)$$

Одакле се добија дефинитивна висинска разлика између тачака А и В

$$\Delta h = \Delta h' + i - l \quad (4.17)$$

где је:

i - висина инструмента,

l - висина сигнала.

Висинска разлика се, на основу косе дужине, може срачунати „директно“, једино ако је коса дужина паралелна са визуром. То је случај код електронског мерења дужина (електрооптички даљиномери или тоталне станице).

Уколико се дужина мери помоћу пољске пантљике тада визура треба да буде паралелна са косо мереном дужином, што значи да сигнал буде визиран на висини инструмента.

Уколико се о томе није водило рачуна (при мерењу дужине пантљиком) најбоље је најпре редуковати косо мерену дужину, па онда рачунати са хоризонталном дужином.

Наведене формуле су без поправака за утицај оптичке средине и закривљености Земљине површи, те им треба додати одговарајуће поправке за те утицаје, о чему ће више речи бити у неким другим предметима.

Примена тригонометријског нивелмана је посебно повећана масовнијом употребом тоталних станица, јер се зенитно одстојање може лакше и прецизније измерити, а потом аутоматски меморисати, што представља добру основу за аутоматизацију мерног процеса.

4.5. Хидростатички нивелман

Хидростатички нивелман представља одређивање висинских разлика на основу нивоа течности у спојеним судовима.

Прибор за хидростатички нивелман поседују специјализоване организације (његова примена није масовна), а тачност која се може постићи задовољава многе потребе.

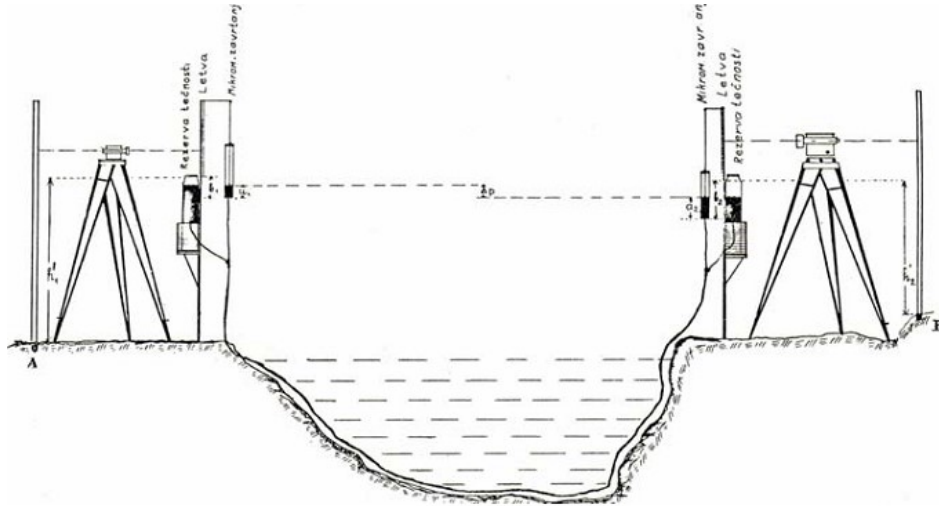
Посебно се користи у ситуацијама када је друге врсте нивелмана тешко, или немогуће применити:

- преношење висина преко великих водених пространа (када водоток нема велику брзину);
- радови у грађевинарству;

- неки радови у машинству итд.

Прибор се састоји од два хидростатичка уређаја који су међусобно повезани са једним или два црева.

Хидростатички прибор се састоји од две херметички затворене посуде, са микрометарским завртњима, које се постављају у близини тачака А и В, између којих треба одредити висинску разлику (слика 4.33.).



Слика 4.33: Хидростатички нивелман

У близини тачака А и В се поставља по један вертикални стуб за који се учвршћује нивелманска летва и хоризонтално постоље на које се поставља хидростатички прибор. Најпре се одреди висинска разлика b_1 и b_2 .

Поступак мерења се састоји у окретању микрометарског завртња, све док се његовим врхом не дотакне површ течности. Потом се очита подела на микрометарском завртњу.

Ниво течности у обе посуде треба додирнути истовремено и синхронизовано извршити читања α_1 и α_2 на микрометарским завртњима на оба хидростатичка прибора који се налазе на обе тачке.

Потребно је извршити неколико оваквих читања и срачунати њихове средње вредности α_1' и α_2' .

Потом се нивелиром одређује висинска разлика h_1' између тачке А и почетка поделе летве (нула летве) на стубу код тачке А. Истовремено се код тачке В одреди висинска разлика h_2' .

Потом треба изменити места хидростатичких прибора код тачака А и В. Понавља се цео поступак мерења и одређују величине α_1'' , α_2'' , h_1'' и h_2'' . На основу ових података, висинска разлика између тачака А и В се рачуна на следећи начин:

$$\Delta H_{A-B} = \frac{1}{2}(h_1' - h_1'') + \frac{1}{2}(h_2' - h_2'') + \frac{1}{2}(\alpha_1' - \alpha_1'') + \frac{1}{2}(\alpha_2' - \alpha_2'') - (b_1 - b_2) \quad (4.18)$$

где су

$$\begin{aligned} h_1' &= p_1' - z_1' & h_1'' &= p_1'' - z_1'' \\ h_2' &= p_2' - z_2' & h_2'' &= p_2'' - z_2'' \end{aligned} \quad (4.19)$$

4.6. Барометарски нивелман

Са удаљавањем од нулте нивоске површи смањује се и ваздушни притисак, који је све мањи што је надморска висина већа.

Одређивање висинске разлике између појединих тачака на површи Земље на основу промене ваздушног притиска се назива барометарски нивелман.

Тачност овако одређених висинских разлика је знатно мања него тачност која се добија геометријским, тригонометријским, хидростатичким нивелманом или ГПС методом.

Његова примена у пракси је ограничена на радове где се не захтева велика тачност, као и у информативне сврхе.

Може се користити у тешким и непроходним теренима и представља методу код које се тачке (чија се висинска разлика одређује) не морају догледати.

Посебна примена ове методе је у научним истраживањима из области географије, геологије, археологије, биологије итд.

5. ГЕОДЕТСКА ОСНОВА

Задатак ниже или практичне геодезије, као што је већ поменуто, је премер земљишта и објеката у циљу израде планова и карата. Пре него што се приступи премеру терена, потребно је упоставити геодетску основу, односно геодетске тачке које су на неки начин обележене на терену и чије су координате познате у координатном систему израде плана или карте. Више таквих тачака распоређених по терену чине геодетску мрежу.

Геодетске мреже могу бити висинске (1Д - Н), положајне (2Д – Y,X) или тродимензионалне (3Д – Y,X,H). Без обзира на врсту, све мреже су постављене по принципу «од већег ка мањем».

У оквиру овог предмета се изучавају основни појмови о 1Д и 2Д мрежама, док се 3Д мреже изучавају у другим предметима на вишим годинама студија.

Као што је већ поменуто, осим 1Д (нивелманска мрежа) мрежа, у премеру се користе и положајне мреже, које у зависности од облика и мерених величина могу бити:

- тригонометријске мреже,
- полигонске мреже,
- линијске мреже.

5.1. Тригонометријска мрежа

Низ тачака на физичкој површи земље постављених по одређеним правилима, тако да представљају темена троуглова који се надовезују један на други, зове се тригонометријска мрежа (слика 5.1). Једноставно речено, тригонометријска мрежа је мрежа међусобно повезаних троуглова.

Темена ових троуглова представљају тригонометријске тачке, које се на терену обележавају трајним белегама, а на картама и плановима одговарајућим топографским ознакама. Најкраће хоризонтално растојање између две тригонометријске тачке назива се тригонометријска страна.

Скуп радова изведених на терену и канцеларији чији је крајњи циљ добијање координата тригонометријских тачака назива се триангулација. Име је добила по томе што су се у мрежи углавном мерили углови. Уколико се координате тачака одређују на основу мерења дужина, онда се тај поступак назива трилатерација.

Тригонометријска мрежа служи :

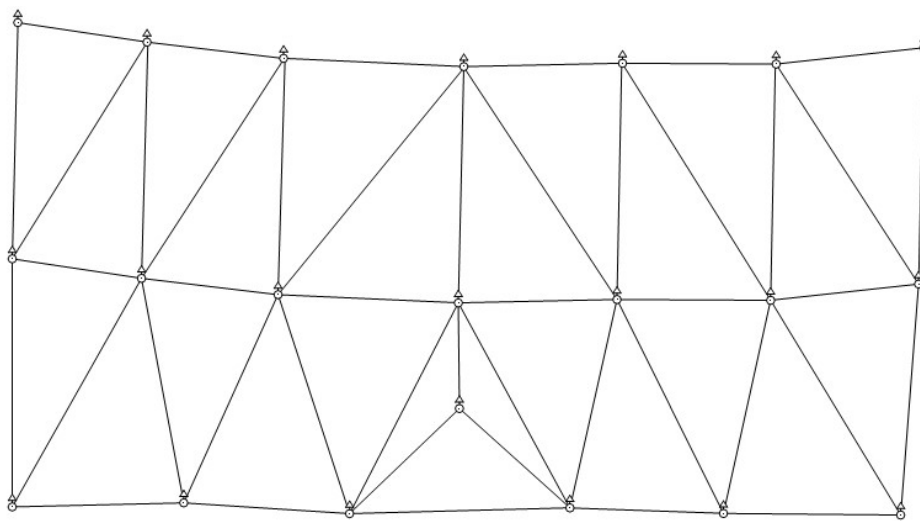
- За решавање научног дела геодезије;

- Као геометријска основа за премер земљишта;
- Као геометријска основа на коју се ослањају друге геодетске мреже;
- За решавање инжењерско-техничких задатака из примењене геодезије, итд.

На територији Републике Србије, за потребе државног премера израђена је државна тригонометријска мрежа. Израђена је по принципу од већег ка мањем у 4 реда и то:

- I ред - (дужина страна > 20 km);
- II ред - основни (дужина страна од 15 km до 25 km);
- II ред - попуњавајући (дужина страна од 9 km до 18 km);
- III ред - основни (дужина страна од 5 km до 13 km);
- III ред - попуњавајући (дужина страна од 3 km до 7 km); и
- IV ред - (дужина страна од 1 km до 4 km).

Тригонометријска мрежа је израђивана парцијално у последњих 100 и више година. Године 1956. извршено је преопажане тачака тригонометријске мреже и срачунате координате, које су званичне координате државне тригонометријске мреже.



Слика 5.1: Тригонометријска мрежа

5.2. Полигонска мрежа

5.2.1. Основни појмови

Најмасовнији радови у геодезији се односе на позиционирање (одређивање Y , X , Z координата) тачака на Земљиној површи и израду одговарајућих планова и карата (детални премер).

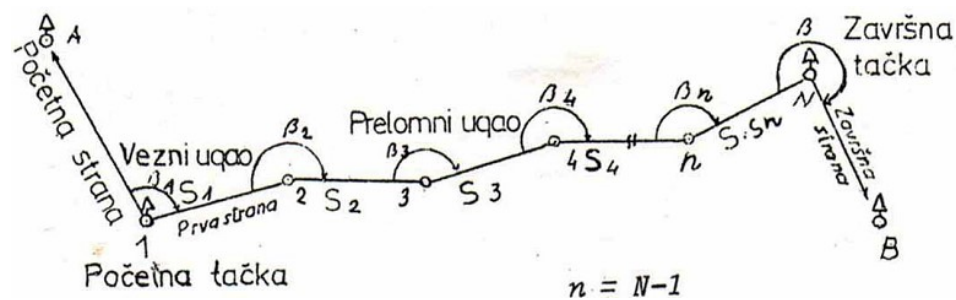
Детални премер подразумева постојање геодетске мреже, такве густине тачака, која омогућава снимање. То у просеку износи 200-300 м одстојања између две суседне тачке.

Тригонометријска мрежа не задовољава потребе премера, јер су дужине страна тригонометријској мрежи IV реда 1-4 km. Због тога се између две суседне тригонометријске тачке поставља низ тачака (растојање 100-300м) које се међусобно (свака суседна) догледају, у циљу мерења углова и дужина.

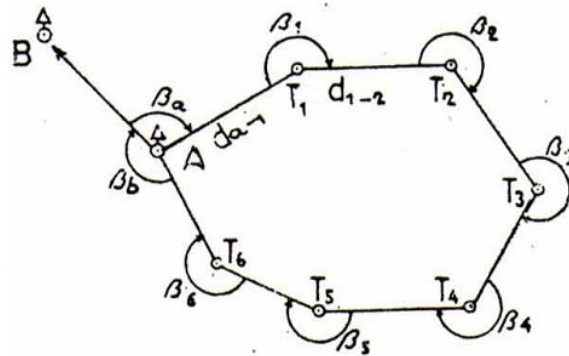
Ове тачке се називају полигонске тачке и њихова топографска ознака је круг са тачком у центру, са чије десне стране стоји број тачке. Нпр: $\odot 122$.

Низ полигонских тачака које су међусобно повезане угловима и дужинама, назива се полигонски влак. Према начину везе за тригонометријску или неку другу мрежу, полигонски влак може бити:

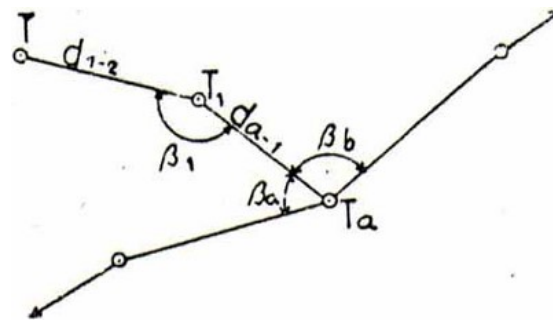
- уметнути полигонски влак - влак који је постављен између две дате тачке (између две тачке са датим координатама, тригонометријске или полигонске) (слика 5.2);
- затворени полигонски влак - полигонски влак који почиње и завршава се на истој тачки (слика 5.3);
- слепи полигонски влак - влак који почиње од дате тачке и не везује се на другом крају влака (слика 5.4).



Слика 5.2: Уметнути полигонски влак



Слика 5.3: Затворени полигонски влак



Слика 5.4: Слети полигонски влак

Смер рачунања координата тачака полигонског влака се на скици означава црвеном линијом, која иде са леве стране влака (са те стране се и узимају мерени углови који служе за рачунање), од почетка ка крају. На почетку линије којом је означен смер, налази се тачка, а на крају стрелица.

Елементи полигонског влака су:

- почетна и завршна тачка влака - дате тачке (тачке са координатама) на које се влак ослања;
- полигонска страна - дуж између две суседне тачке у влаку (било између две полигонске или једне полигонске и једне тригонометријске);
- почетна и завршна страна - дате стране на које се влак прикључује (S_{A1} , S_{NB});
- почетни (β_1) и завршни (β_N) везни углови - углови на датим почетној и завршној тачки влака;

- угао за који треба ротирати почетну дату страну, око почетне тачке влака, у смеру кретања казаљке на сату, док се не поклопи са првом полигонском страном, назива се почетни везни угао;
- угао за који треба ротирати задњу полигонску страну у влаку, око завршне тачке влака, у смеру кретања казаљке на сату, док се не поклопи са завршном датом страном, назива се завршни везни угао;
- преломни углови - углови на полигонским тачкама између суседних полигонских страна ($\beta_2, \beta_3, \dots \beta_N$). Преломни угао је угао за који треба ротирати претходну полигонску страну, у смеру кретања казаљке на сату, док се не поклопи са наредном полигонском страном.

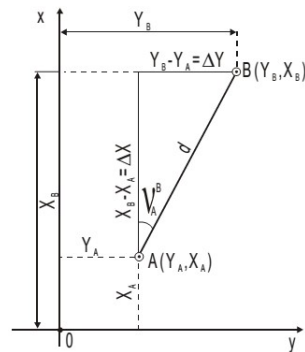
За рачунање полигонског влака је неопходно познавати почетни дирекциони угао α_A^1 и завршни дирекциони угао α_N^B . О дирекционим угловима ће више речи бити у наредним поглављима.

Приликом рачунања полигонског влака треба користити везне и преломне углове који се налазе са леве стране у односу на смер рачунања влака, јер је математички модел рачунања координата полигонских тачака, који се користи у нашој земљи, прилагођен тим угловима.

5.2.2. Рачунање дирекционог угла и дужине из координата крајњих тачака

Дирекциони угао је угао за који треба ротирати правац паралелан са позитивним смером X – осе, у смеру кретања казаљке на сату, док се не поклопи са страном на коју се односи.

Дате су координате две тачке A (Y_A, X_A) и B (Y_B, X_B) (слика 5.5). Треба срачунати дирекциони угао α_A^B и дужину d.



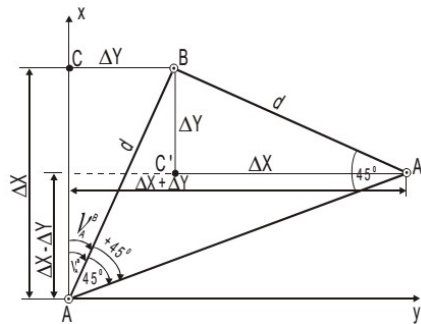
Слика 5.5: Дирекциони угао

Рачунање дирекционог угла се врши према изразу

$$\operatorname{tg} v_A^B = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (5.1)$$

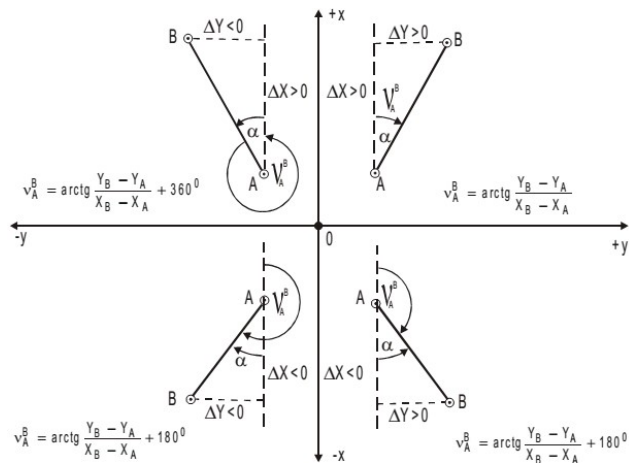
Након израчунавања дирекционог угла, врши се контрола рачунања, према изразу (слика 5.6.):

$$\operatorname{tg}(v_A^B + 45^\circ) = \frac{\Delta X + \Delta Y}{\Delta X - \Delta Y} \quad (5.2)$$



Слика 5.6: Контрола рачунања дирекционог угла

Вредности срачунатих углова треба да се разликују за 45° . Међутим, због заокруживања, дозвољена је разлика за $\pm 3''$. Дирекциони угао може имати све вредности од 0° до 360° , у зависности од положаја дужи у координатном систему. Један од лакших начина рачунања дирекционих углова, дат је на слици 5.7.



Слика 5.7: Рачунање дирекционог угла - други начин

Када је израчунат дирекциони угао ν_A^B , дужина се одређује два пута, преко ΔY и преко ΔX

$$d = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \nu_A^B} = \frac{\Delta Y}{\sin \nu_A^B} \quad (5.3)$$

$$d = \frac{X_B - X_A}{\cos \nu_A^B} = \frac{\Delta X}{\cos \nu_A^B} \quad (5.4)$$

Разлика срачунатих дужина може да износи ± 3 јединице на последњем децималном месту. Ако је разлика већа, за дефинитивну вредност се узима она дужина која је срачуната преко веће координатне разлике.

5.2.3. Класификације полигонске мреже

Када би полигонски влакови били развијени само између датих тригонометријских тачака, правац њихових пружања био би приближно по страницама троуглова тригонометријске мреже. Између ових влакова, остао би велики непокривени простор, па је потребно и на том делу поставити још полигонских влакова. Они ће се ослањати на полигонске тачке које припадају влаковима уметнутим између тригонометријских тачака. И тако, sukcesивним постављањем нових влакова који се ослањају на претходно постављање, добиће се довољна густина полигонских тачака да се са њих може снимити сав детаљ. Тако, међусобно повезани полигонски влакови, који представљају целину чине полигонску мрежу.

У полигонској мрежи постоје две врсте полигонских влакова. Главни полигонски влакови се ослањају на тригонометријске тачке, а остали влакови су споредни. Код споредних влакова, неки се ослањају на главне влакове, а неки на споредне. Према томе сви споредни влакови немају исти ранг. Ранг споредних влакова одређује се преко редног индекса влака. Редни индекс влака одређује се на следећи начин: главни влакови имају редни индекс 1, а редни индекси споредних влакова одећује се као збир редних индекса влакова на које се споредни влак ослања.

Ради остваривања правилног облика полигонске мреже и скраћивања дужина влакова користе се чворне тачке. Чворна тачка је тачка у којој се сустиче три или више полигонских влакова који полазе од тригонометријских тачака или неких других чворних тачака. Сматра се да чворне тачке имају ранг тригонометријских тачака четвртог реда, па су влакови који се на њих ослањају такође главни влакови.

5.2.4. Пројектовање и рекогносцирање полигонске мреже

Под рекогносцирањем полигонске мреже подразумева се избор места на терену за постављање полигонских тачака. Тачке се постављају по влаковима који заједно чине полигонску мрежу. Полигонска мрежа служи као основа за снимање детаља.

Снимање детаља врши се по катастарским општинама. Катастарска општина сачињава једно насеље са припадајућим атаром. Катастарска општина (пише се скраћено КО) мора представљати једну топографску целину.

Полигонска мрежа се, према томе, развија по катастарским општинама, односно полигонска мрежа једне катастарске општине мора представљати целину. За веће градове, који су подељени на више катастарских општина, поставља се јединствена полигонска мрежа, без обзира на границе катастарских општина. Такав карактер има и полигонска мрежа која служи за снимање: пута, реке и сл.

Пре почетка постављања полигонских тачака морају се на терену пронаћи и сигнализирати тригонометријске тачке. При рекогносцирању је пожељно имати карту атара на чијој територији се поставља полигонска мрежа. Тиме ће бити олакшан избор правца пружања влакова, а сама мрежа ће имати бољи облик. Код већих насеља и градова, пре рекогносцирања израђује се пројекат полигонске мреже, којег оверава Републички геодетски завод.

Пројектом геодетске мреже се унапред дефинишу радње неопходне за реализацију полигонске мреже и начин њихове реализације. Пројектом се нарочито прописују координатни систем мреже, начин стабилизације полигонских тачака, тачност мерења углова и дужина, начин обраде података, и др.

У току пројектовања и рекогносцирања мреже придржавамо се принципа „од већег ка мањем“. Наиме, прво се постављају главни влакови између тригонометријских тачака. На тај начин терен ће бити издељен влаковима на делове у облику троуглова. Затим се, унутар тих троуглова, постављају влакови мањег обима и мањих дужина, док се не постигне довољна густина тачака. У насељеним местима и градовима главни полигонски влакови се постављају дуж улица, главних путева, железничких пруга и других комуникација.

Ради избегавања дугих и паралелних влакова, а и ради правилније расподеле неизбежних грешака мерења, треба користити чворне тачке. Полигонски влаци који се сустичу у чворној тачки (три или више влакова) треба да буду приближно исте дужине и правилно распоређени.

Укрштање влакова у истом нивоу није одвољено. Другим речима, две полигонске стране се не смеју пресецати у истом нивоу. Изузетно се дозвољава да се два влака укрштају ако нпр. један влак иде дуж пруге дубоким усеком, а други га пресеца по брегу или надвожњаку.

Слепе полигонске влакове треба избегавати. Они се постављају само ако су неизбежни, а могу имати највише две стране. При развијању полигонске мреже

треба водити рачуна, да се полигонски влакови могу ослањати на тригонометријске тачке, као и на полигонске тачке, које су одређене на основу извршених мерења исте или више тачности од оне са којом ће се мерети у мрежи која се поставља.

Полигонска мрежа у којој се дужине мере електронским даљиномерима, а углови једносекундним теодолитима, назива се полигонометријска мрежа. Тачке ове мреже називају се полигонометријске тачке и означавају се топографском ознаком $\odot$. Ови влакови, као и стране у њима могу бити знатно дуже. При рекогносцирању полигонске мреже морају се поштовати основна правила која треба да обезбеде квалитет и трајност те мреже:

- Влак треба да буде развучен, тј. да преломни углови влака по могућству буду што бижи углу од 180° . Овај захтев има своје оправдање, јер ће положај полигонских тачака у развученом влаку биће тачније одређен него у изломљеном.
- Дужине полигонских страна треба да се крећу од 50-250 м, а изузетно и до 500 м (када се дужине мере електронским даљиномерима). Осим тога, треба настојати да суседне стране у влаку буду приближно исте дужине. Не би требало да однос суседних страна буде испод 1:2, а изузетно се може дозволити и 1:3.
- Полигонски влакови који се сустичу у чворној тачци, треба да буду приближно исте дужине и да буду правилно распоређени око чворне тачке. Чворну тачку треба одредити из три или више влакова.

Код избора самог места где треба поставити (стабилизovati) полигонске тачке, морамо водити рачуна о следећем:

- Да белеге полигонских тачака не буду оштећене или уништене, због чега полигонске тачке треба постављати ван орања тј. на међу парцела, поред коловоза на банкини пута, даље од одрона земљишта и сл.
- Да се што тачније могу мерити углови и дужине, односно да се сигнал при мерењу углова може визирати што ближе белеги. Ако се мерења врше GPS уређајем, да је изнад тачке отворено небо, без препрека за пријем GPS сигнала
- Да се са полигонске тачке може снимити што више детаља (треба одабрати места која доминирају тереном и да нису обрасла растињем).
- Да се на полигонске тачке могу погодно везивати споредни влакови.
- У градовима или насељима, полигонске тачке треба постављати на тротоарима, даље од сливника и ревизионих окана канализације, а при томе водити рачуна да влак иде са исте стране улице, нарочито ако је улица права.

- Облик влакова, изглед полигонске мреже и све остало што је везано за рекогносцирање, углавном зависи од теренских прилика и искуства стручњака који врши рекогносцирање. Постоји безброј могућих решења за избор места за постављање полигонске тачке. Мали је број места која ће у потпуности одговарати постављеним захтевима. Избор најбољег места, од свих могућих решења, искључиво зависи од искустава и стручности геодетског стручњака и од објективних теренских прилика.

Ако је пројекат полигонске мреже одобрен, треба настојати да се, приликом рекогносцирања полигонске мреже, он у потпуности реализује.

Када је извршено сигнализација тригонометријских тачака, и пошто су упознате теренске прилике, може се почети са рекогносцирањем полигонских тачака. Прво се постављају полигонски влакови између тригонометријских тачака или чворних тачака односно тригонометријских и чворних тачака. Водећи рачуна о напред наведеним правилима, полази се од једне тригонометријске тачке и идући приближно у правцу друге, врши се избор места за постављање полигонских тачака. Између полигонских тачака које припадају главним влаковима (који су већ изрекогносцирани) постављају се споредни влакови, све док се одређено подручје не покрије довољном густином полигонских тачака. Том приликом се прави план рачунања полигонске мреже тј. утврђује редослед којим ће се вршити изравнање полигонских влакова. Прво се рачунају координате тачака у главним влаковима, а затим у споредним (према редном индексу влака), по унапред утврђеном редоследу.

Савремене полигонске мреже подразумевају рачунање које представља заједничко изравнање свих величина, па полигонски влаци не морају да задовоље критеријуме испружених влакова.

5.2.5. Врсте и типови белега којима се обележавају полигонске тачке

Вишеструка намена полигонских тачака и трајан карактер који полигонска мрежа има, подразумевају и адекватан начин стабилизације.

Начин стабилизације зависи од врсте подлоге на коју се белега поставља. То може бити њива, ливада, пашњак, необрадиво земљиште, стене, макадам, бетон, асфалт, итд.

Белеге треба да буду трајне (израђене од керамике, камена, бетона, гвожђа, итд.), а само у изузетним случајевима могу бити и привремене, и тада се израђују од дрвета (у облику кочића).

Према броју саставних делова, белеге се деле на:

- просте (једноструке) белеге - које имају само један део; и
- сложене (са два или три дела) белеге - могу имати и неке заштитне делове.

Постоје комбиноване белеге које могу послужити и као белеге за нивелманске репере.

Према положају у земљишту, белеге се деле на:

- видне (надземне) белеге - горњи део вири изнад терена; и
- подземне белеге - потпуно покривене земљом.

Прецизност центра белеге зависи од тачности којом су вршена мерења када је тачка постављана. Центар белеге је често обележен крстом у камену или је то средина отвора керамичке цеви.

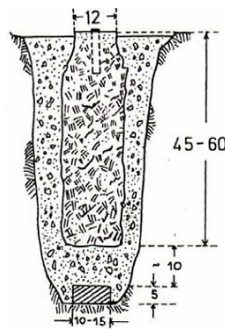
Тачке постављене у времену када су коришћени електронски даљиномери, и када је центрисање вршено помоћу оптичког виска, приликом будуће употребе имају, могућност прецизнијег центрисања (урезан мали крст у металну болцну, рупица у средини белеге и слично).

Белеге које се данас постављају, свакако морају имати прецизан центар, јер су захтеви и могућности у погледу тачности све већи.

Белега треба да има и подземни центар који се налази у вертикали центра горњег дела белеге, и служи за обнављање у случају уништења горњег дела.

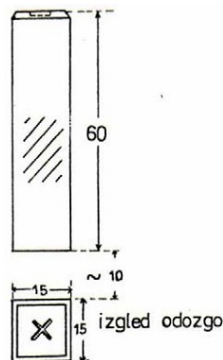
Материјали од којих се израђују, и димензије белега су следећи:

- белеге од природног камена са обрађеном главом и усађеном болцном (некада је уместо болцне био уклесан крст), што представља центар белеге (слика 5.8.). Погодна је за мекано земљиште и најбоље је да се постави изнад површи земље 2-3 цм. Подземни центар се израђује од керамике;



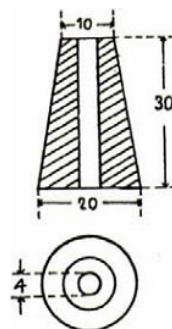
Слика 5.8: Белега од природног камена са обрађеном главом и усађеном болцном

- белеге од армираног бетона (слика 5.9.) са ознаком центра у облику болцне са рупицом или репера са рупицом (раније је центар представљао уклесани крст). Усађује се исто као и претходна;



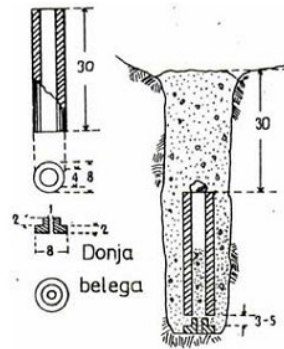
Слика 5.9: Белега од армираног бетона

- бетонска или керамичка цев у облику зарубљене купе (слика 5.10.) - центар представља средина шупљине цеви и укопава се испод нивоа терена 40-50 cm, односно испод дубине орања. Доња белега се израђује од керамике;



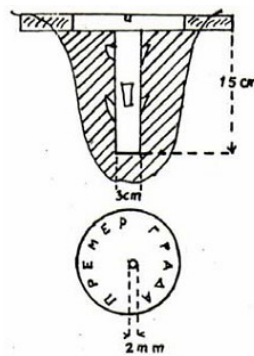
Слика 5.10: Бетонска или керамичка цев у облику зарубљене купе

- керамичка или пластична цев ваљкастог облика (слика 5.11.) - погодна је за обрадиво земљиште и укопава се испод нивоа терена 40-50 cm, односно испод дубине орања (на истој дубини се укопавају и белеге од природног камена или армираног бетона уколико се постављају на обрадивом земљишту. Свакако треба избегавати постављање белега у оквиру обрадиве површине, већ је боље користити међе, банкину пута, итд.);



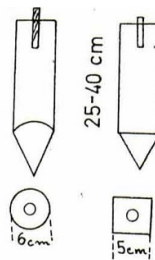
Слика 5.11: Керамичка или пластична цев ваљкастог облика

- металне белеге (тзв. капе) - посебно погодне у градовима са асфалтираним улицама и тротоарима (слика 5.12.). Ове белеге се уграђују тако да је врх у равни асфалта.



Слика 5.12: Метална белеге

- Као привремене белеге користе се дрвени кочићи, округлог или квадратног пресека (слика 5.13.).



Слика 5.13: Дрвени кочићи

5.2.6. Укопавање (постављање) белега

Када је извршен дефинитиван избор места на коме треба поставити полигонску тачку, то место се обележава одговарајућом белегом којом се дефинише њен положај на физичкој површи земље. Начин постављања белеге зависи од врсте белеге.

Привремену просту белегу за полигонске тачке (дрвени колац), треба у земљу побијати вертикално, помоћу дрвеног маља, јер тако неће доћи до цепања коца. Побијени колац треба да вири изнад земље 2-3 цм, а у његову горњу површ, обично се укуца ексер.

При уклапавању сложених белега, веома је важно да се центар доње белеге (подземни центар) и центар горње белеге налазе у истој вертикали.



Слика 5.14: Укопавање сложених белега

Поступак уклапавања сложених белега се састоји од неколико корака (слика 5.14.):

- На одабраном месту за постављање полигонске тачке, ископа се по могућности, што ужа рупа довољне дубине;
- Постави се доња белега на дно рупе, а потом око ње наспе уситњена земља и добро набије дршком од ашова или неким набијачем;
- У циљу фиксирања вертикале центра доње белеге, побије се један кочић на око 0.5 m од ископане рупе и за њега, одозго прикује летва дужине 1.5-2.0 m, тако да се око ексера може хоризонтално ротирати. Држећи висак тачно изнад центра доње белеге, ротира се летва пажљиво, док не додирне канап виска. Да би се летва у том положају фиксирала, поред летве пободје се клинац бројач или се колац побије испод летве, а на горњој равни коца, поред хоризонталне

летве, оловком повуче линија. Место канапа виска, на хоризонталној летви се означаи цртом;

- Изнад доње белеге наспе се, и добро набије, слој земље од око 10 цм дебљине;
- Постави се горња белега и центар горње белеге дотера помоћу виска у правац вертикале центра доње белеге. Горња белега постепено се засипа земљом и набија док се белега не заспе до краја. У току засипања горње белеге, повремено се контролише њена исправност помоћу виска.

Ако центар белеге одступи од вертикале, исправља се појачаним набијањем земље са оне стране где је белега одступила. На крају, када је белега сасвим засута и стабилизована, контролише се још једном положај центра и евентуално изврши поправка. Ако се укопавање белега врши на тврдој подлози, где се не може побити коље, ради фиксирања центра доње белеге, обележавање места летве се врши помоћу креде или ексера.

Приликом укопавања белега са прецизним центром, не може се правац вертикале означавати помоћу обичног виска, него помоћу оптичког виска. Пошто је учвршћена доња белега, центрише се статив са оптичким виском, па се центар горње белеге подешава помоћу оптичког виска. Тек пошто је потпуно завршено укопавање горње белеге може се померити статив.

Укопавање керамичких цеви врши се тако што се кроз цев провуче значка и врх значке забоду у центар доње белеге. Тако постављена значка држи се вертикално, а земља насипа и набија око цеви. Када је засута скоро до врха, цев се повуче мало нагоре, да се одвоји од доње белеге, а потом земља насипа и набија до врха цеви. На крају се цев напуни ситном земљом, па се преко ње постави камен или парче црепа и затрпа. Уместо значке, кроз рупицу доње и горње белеге може се провући савијена мека жица, и кад се цев стабилизује, жица се јачим повлачењем извлачи из цеви и подземног центра. Да би се копале мање рупе, при укопавању цеви (или других белега) се користе специјалне бургије, које могу бити ручне или на моторни погон.

5.2.7. Нумерисање полигонских тачака

Полигонске тачке се нумеришу онако како се полигонска мрежа развија, односно по катастарским општинама, бројевима почев од 1 па на даље. У већим градовима који имају више катастарских општина, полигонска мрежа се развија јединствено за читаво подручје, па се и нумерисање полигонских тачака врши у целој мрежи, непрекидно почев од броја један па на даље. Ово исто важи и за полигонске тачке у мрежи за потребе снимања неког уског појаса, који се протеже преко више катастарских општина (саобраћајнице и сл.).

При снимању насеља која имају одвојен грађевински од ванграђевинског реона, прво се нумеришу тачке унутар грађевинског реона па се потом наредним бројевима наставља нумерисање тачака изван грађевинског реона (екстравила).

Полигонска тачка која се усвоји као чворна тачка, задржава број који је добила при нумерисању полигонских тачака.

Ако преко дела катастарске општине пролази неки влак који је постављен при снимању суседне катастарске општине, тачке тог влака се преузимају и задржавају се њихови бројеви из матичне катастарске општине. Да не би дошло до дуплих бројева полигонских тачака и забуне, преузете полигонске тачке добијају поред броја у имениоцу, и почетно слово њихове матичне катастарске општине.

5.2.8. Опис положаја полигонских тачака

Након стабилизације, за сваку полигонску тачку, треба саставити опис положаја и прикупити све податке који ће омогућити да се тачке могу лако пронаћи, увек када се за то укаже потреба.

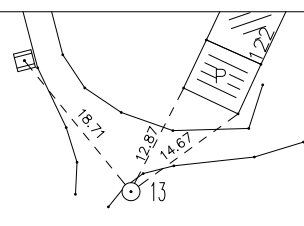
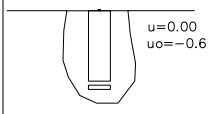
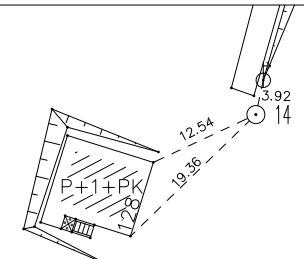
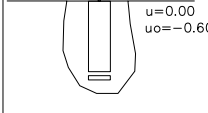
Опис положаја полигонских тачака врши се у тригонометријском обрасцу број 27, у коме се у заглављу уписују подаци како је то на примеру показано (слика 5.15.). У том обрасцу, поред осталих података мора се нацртати оријентациона скица (кроки) положаја тачке. Скица положаја тачке црта се у приближној размери, при чему се дозвољава карикирање неких ситних важнијих детаља на рачун крупнијих и мање важних детаља. На скици се уцртавају: саобраћајни објекти, и на њима уписују одговарајући називи, границе парцела са подацима и корисницима и културама земљишта, карактеристично дрвеће од којег се врши одмерање са називом дрвећа, телефонски и електрични стубови са бројевима, јаркови и др. Подаци о поседницима се уписују приближно на средини (слика 5.15.). У горњем левом углу скице уписује се назив потеса, а у горњем десном углу уписује се звано место. Одмерања се узимају од најближих објеката, који се могу лако идентификовати када се за то укаже потреба (при откривању тачака), косо по терену до на 1 cm. Број одмерања не би смео да буде мањи од 3 и то што правилније распоређених око тачке. Дужине одмерања треба да су краће од дужине једне пантљике, осим када се одмерања врше дуж међа парцела.

Ако на терену нема довољан број објеката за одмерање, може се између две сталне тачке неких објеката поставити апсцисна линија, и у односу на њу одредити апсциса, ордината и неко косо одмерање.

У случају да на терену нема таквих објеката, може се поставити апсцисна линија почев од неког сталног блиског објекта (међа, дрво, стуб) према неком удаљеном добро видљивом објекту (црква, димњак фабрике и сл.). За полигонску тачку измере се апсциса и ордината, и коса одмерања у односу на ову линију.

На стеновитом земљишту где нема погодних објеката, могу се на видљивим местима на стенама, правилно распоређеним око тачке, уклесати ознаке као изврнуто слово Т, па од њих извршити одмерања.

Када се тачке постављају на великим парцелама које се не обрађују (ливаде и сл.), северно од тачке на 2.5 м ископа се рупа, а од земље, направи хумка на средини између рупе и тачке. Ако је тачка постављена на великој парцели која се обрађује, и нема никакве могућности да се узму одмерања, то се мора констатовати у колони примедба.

REPUBLIKA SRBIJA K.O. Negotvije		PRILOG BR. 2 (ČLAN 18) OPŠTINA Medvedja	
REPUBLIKA SRBIJA REPUBLIČKI GEODETSKI ZAVOD		Trigonom. obrazac br. 27 Strana 4	
Broj tačke	SKICA POLOŽAJA TAČKE	Kako je tačka obeležena	Datum primedba
13		 betonska belega sa bolcnom	25.04.2010.godine Geosoft Beograd
14		 betonska belega sa bolcnom	25.04.2010.godine Geosoft Beograd

Слика 5.15: Тригонометријски образац бр. 27

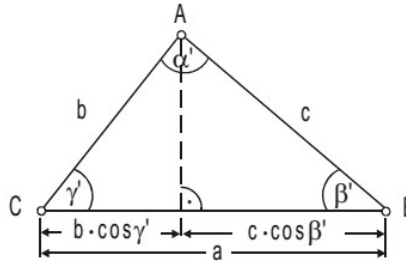
5.2.9. Решавање троугла

За рачунање координата полигонских тачака се користе дате (координате датих тачака) и мерене величине (углови и дужине). У одређеним случајевима, због препрека на терену, неке елементе влака није могуће мерити, па се они одређују индиректно, решавањем једног или више формираних троуглова, применом синусне, косинусне или тангенсне теореме.

5.2.9.1. Решавање троугла применом синусне теореме

1. Случај

Измерена су сва три угла и дужина једне стране троугла (слика 5.16.).



Слика 5.16: Решавање троугла применом синусне теореме

Мерене величине су:

- углови α, β, γ ;
- дужина a .

Треба одредити странице b и c . Услед неминовних грешака које настају приликом мерења, збир мерених углова неће бити 180° .

$$\alpha + \beta + \gamma \neq 180^\circ \quad (5.5)$$

Из израза 5.5. се одређује угловно одступање, које представља разлику збира углова од теоретске вредности

$$f = 180^\circ - (\alpha + \beta + \gamma) \quad (5.6)$$

Обзиром да су сви углови мерени са истом тачношћу, угловно одступање у троуглу - f , се дели на три једнака дела, како би се добиле поправке мерених углова

$$v_\alpha = v_\beta = v_\gamma = v = \frac{f}{3} \quad (5.7)$$

Контрола рачунања поправака се изводи сабирањем поправака, чији збир мора бити једнак угловном одступању f .

$$[v] = f \quad (5.8)$$

Када се поправке додају мереним угловима, добију се поправљени углови

$$\begin{aligned} \alpha' &= \alpha + v \\ \beta' &= \beta + v \\ \gamma' &= \gamma + v \end{aligned} \quad (5.9)$$

Контрола рачунања, врши се сабирањем поправљених углова, чији збир мора бити једнак 180°

$$\alpha' + \beta' + \gamma' = 180^\circ \quad (5.10)$$

Странице b и c, рачунају се применом синусне теореме, са поправљеним угловима

$$\frac{b}{\sin \beta'} = \frac{c}{\sin \gamma'} = \frac{a}{\sin \alpha'} = m \quad (5.11)$$

одакле следи

$$b = \frac{a}{\sin \alpha'} \sin \beta' = m \cdot \sin \beta' \quad (5.12)$$

$$c = \frac{a}{\sin \alpha'} \sin \gamma' = m \cdot \sin \gamma' \quad (5.13)$$

Контрола рачунања и спровођења комплетног поступка решавања троугла синусном теоремом, врши се према изразу

$$b \cdot \cos \gamma' + c \cdot \cos \beta' = a \quad (5.14)$$

2. Случај

Измерена су два угла и дужина једне стране троугла.

Мерене величине су:

- углови α и β ;
- дужина a.

У овом случају нема изравнања углова, јер не постоје сувишна мерења, па се трећи угао одређује допуном до 180°

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) \quad (5.15)$$

Након одређивања вредности трећег угла, поступак се своди на први случај и стране b и c се одређују према изразима 5.12. и 5.13., с тим да се у поступку користе мерени углови. Контрола рачунања се изводи на исти начин као у првом случају, према изразу 5.14.

3. Случај

Измерен је један угао и дужина две стране троугла, које не дефинишу измерени угао

Мерене величине су:

- угао α ;
- дужине a и b .

Јасно је да ни у овом случају нема изравнања углова, јер не постоје сувишна мерења. Применом синусне теореме, прво се одређује угао наспрам странице која је мерена

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{a} b = \frac{b}{m} \quad (5.16)$$

На основу угла β , према изразу 5.15. одређује се трећи угао γ , поступак се своди на први случај и страна c се одређују према изразу 5.13., с тим да се у поступку користе мерени углови. Контрола рачунања се изводи према изразу 5.14., на исти начин као у првом случају.

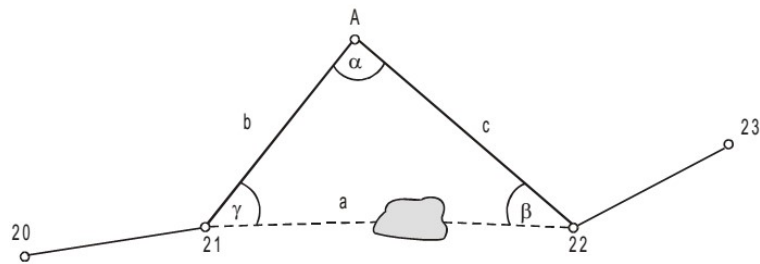
5.2.9.2. Решавање троугла применом косинусне теореме

Решавање троугла помоћу косинусне теореме примењује се у случају када су у троуглу мерене дужине две стране и њима захваћени угао (слика 5.17.).

Мерене две стране и њима захваћен угао:

- **b, c и угао α** ; или
- a, c и угао β ; или

- a , b и угао γ .



Слика 5.17: Решавање троугла применом косинусне теореме

Косинусна теорема гласи

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha \quad (5.17)$$

Страница a се одређује према изразу 5.17., након чега се рачунање своди на синусну теорему. Углови β и γ се рачунају према изразима

$$\sin \beta = \frac{b}{m} \quad (5.18)$$

$$\sin \gamma = \frac{c}{m} \quad (5.19)$$

Контрола рачунања врши се сабирањем мереног и израчунатих углова, чији збир мора бити једнак 180°

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ \quad (5.20)$$

5.2.9.3. Решавање троугла применом тангенсне теореме

Решавање троугла помоћу тангенсне теореме примењује се у случају када су у троуглу мерене дужине две стране и њима захваћени угао (слика 5.17.).

Мерене две стране и захваћени угао:

- b , c и угао α .

Познато је да збир углова у троуглу износи 180° (израз 5.20.), одакле се добија полузбир углова β и γ

$$\begin{aligned}\beta + \gamma &= 180^\circ - \alpha \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{\beta + \gamma}{2} &= 90^\circ - \frac{\alpha}{2}\end{aligned}\quad (5.21)$$

Тангенсна теорема гласи

$$\frac{b+c}{b-c} = \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta+\gamma}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta-\gamma}{2}\right)} = \frac{\operatorname{tg}\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)}{\operatorname{tg}\frac{\beta-\gamma}{2}} \quad (5.22)$$

одакле се добија полуразлика углова β и γ

$$\operatorname{tg} \frac{\beta-\gamma}{2} = \frac{b-c}{b+c} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (5.23)$$

Сабирајући полузбир и полуразлику углова β и γ , одређују се и њихове вредности

$$\beta = \frac{\beta+\gamma}{2} + \frac{\beta-\gamma}{2} \quad (5.24)$$

$$\gamma = \frac{\beta+\gamma}{2} - \frac{\beta-\gamma}{2} \quad (5.25)$$

Контрола рачунања врши се сабирањем мереног и израчунатих углова, чији збир мора бити једнак 180° (израз 5.20.).

Обзиром да су нам сада познати сви углови, проблем се своди на рачунање непознате стране a , применом синусне теореме:

$$a = b \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = c \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \quad (5.26)$$

Напомена

У случајевима када су мерене две стране и угао захваћен њима, препоручује се примена тангенсне теореме, јер је поузданија.

5.3. Линијска мрежа

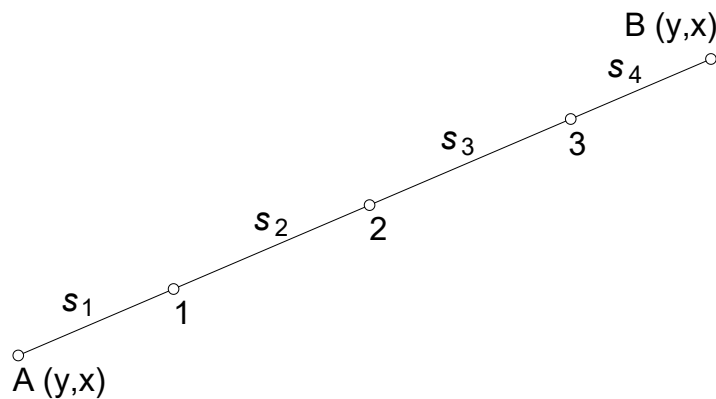
У случајевима када полигонска мрежа не задовољава потребе, погушћава се линијском мрежом.

Линијске тачке се постављају на правцима, линијама које су дефинисане двома датим тачкама, па одатле и потиче назив “линијска мрежа”. Линијске тачке се често називају и мале тачке.

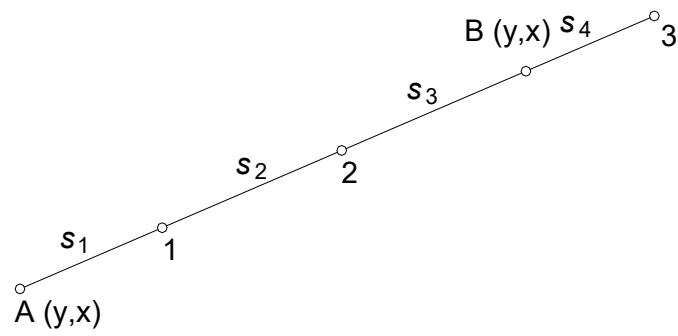
Дужи између двеју линијских тачака или линијских и полигонских тачака или између двеју полигонских тачака, називају се линије за снимање. Све линије за снимање заједно чине линијску мрежу.

Координате линијских тачака одређују се искључиво на основу мерења дужина. Линијске тачке могу се одредити као:

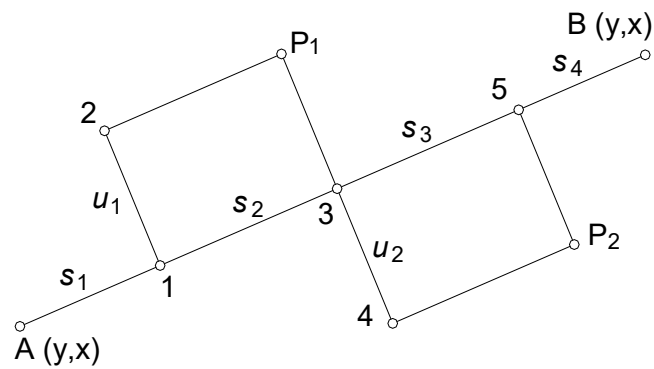
- линијске тачке уметнуте на правцу између датих геодеетских тачака - тачке на линији (слика 5.18.);
- линијске тачке на продужетку дате дужи - тачке на продужетку линије (слика 5.19.);
- линијске тачке на управној подигнутој на дату дуж, из линијске или полигонске тачке - тачке на управној (слика 5.20.); и
- линијске тачке одређене лучним пресеком од две или више датих тачака - тачке у лучном пресеку (слика 5.21.).



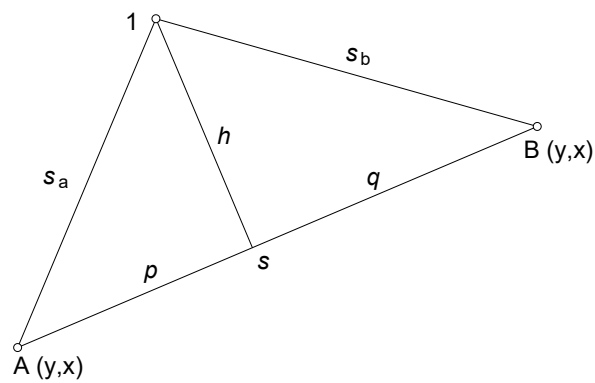
Слика 5.18: Мале тачке - на линији



Слика 5.19: Мала тачка - на продужетку линије



Слика 5.20: Мале тачке - на управној



Слика 5.21: Мала тачка - у лучном пресеку

5.4. Нивелманска мрежа

У многим геодезским радовима је, осим хоризонталне (Y, X), потребно одредити и висинску представу терена (H). Основу за висинска мерења представља нивелманска мрежа.

Стална геодезска тачка за коју је одређена надморска висина, назива се РЕПЕР.

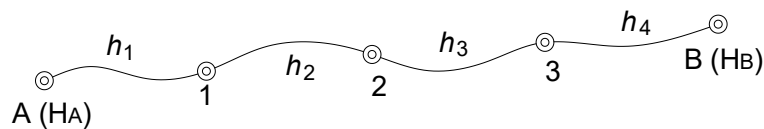
Најповољније растојање између два репера, назива се нивелманска страна (слика 5.22.).



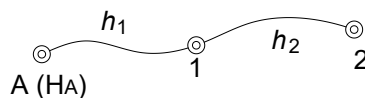
Слика 5.22: Репери, нивелманске стране и нивелмански влак

Више нивелманских страна, међусобно повезаних висинским разликама, чине НИВЕЛМАНСКИ ВЛАК. Према начину везе за дате репере (репери мрежа виших или истог реда), нивелмански влак може бити:

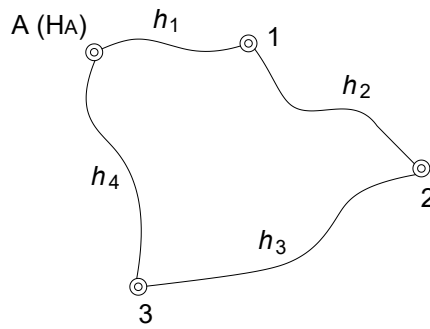
- уметнути нивелмански влак - влак који се на оба краја ослања на дате тачке (између репера са познатим котама) (слика 5.23.);
- затворени нивелмански влак - нивелмански влак који почиње и завршава се на истој тачки (слика 5.25.); и
- слепи нивелмански влак - влак који почиње од дате тачке (репера) и не везује се на другом крају влака (слика 5.24.).



Слика 5.23: Уметнути нивелмански влак

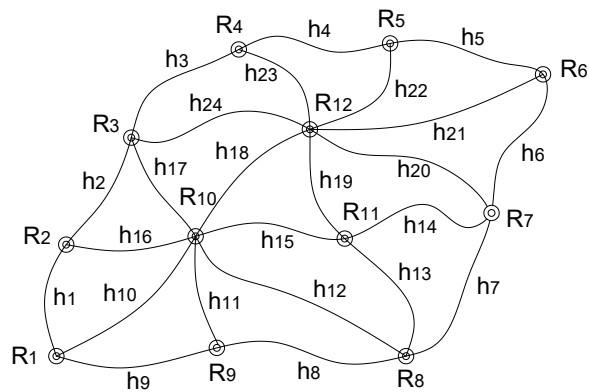


Слика 5.24: Слепи нивелмански влак



Слика 5.25: Затворени нивелмански влак

Више међусобно повезаних нивелманских влакова чини НИВЕЛМАНСКУ МРЕЖУ (слика 5.26.).



Слика 5.26: Нивелманска мрежа

Према обиму и тачности са којом су вршена мерења, нивелманска мрежа се дели на:

1. мрежа нивелмана високе тачности (нивелман 1. реда) - тачност $\pm 1 \text{ mm/km}$;
2. мрежа прецизног нивелмана (нивелман 2. реда) - тачност $\pm 2 \text{ mm/km}$;
3. мрежа техничког нивелмана повећане тачности (нивелман 3. реда) - тачност $\pm 5 \text{ mm/km}$; и
4. мрежа техничког нивелмана (нивелман 4. реда) - тачност $\pm 8 \text{ mm/km}$.

При развијању нивелманских мрежа поштован је геодетски принцип "од већег ка мањем", што значи да се најпре развија мрежа највећег обима и највеће тачности, а затим мреже нижег обима и ниже тачности.

Мрежа нивелмана високе тачности је јединствена за територију читаве државе, док се мреже нивелмана наредних редова сукцесивно ослањају и умећу у мреже претходних редова.

5.4.1. Рекогносцирање нивелманске мреже

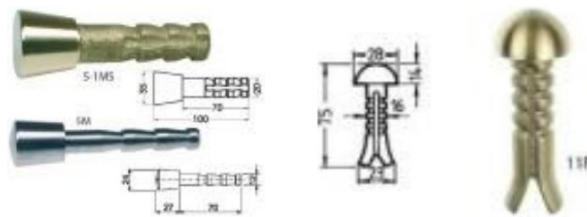
Под рекогносцирањем нивелманске мреже, подразумева се избор места на којима ће се поставити репери. Пре рекогносцирања, потребно је израдити пројекат нивелманске мреже.

Реализација пројекта започиње рекогносцирањем, при чему се мора водити рачуна о следећем:

- Да нивелмански влакови, кад год је то могуће, иду по равном, чврстом и стабилном терену (најбоље је поред саобраћајница).
- Да влакови буду што краћи.
- Да терен и објекти на којима се постављају репери буду од чврстог материјала и стабилни, односно да нису подложни слегању.
- Да се репери уграђују на местима где је могуће поставити летву.
- Избегавати места где постоји могућност уништења репера.

5.4.2. Врсте и типови белега којима се обележавају репери

Белеге којима се обележавају репери, углавном се израђују од ливеног гвожђа, кованог гвожђа, месинга и сл. Репери се усађују хоризонтално или вертикално (слика 5.27.).

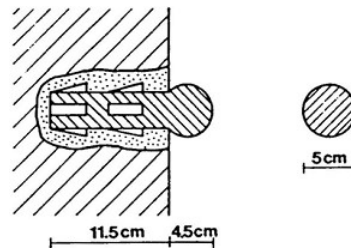


Слика 5.27: Репери за а) хоризонтално и б) вертикално усађивање

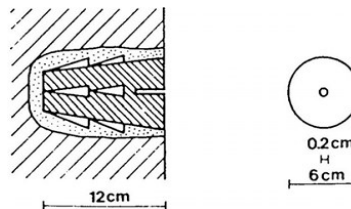
Ако на терену постоји погодан објекат, репери се усађују хоризонтално. Уколико нема погодних објеката, репери се усађују у чврсту подлогу (бетон, стена и сл.) вертикално. Ако на изабраном месту нема ни чврсте подлоге, на терену се постављају камени или бетонски стубови, и у њих уграђују репери.

Разликују се две врсте белега репера, који се усађују хоризонтално:

- репери на које се може поставити нивелманска летва (слика 5.28.), и
- репери на које се не може поставити нивелманска летва (слика 5.29.), и



Слика 5.28: Репери на које се може поставити нивелманска летва



Слика 5.29: Репери на које се не може поставити нивелманска летва

Белеге за хоризонтално усађивање имају цилиндрично тело са перима, која се усађују у објекат. Спољашњи део белеге је заобљен. Надморска висина репера се односи на највиши спољашњи заобљени део.

Ако су белеге усађене равно са зидом, онда у средини имају рупицу. Надморска висина репера се односи на центар рупице.

5.4.3. Стабилизација белега репера

При стабилизацији репера треба водити рачуна да објекат у који се репер усађује буде стабилан. Ако се репери усађују на неки други начин, треба водити рачуна да подлога не буде подложна оштећењу.

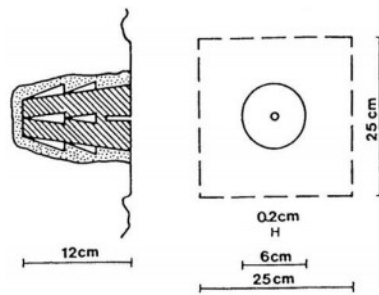
У селима се репери најчешће усађују у цркве или школе (најједноставније се добије одобрење власника и сигурније је чување), или друге стабилне објекте. Када се репер усађује у стуб од природног камена или бетона, усађује се вертикално у горњу површ стуба.

Када се репер, на који се може постављати летва, усађује у зграде, треба га постављати 30 до 50 центиметара изнад површи земље. Обично се постављају у камени или бетонски темељ зграде. Када је темељ од камена, репер се не сме постављати у малтер, већ га треба усадити у сам камен. При усађивању репера треба водити рачуна да се летва несметано може поставити на њега.

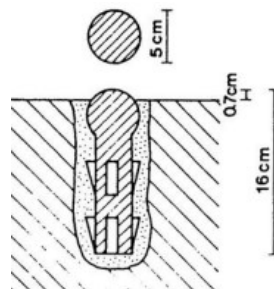
Репери на које се не поставља летва, уграђују се на висини од 1.20-1.80 м од земље.

После усађивања репера потребно је, пре нивелања, сачекати да се репери стабилизују у висинском смислу. Ако је репер усађен у зграду, треба сачекати минимално 20 дана до нивелања, а ако је усађен у укопани камени или бетонски стуб, нивелање се може извршити тек наредне године.

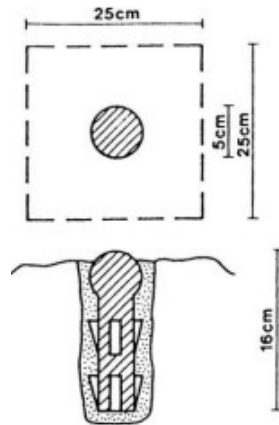
Осим примера на сликама 5.28. и 5.29., на наредним сликама су дати још неки примери усађивања репера.



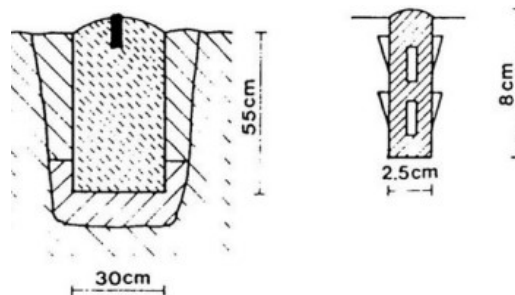
Слика 5.30: Хоризонтално уграђен репер у стену



Слика 5.31: Вертикално уграђен репер у бетон



Слика 5.32: Вертикално уграђен репер у стену



Слика 5.33: Вертикално уграђен репер у камен са бетонском подлогом

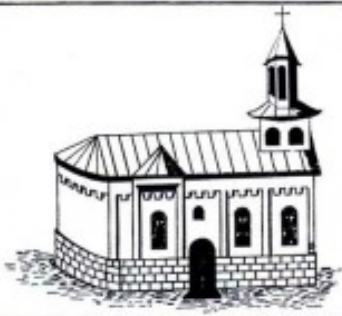
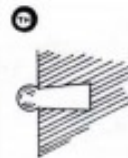
5.4.4. Нумерисање репера

Репери у мрежи нивелмана високе тачности се нумеришу римским бројевима, а у мрежи прецизног нивелмана арапским бројевима, за територију читаве државе. Бројеви репера су изливени на самој белеги, пред ознаке мреже (NVT или PN). Репери у мрежи техничког нивелмана повећане тачности се нумеришу бројевима од последњег броја репера у мрежи прецизног нивелмана. Репери у мрежи техничког нивелмана се нумеришу у оквиру катастарског среза.

5.4.5. Опис положаја репера

Након извршене стабилизације репера, морају се узети подаци за опис њиховог положаја.

Опис положаја се врши у нивелманском обрасцу број 8 (слика 5.34.).

Број репера С.Република К.Општина Датум постав.	ОПИС ПОЛОЖАЈА РЕПЕРА	Како је оbeleжен reper	ПРИМЕРИ
846 <i>Новосел</i> 3. 6. 1964			Рефер је уграђен са заштитом од оштећења цркве у Новоселу
847 <i>Новосел</i> 3. 6. 1964			Камена плоча фиксирана на обали реке
848 <i>Новосел</i> 13. 7. 1964			Рефер је уграђен на јужној страни моста на Булевару Београд - Младеновац

Слика 5.34: Нивелмански образац број 8

Нивелмански образац број 8 садржи:

- скицу објекта и околног терена у хоризонталној пројекцији,
- начин стабилизације,

- детаљну скицу положаја са цртежом објекта у вертикалној пројекцији и мерама од ивица објекта,
- број нивелманског влака којем репер припада,
- број репера,
- територију на којој се репер налази (држава, катастарски срез, место, катастарску општину и звано место),
- датум постављања репера, и
- име геодетског стручњака који га је поставио.

Уместо скице, у нивелманском обрасцу број 8, у новије време се користе фотографије објекта на коме се репер налази. На репер се због бољег уочавања, при фотографисању, поставља летва.

6. ГЕОДЕТСКИ ПРЕМЕР

6.1. Дефиниција и циљ премера

Суштина и основни принципи премера, не улазећи у то да ли је реч о државном, званичном, катастарском, топографском, итд., нису се мењали скоро два века. Још по Наполеоновом декрету (1807.), премер је требао да утврди: положај, облик, величину, вредност и власника (корисника) сваке парцеле. Сигуран положај парцеле и њене геометријске величине добијају се наслањањем мерења на геодетске мреже. Подаци премера приказани су у катастру земљишта у графичком облику и регистрима, и чувани су увек у надлежности државне администрације. Приликом формирања земљишне књиге, преузет је велики део података из катастра.

Дефиницију и циљ премера треба посматрати у првом реду према његовом односу према катастру, датом у законском нормирању ове области (будући да се ради о задатку од интереса за државу). Први југословенски закон даје изразит нагласак на катастар већ у називу*. Он прати традицију европских катастара, па "катастарски премер" има задатак: "установити облик и површину свих парцела појединих поседника једне катастарске општине, која је територијална катастарска јединица". Даље стоји: "Радови око израде, одржавања и обнове катастра деле се на: 1) премер земљишта, 2) класирање земљишта, 3) одржавање катастра и 4) ревизију катастра." Иако се даје нагласак на катастар, истиче се да "премер треба да да хоризонталну и висинску представу терена, како би подаци премера могли да служе и за све техничке и привредне циљеве".

После рата наступа период када се катастар потпуно занемарује, па тиме и катастарски премер, а нагласак је на многим премеравањима за разне потребе (изградња путева и железница, хидротехнички радови и др.). Доношењем прве Уредбе о катастру земљишта (доноси се уредба уместо закона, што већ указује на значај који се придаје катастру),** наступа континуитет катастра из предратног периода. Тако у Уредби (члан 3.), слично предратном закону, стоји: "Израда и обнављање катастра обухватају: премер земљишта, катастарско класирање земљишта, израду катастарског операта и ревизију катастра". Премеравања за остале потребе се не спомињу.

Због потреба за подацима премера, придаје му се све већи значај, те се при нормирању, почев од 1965. године*** доносе закони о премеру и катастру земљишта. У њима се премеру посвећује све већа пажња, прецизира се које све

* Закон о катастру земљишта, ("Службене новине Краљевине Срба, Хрвата и Словенаца", број 14/29).

** Уредба о катастру земљишта, ("Службени лист ФНРЈ", број 43/53) Иначе, карактеристично је да је у Уредби предвиђено да се неснимљена подручја Југославије имају снимити у року од 5 година!

*** Основни закон о премеру и катастру земљишта, ("Службени лист ДФРЈ", број 15/65) Овај закон има само 23 члана.

радње чине премер, почињући од геодетских мрежа.* Од 1992. године уз премер се додаје реч државни.

6.2. Садржај премера

Садржај премера проистиче из његове намене, па основни садржај чине подаци о парцели, потребни за израду катастра.

Основни садржај нашег премера одређен је већ 1929. године, када је постављено да на катастарском плану треба приказати хоризонталну и висинску представу терена, како би подаци премера могли да служе и за све техничке и привредне циљеве. Више се не ради само о катастарском премеру, већ о катастарско-топографском, како се иначе премер често назива између два рата.

Потребе развоја градова, опет проширују садржај премера. Прво се у неким градовима, око 1960. године почиње са израдом катастра водова, да би 1974. године ти подаци и званично постали део премера. Тај садржај се поново проширује 1988. године, увођењем јединствене евиденције. Тада катастар непокретности обухвата, поред земљишта и зграда, још и: станове, посебне делове зграда, пословне просторије и др.

Може се слободно рећи да премер треба да послужи за израду три катастра: катастра земљишта, катастра водова и катастра зграда. Ово проширивање садржаја премера имаће далекосежне последице на развој и стање катастра, јер се отварају кључна питања:

- како прикупити све те податке;
- како приказати податке премера;
- како одржавати податке премера.

Одговори на ова питања траже потпуно нови приступ премеру и катастру.

6.3. Врсте премера

Премер је вештина којом се помоћу утврђених геодетских метода мерења дефинишу релативни положаји тачака на земљиној површи или у њеној непосредној близини.

Поред тога што је вештина, премер има и сва научна обележја.

* Закон о премеру и катастру земљишта, ("Службени гласник СРС", број 51/71)

Премер је вештина, јер искључиво геодетски стручњак поседује неопходна знања о техникама премера, на основу чега одлучује о избору најефикаснијих метода, које приликом решавања најразноврснијих проблема премера доводе до оптималних резултата.

Научна обележја премера проистичу из примене строгих математичких техника које се користе у обради и анализи података теренских мерења.

У зависности од третмана земљине закривљености, премер се условно може поделити на:

- Премер у равни; и
- Геодетски премер.

Премер у равни, површ Земље апроксимира са дводимензионалном равни (дефинише X , Y положаје). Висина (Z или H положај) се дефинише у односу на средњи положај Земље (средњи ниво мора). У већини случајева, у инжењерском и катастарско-топографском премеру, примењују се принципи премера у равни. У специфичним пројектима, попут дугачких линијских инжењерских објеката (путеви и железнице), рачуна се и узима у обзир земљина закривљеност.

Геодетски премер, приликом дефинисања положаја тачака, Земљу третира у њеном природном закривљеном облику. Земља се обично апроксимира математички дефинисаном површи обртног елипсоида. Као и у премеру у равни, висине се дефинишу у односу на средњу земљину површ (средњи ниво мора). Традиционално, геодетски премер је увек посматран као премер високе прецизности на великим подручјима (државна граница, контролне мреже и др.) У данашње време, савремени премери користе глобалне технологије позиционирања (GPS, GLONASS, GALILEO и др.) које се заснивају на геометријском облику Земље. Такав приступ захтева пажљиво математичко моделовање података премера и њихово прилагођавање захтевима висинских система премера (нивелману) као и пројектима локалног премера.

У зависности од намене, премер се може поделити на:

- Премер за потребе реализације математичке (геодетске) основе;
- Премер за потребе дефинисања граница власништва земљишних парцела;
- Премер намењен приказу конфигурације терена и положаја природних и вештачких објеката;
- Премер намењен приказу положаја водених површи за потребе навигације, водоснабдевања или изградње објеката на води;
- Премер намењен потребама изградње и експлоатације рудника и који користи принципе неколико напред наведених облика премера с циљем контроле и приказа радова везаних за експлоатацију рудника;

- Премер намењен обележавању, лоцирању и праћењу изградње објеката;
- Премер намењен изградњи комуникација (путеви, пруге, канали, транспортне линије, објекти комуникације и др.) и који користи принципе контролног, инжењерског, премера земљишта и топографског премера;
- Премер који користи принципе аеро и терестричке фотограметрије при чему се мерења на фотографијама користе за потребе одређивања положаја снимљених објеката.

6.4. Извршење премера

Подаци о извршеном премеру за Републику Србију су исказивани посебно за уже подручје и за две покрајине. На ужем подручју Републике, премер је крајем 1982. године већ био скоро завршен (табела 6.1.):

	Број КО	Површина (ха)
1) Премер извршен између два рата (непотпун, без висинске представе и др.)	2.274	3.446.505
2) Премер, односно обнова премера, извршени после рата (потпуни)	1.546	1.793.249
3) Премер у току рата на подручјима без премера	60	111.200
4) Обнова премера у току	207	243.521
СВЕГА:	4.807	5.594.225

Табела 6.1: Радови на премеру у Србији без покрајина

Ови подаци се углавном односе на ванграђевинске реоне.

На Косову и Метохији премер је завршен на целој територији, односно, у 1.298 КО, на површини од 1.090.812 ха.

Радове на премеру у Војводини приказује следећа табела:

Година	Површина (приближна) - ха	
	премер	комасација
1947-1955.	7.300	-
1956-1965.	280.480	62.900
1966-1975.	45.320	516.400
1976-1980.	7.900	186.000
1981-1985.	-	163.000
Свега:	А: 341.000	Б: 928.300
Укупна површина:	А + Б: 1.269.300	2.153.000

Табела 6.2: Радови на премеру у Војводини

У свим премерима значајан допринос је дала комасација земљишта, посебно у Војводини.

Осим што је велики део Србије покривен премером, посебно треба истаћи квалитет премера:

- више од 50% премера је "млађе" од 40 година;
- већи део премера је израђен нумеричким методама.

Треба нагласити да је премер између два рата, иако рађен са недовољно тачним инструментима, био изузетно добар, што је последица:

- ригорозних прописа у геодетској струци;
- квалитетног, тек ишколованог кадра;
- великог ентузијазма стручњака (слика 6.1).



Слика 6.1: Теренска геодетска екипа између два рата

На слици 6.2., приказана је скица премеравања из 1938. године, на којој је забележена велика количина података, извршено квалитетно исцртавање, и која би могла послужити као угледни пример данашњим геодетским стручњацима.



Слика 6.2: Теренска скица премеравања из 1938. године

У периоду после Другог светског рата, а нарочито од 1960-1970. године, настали су изузетно квалитетни премери, што је резултат:

- стасавања одличног, дисциплинованог и стручног теренског кадра; и
- израде врло квалитетних мрежа, захваљујући примени најпре прецизне полигонометрије, а затим електрооптичког начина мерења дужина.

Такав наш премер представља огромно богатство. Међутим, ако се погледа стање премера, слика се из корена мења. Јер, генерално гледајући, стање премера је лоше: геодетске мреже су застареле, а десиле су се и огромне промене које нису спроведене кроз елаборат. То велико заостајање је веома тешко надокнадити, сваке године све теже, и биће потребни огромни напори геодетске службе да се, уз подршку државе, стање поправи и спаси то непроцењиво друштвено богатство.

6.5. Методе снимања детаља

Основни задатак геодезије обухвата геодетска мерења различитих намена и потреба, у циљу израде планова и карата. То подразумева да се један део или цела земљина површ преслика на раван карте, са што је могуће мањим деформацијама. Током времена, упоредо са развојем технологија и применом најновијих достигнућа, развиле су се различите методе прикупљања података, односно методе геодетског снимања детаља. Према начину прикупљања и врсти података који се прикупљају са циљем израде плана или карте, методе снимања детаља, могу се поделити на графичке и нумеричке (стара подела), док се у новије време користе и методе сателитске геодезије.

У графичке методе спадају:

- Топографска метода, и
- Фотограметријска метода (у новије време спада и у нумеричке методе).

У нумеричке методе спадају:

- Поларна метода, и
- Ортогонална метода.

У методе сателитске геодезије спадају:

- ГПС метода (условно се може сврстати у нумеричке методе),
- Сателитски снимци (условно се може сврстати у графичке методе).

Нумеричке методе снимања су добиле назив по томе што се код њих за сваку детаљну тачку добију нумерички подаци, на основу којих се касније у канцеларији израђује геодетски план у одговарајућој размери. Код графичке методе се креирање геодетског плана врши на основу „графичких“ читавања са посебних подлога (нпр. фотографија). Нумеричке методе осигуравају већу тачност снимљеног детаља, док су графичке знатно ефикасније и самим тим рационалније. Методама сателитске геодезије се креирање геодетског плана врши на основу података који су прикупљени уз помоћ сателита.

Код свих метода крајњи циљ је заједнички, да се на основу података које оне обезбеђују, може као финални производ изградити план или карта.

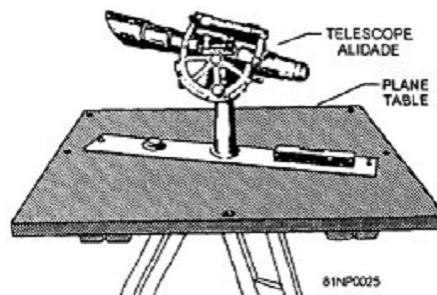
Данас су неке методе превазиђене у смислу начина и приступа мерењу, док су друге још увек недовољно присутне, али су у великој експанзији. Оне имају тенденцију да заузму високу позицију примене у разним областима, па се и данас усавршавају, пратећи најмодерније токове развоја у првенствено техничком, али и технолошком смислу. Свака од наведених метода биће посебно описана.

Обзиром на значајан развој науке и технологије (није заобишао ни геодезију), методе снимања детаља би се данас могле поделити на теренске (поларна, ортогонална и GPS) и даљинске (фотограметрија и сателитски снимци).

6.5.1. Топографска метода

Топографска метода, као једна од најраније развијених метода, најчешће се примењивала при изради топографских карата крупније размере (1:5000). Топографском методом је могуће изградити планове у размерама 1:2000 и 1:2500, међутим мање су прецизности него у случају када се исти израђују на основу нумеричких података метода премера. Метода је потиснута због недовољне прецизности података, које обезбеђује у односу на савременије методе.

Ова врста снимања се обављала помоћу такозваног геодетског стола, који се састоји из табле, инструмента и статива (слика 6.3.).



Слика 6.3: Геодетски сто

Ова метода, слична поларној методи снимања, има добру страну јер је могуће директно на терену изградити топографску карту или геодетски план одређеног подручја, па је уочавање и отклањање грешака лакше, јер се могу кориговати на лицу места, директно на терену.

6.5.2. Фотограметријска метода

Фотограметријска метода подразумева коришћење фотографије и базира се на мерном уређају (мерној камери) са познатим елементима унутрашње оријентације, што је чини мерним инструментом. Просто речено, фотограметријска метода снимања је метода код које се на основу фотографија добија геодетски план.

Обзиром на начин вршења мерења на снимцима, фотограметрија се дели на:

- аналогу (користи информације садржане на фотографијама, на којима се мерење изводи оптичко-механичким уређајима),
- аналитичку (користи информације садржане на фотографијама, и сва мерења су подржана рачунаром), и
- дигиталну (користи информације садржане на дигиталној слици, и сва мерења су подржана рачунаром).

Обзиром на положај камере у простору, фотограметрија се дели на:

- терестричку и
- аерофотограметрију.

Терестричка фотограметрија подразумева снимање са земље. Користи се за мања подручја као што су кањони река, стрме падине, каменоломи, фасаде објеката и сл.. Уређај којим се изводи снимање је фото-теодолит. Састоји се од фотографске камере и теодолита. Фототеодолит је старији тип инструмента, али се због своје мерне стабилности још увек може срести у пракси. За терестичко фотограметријско снимање, као носиоци емулзије користе се филмови и стаклене плоче.

Аерофотограметрија подразумева снимање из ваздуха. Користи се за снимање већих површина терена, специјалним авионом на коме је фотокамера (слика 6.4.) монтирана на доњем делу трупа. Принцип добијања информација о неком терену или објекту се заснива на прихватању електромагнетног зрачења (како природног, тако и вештачког) одговарајућим сензором. Електромагнетно зрачење долази са снимљених површина, па се затим претворено у мерни сигнал меморише.



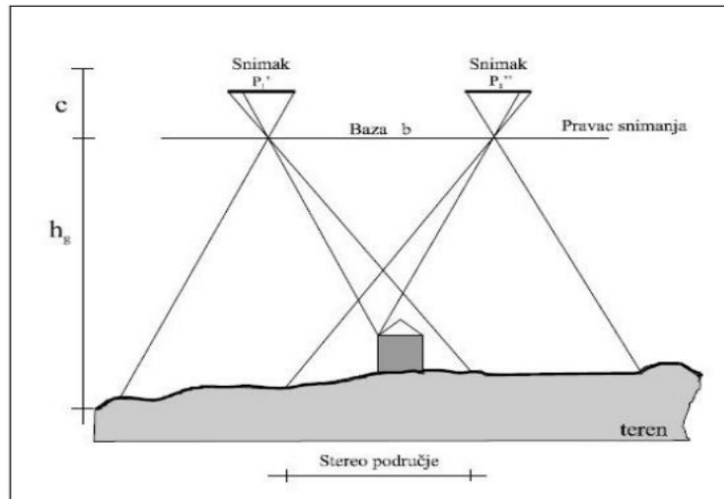
Слика 6.4: Аерофотограмметријска камера

Фотограмметријска метода се најпре афирмисала као најјекономичнија геодетска метода за добијање планова и карата користећи фотограмметријске снимке. На основу аерофотограмметријских снимака могу се добити карте и планови у различитим координатним системима, различитих размера и садржаја.

Да би се могле одредити просторне координате тачака снимљеног објекта или терена, за сваку тачку морају постојати два снимка која се преклапају и чине стереопар (слике 6.5. и 6.6.). Са стереопара се аналитичким или аналогним поступком одређују координате тачака. На тај начин, за сваку тачку терена добиће се и хоризонтални и висински положај.



Слика 6.5: Стерео пар фотограмметријских снимака



Слика 6.6: Преклоп два фотограмметријска снимка

Основне карактеристике стереофотограмметрије су:

- Исто подручје се снима са два снимка (са два различита места), који чине стерео пар;
- Могућност формирања 3Д модела у инструменту за стерео реституцију;
- Мерење све три димензије у 3Д моделу;
- Сигнализација тачака на терену или накнадна идентификација и мерење њихових координата, омогућава да се мерења у 3Д моделу трансформишу у државни координатни систем.

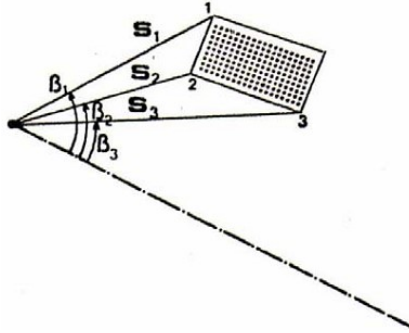
Креирање геодетских планова, применом аерофотограмметријске методе, састоји се од:

- израде плана лета авиона,
- фотосигнализације,
- одређивања оријентационих тачака,
- дешифрирације,
- обраде аерофотограмметријских снимака, и
- картирања.

6.5.3. Поларна метода снимања

Поларна метода снимања подразумева мерење поларних координата детаљних тачака, односно (слика 6.7.):

- поларног угла β_i ;
- поларног дужине S_i .



Слика 6.7: Поларна метода снимања

Поларна метода се назива и тахиметрија, што у преводу значи брзо снимање.

Подаци снимања се прикупљају у поларном координатном систему, где поларну оса представља полигонска страна, а пол полигонска тачка - станица са које се врши снимање (на којој се налази инструмент).

Поларни углови се мере помоћу теодолита, а растојања се могу мерити:

- електрооптичким даљиномерима (ова метода је најчешће у употреби, а надградња је примена тоталних станица, где се поред електронског мерења углова и дужина, омогућава меморисање података и директан трансфер мерених података на РС рачунар);
- оптичким даљиномерима (инструментом са 3 конца или ауторедукционим инструментом).

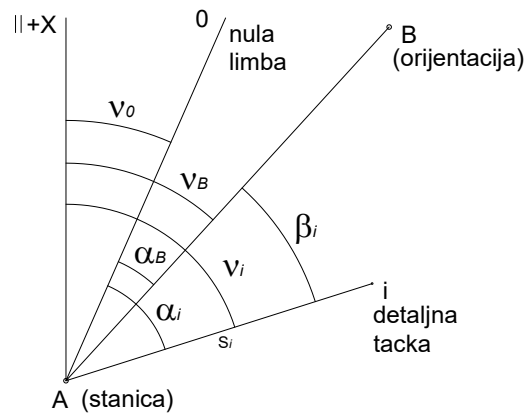
Овом методом се, за детаљне тачке, могу одредити све три координате (X, Y, H), и помоћу њих изградити аналогни или дигитални геодетски план.

Аналогни план подразумева класичну подлогу (хамер и сл.), док се дигитални план израђује на рачунару, о чему ће више речи бити у наредном поглављу.

Поларна метода снимања детаља, је најчешће примењивана метода у пракси.

6.5.3.1. Одређивања координата детаљних тачака снимљених поларном методом

Рачунање координата детаљних тачака снимљених поларном методом се врши на основу координата датих тачака (станица и оријентација) и мерених, поларног угла и поларне дужине.



Слика 6.8: Рачунање дирекционог угла ка детаљној тачци

На слици 6.8. су обележени:

- α - читања на лимбу,
- β - поларни угао, и
- v - дирекциони углови.

У првом кораку се одређује вредност дирекционог угла нуле лимба v_0

$$v_0 = v_A^B - \alpha_B \quad (6.1)$$

У следећем кораку се одређује дирекциони угао ка тачки i

$$v_A^i = v_0 + \alpha_i \quad (6.2)$$

Овај начин рачунања нам олакшава рад, због чињенице да са једне станице увек има више тачака (у неким случајевима и преко сто, па и више).

У следећем кораку се одређују координатне разлике између станице и детаљне тачке (на основу израза 5.3. и 5.4.)

$$\Delta Y_A^i = s_i \cdot \sin \nu_A^i \quad (6.3)$$

$$\Delta X_A^i = s_i \cdot \cos \nu_A^i \quad (6.4)$$

И на крају, на основу координата станице и израчунатих координатних разлика, координате детаљне тачке

$$Y_i = Y_A + \Delta Y_A^i \quad (6.5)$$

$$X_i = X_A + \Delta X_A^i \quad (6.6)$$

6.5.3.2. Тотална станица (електронски теодолит и даљиномер)

Појава дистомата је представљала прави хит и огроман помак у односу на претходне инструменте. Може се слободно рећи да је појавом тоталних станица настала права револуција у геодезији. Данас се ни једна организација, која у свом делокругу има и геодетске послове, не може замислити без бар једне тоталне станице. Активирањем само једног функцијског тастера на тоталној станици, може се извршити више различитих функција (нпр. измери се коса дужина, на екрану се прикаже коса и хоризонтална дужина, као и висинска разлика, срачунају се координате визурне тачке и све то заједно меморише).

Тотална станица се састоји од електронског теодолита, електронског даљиномера (ЕДМ) и микропроцесора са уграђеним софтвером за регистровање и обраду података мерења. То је другим речима аутоматски региструјући тахиметар који у себи садржи електронски теодолит, дистомат и рачунар.

Један од најчешће коришћених инструмената је тотална станица Leica TCR 407 са одговарајућим прибором. Ова тотална станица има могућност мерења дужине уз помоћ призме до 3500 m, а без призме (ласерски) и до 170 m уз 90 % рефлексije. Такође подржава мерење углова у хоризонталној равни 0° до 360° и мерење углова у вертикалној равни -55° до 90°, при чему је мерна несигурност за мерење дужине ±2mm +2ppm, а за мерење угла ±2". Тотална станица подноси температуре од -20° до +50° C.

За послове инжењерске геодезије тоталне станице су данас незаменљиви инструменти са мноштвом погодности и помоћних опција које првенствено олакшавају и вишеструко убрзавају обављање послова. За искључавање тачака на терену ови инструменти су веома погодни, јер се могу користити дирекциони угао и координате тачака. На дисплеју инструмента се читава колико је потребно по углу и дужини померити тачку на којој се налази призма, да би дошла на пројектовано место. Ово вишеструко олакшава рад код преноса пројекта на неприступачним теренима. За сваку тачку, поред регистрованих поларних или

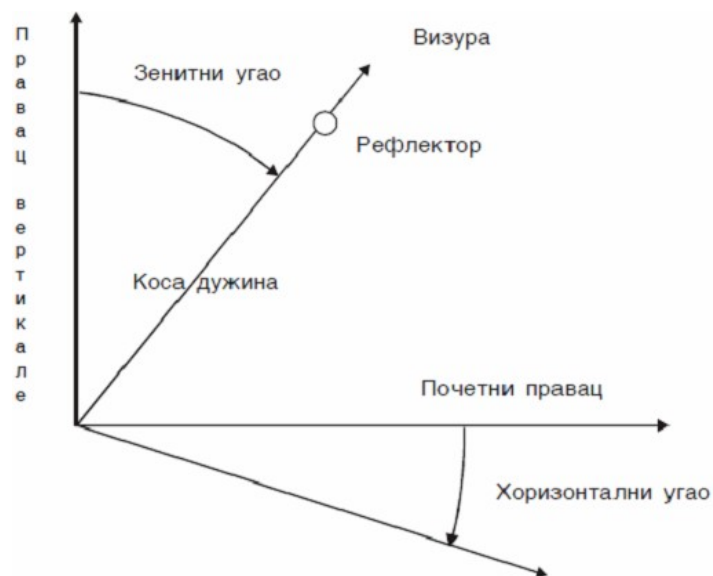
ортогоналних координата, региструје се и број тачке, код, висина сигнала, подаци о температури и притиску. Ове тоталне станице омогућавају директан прикључак РС рачунара на њу, па самим тим и аутоматско картирање тачака. Познати произвођачи тоталних станица су: Leica, Sokkia, Topcon, Nikon, Trimble итд.

Код мерења дужина скоро сви геодетски инструменти су засновани на фазном принципу мерења. Упоредбује се временски период путовања електромагнетног таласа од инструмента до рефлектора и назад. Дужина је у функцији брзине простирања таласа и временског интервала између момента емитовања и пријема електромагнетног таласа.

Подаци су сачувани у пословима (JOB), као у директоријумима. Послови садрже податке мерења различитих типова и може им се индивидуално приступити у циљу прегледања, измене или брисања.

Сва рачунања координата се односе на тренутно сетовану (подешену) станицу. Висине инструмента и станице морају бити унете. Координате станице могу бити унете ручно или прочитане из меморије. Оријентациони правац може бити унет мануално или сетован помоћу познатих координата станице и оријентације. Постоје две методе: сетовање дирекционог угла и сетовање координата.

Основни принцип рада заснива се на мерењу три елемента: хоризонтални угао, вертикални угао и коса дужина (слика 6.9.). Све остале величине су изведене из њих.



Слика 6.9: Елементи који се мере тоталном станицом

Мерење хоризонталних углова

Хоризонтални угао се мери од почетног правца хоризонталног лимба. Уколико се за почетни правац намести дирекциони угао, на терену је омогућено директно читавање дирекционог угла ка свакој детаљној тачки.

Врло прецизно мерење углова засновано је на коришћењу тзв. енкодера. Енкодери су смештени уз лимб и помоћу глава за читавање (сензори), врши се дигитално читавање лимба.

Мерење вертикалних углова

Омогућено је мерење и вертикалних углова и зенитних даљина. У пракси се најчешће користе зенитни углови, односно углови између правца вертикале (0° на лимбу) и праваца ка датој тачки.

Тоталне станице поседују интерни сензор који детектује отклоне вертикалне осе инструмента и аутоматски поправља мерене вредности хоризонталних и вертикалних углова.

Мерење дужина

Највећи број геодетских инструмената заснован је на фазном принципу мерења дужина, односно упоређује се временски период путовања светлосног таласа од инструмента до рефлектора и назад и применом познатих формула врло прецизно се добија вредност дужине.

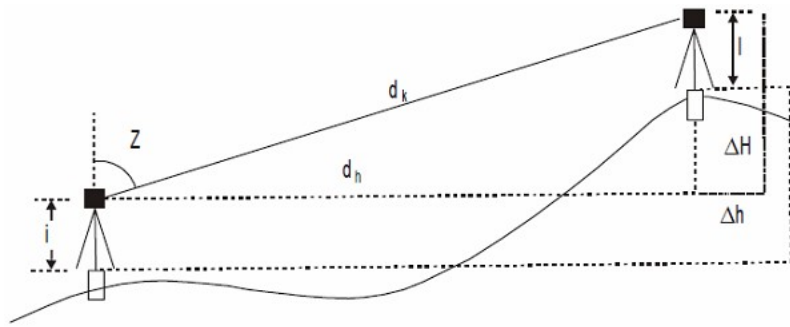
Као што је већ напоменуто, тотална станица уз помоћ софтвера за обраду података, може да изврши рачунање низа других величина.

Рачунање хоризонталне дужине

Да би се срачунале координате или висина непознате тачке, неопходно је косу дужину свести на хоризонт. На слици 6.10. илустрован је однос косе и хоризонталне дужине, на основу чега се одређује хоризонтална дужина

$$d_H = d_K \sin Z \quad (6.7)$$

где је d_K коса дужина, а Z зенитни угао. Хоризонталне дужине су неопходне приликом рачунања координата непознатих тачака.



Слика 6.10: Мерене и изведене величине

Рачунање висина тачака

Два су различита типа висинских разлика, и то (слика 6.10.):

- висинске разлике (Δh) између тачака на површи земље, и
- висинска разлика (ΔH) која представља разлику висина између обртне осе дурбина и обртне осе рефлектора. Да би се срачунала висинска разлика, неопходно је познавати висину обртне осе дурбина (висина инструмента) i , и висину центра рефлектора l .

Уколико је позната висина стајне тачке инструмента H_A , висина тачке на којој је постављен рефлектор рачуна се као

$$H_B = H_A + d_k \cos Z + i - l \quad (6.8)$$

Рачунање координата тачака

Поступак рачунања координата у равни Y (East) и X (North) изводи се под претпоставком да је нулти правац лимба постављен у правац севера. Уколико се правци оријентишу, тада се рачунање координата у равни пројекције врши аутоматски, а висине добијају у систему висина у употреби (израз 6.8.), као

$$X_B = X_A + d_k \sin Z \cos \nu \quad (6.9)$$

$$Y_B = Y_A + d_k \sin Z \sin \nu \quad (6.10)$$

где су (укључујући и израз 6.8.): Y_A , X_A и H_A координате тоталне станице, Y_B , X_B и H_B координате тачке на којој се налази рефлектор (непозната тачка), ν читање на хоризонталном лимбу (дирекциони угао ка детаљној тачки).

Специјална мерења

Познавањем претходно наведених принципа, могуће је остварити више врста специјалних мерења. Наведимо неке од њих:

- одређивање висине објекта (неприступачне тачке);
- приказивање фронтова између било које две снимљене тачке (најчешће задње две);
- обележавање (исколчавање) и то разни облици (врло ефектне комбинације);
- мерење површина затворене контуре (парцеле);
- одређивање координата станице пресеком праваца назад (више комбинација);
- одређивање и обележавање задатог нагиба у процентима;
- постављање тачно одређене вредности за почетни правац (погодно код обележавања, вештачења и сл.), и многе друге функције.

Детаљнији опис наведених операција налази се у референтним приручницима који се испоручују уз инструмент.

Основни принципи аутоматске регистрације и обраде података

Основни принципи аутоматске регистрације, приказани су кроз процедуру мерења на терену која, практично омогућава потпуно аутоматизовану обраду резултата мерења.

Процедура је заснована на објективним околностима, и то:

- теренским (могућност непостојања координата геодетске основе, могућност исправке и корекције погрешно унетих елемената на терену и сл.);
- регулативним (постојећи прописи Републичког геодетског завода захтевају да се преда записник у форми предвиђеној правилничким прописима).

Као последица тога, настао је низ софтвера за обраду који аутоматски реализују мерну процедуру и омогућавају:

- исправку свих грешака на терену;
- трансформацију свих података из једног система у други систем најчешће из локалног у државни;
- преглед података пре штампања записника;

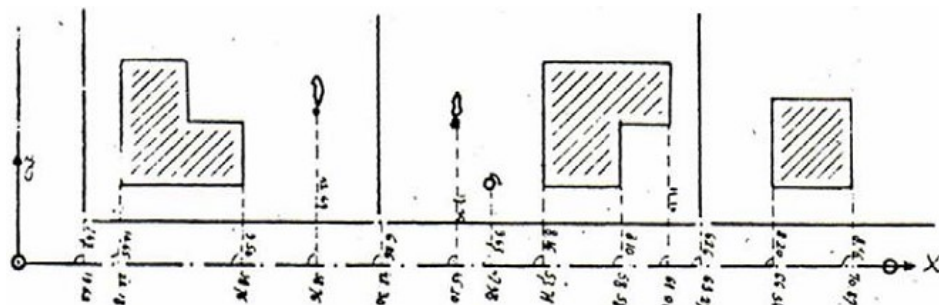
- штампање записника у формату предвиђеном правилничким прописима;
- картирање снимљених података у програме за геодетску графику.

6.5.4. Ортогонална метода

Када за сваку детаљну тачку одређујемо X , Y координате у односу на локални правоугли координатни систем, где је:

- X - оса правац полигонске стране, или друге линије за снимање, и
- Y - оса управна на X - осу у почетној тачки линије за снимање,

тада је реч о ортогоналној методи снимања детаља (слика 6.11.).



Слика 6.11: Ортогонална метода снимања детаља

Између полигонских тачака (или друге линије за снимање) је развучена пољска пантљика у правцу X - осе и лежи косо по терену. Ручном пантљиком се мере вредности ордината Y , спуштањем управне од детаљне тачке која се снима до X - осе, и ове вредности се одмерају хоризонтално.

Овакав начин мерења омогућава једноставно рачунање координата детаљних тачака, с тим што се вредности косо мерених апсциса редукују у складу са висинском разликом између крајњих тачака линије за снимање.

На основу израчунатих координата, може се изградити геодетски план терена који је снимљен у XOY равни.

Ова метода снимања је била посебно погодна за снимање градова и узиданог терена, за планове крупније мере (1:1000, 1:500 и крупније).

Метода поларног снимања је, применом електрооптичких даљиномера, успешно заменила методу ортогоналног снимања (осим у ретким случајевима), јер је прецизност иста или већа, а ефикасност у раду значајно повећана.

Многи градови и насељена места су снимани ортогоналном методом, а тако израђени планови су и данас у употреби.

Ова метода има недостатак у смислу да даје координате само у хоризонталној пројекцији (ХОУ равни), док се висински положај тачака одређује посебно спроведеним детаљним нивелманом.

6.5.5. Метода глобалног сателитског позиционирања – GPS

Почетак једне нове ере, важне не само за геодезију, него и за многе друге сегменте примене сателитског система, започет је лансирањем руског сателита Спутник 1957. године. Велики корак ка унапређењу сателитског система је учињен открићем такозваног “Доплеровог ефекта”, који представља фазну промену сигнала услед кретања извора његовог емитовања. Регистравање тачног времена и познавање положаја сателита на путањи кретања, такозване ефемериде, омогућили су оцену положаја пријемника на било ком делу света.

GPS методом је могуће „директно“ одређивање просторних координата тачака на терену.

Развој GPS-а почиње 70-тих година прошлог века (20. века), након одлуке Министарства одбране САД-а о потреби глобализације животног простора. Овакав став мотивисан је пре свега војним циљевима САД-а, али свакако да има изузетан значај и за даљи развој геодезије.

По ефикасности снимања као и тачности позиционирања GPS има значајне предности у односу на остале методе.

Предности се углавном огледају у следећем:

- није нужна оптичка видљивост између два суседна GPS пријемника,
- могућ је рад у свако доба дана и ноћи,
- могућност рачунања координата детаљних тачака у реалном времену, и
- веома висока ефикасност рада и тачност оцена положаја тачака детаља.

Постојећим прописима у Републици Србији, област GPS премера непокретности, уређена је Инструкцијом за израду и одржавање геодетске основе за снимање детаља (РГЗ, 1997.) и Уредбом о примени технологије глобалног позиционог система у оквиру премера непокретности (РГЗ, 2002.).

GPS чине три сегмента:

1. космички (сателити који се крећу око Земље),
2. контролни (станице распоређене на целој територији Планете), и
3. кориснички (пријемници).

6.5.5.1. Космички сегмент

Космички сегмент чине сателити који се крећу око Земље на висини од око 20200 km, са периодом од око 12 h. Основне функције сателита су:

- пријем и регистрација података које добијају од контролног сегмента,
- одређивање тачног времена уз помоћ атомских стандарда фреквенције, и
- емитовање информација (навигациона порука) и сигнала корисницима на једној или обе фреквенције (L подручје фреквенција).

До сада је пројектовано пет генерација сателита (Блок I, II, IIA, IIR и IIF). Тренутно су у орбитама сателити генерације IIR који су лансирани почев од 1996. године. У тој генерацији произведено је 20 сателита и са 4 сателита из претходне генерације чини укупно 24 оперативна сателита (тренутно).

Сателити су распоређени тако да је у сваком тренутку на било ком делу Земље обезбеђена видљивост најмање 4 сателита изнад 15° елевације (слика 6.12.). У стварности, најчешће се располаже са 5 или више сателита, што значајно доприноси већој поузданости сачунаних позиција.

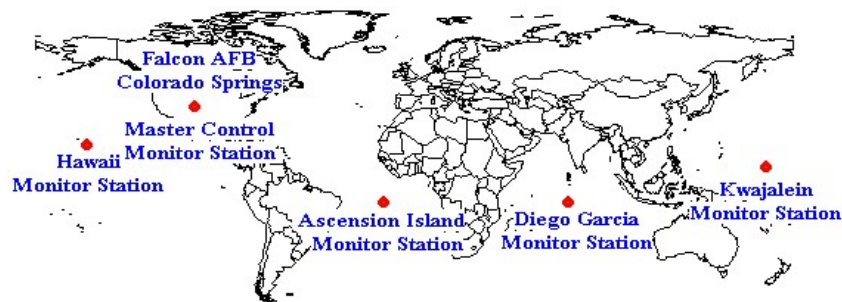


Слика 6.12: Конфигурација сателита

6.5.5.2. Контролни сегмент

Контролни сегмент чини: главна контролна станица, станице за праћење сателита и земаљске антене које служе за перманентну комуникацију са сателитима. Контролни сегмент прати сателите, одређује параметре орбите и сателитима шаље податке о њиховом положају на путањи, укључујући и податке о стању сателитових часовника. Сателитски сигнали се примају у пет станица: Hawai, Colorado Springs, Akcension Is., Diego Garsia i Kwajalein (слика 6.13.).

Мерења се обрађују у главној контролној станици у Colorado Springs-у, где се рачунају ефемериде и подаци о поправкама часовника и уз помоћ станица у Akcension Is., Diego Garsia i Kwajalein, подаци се шаљу ка сателитима.



Слика 6.13: Положај тачака контролног сегмента

6.5.5.3. Кориснички сегмент

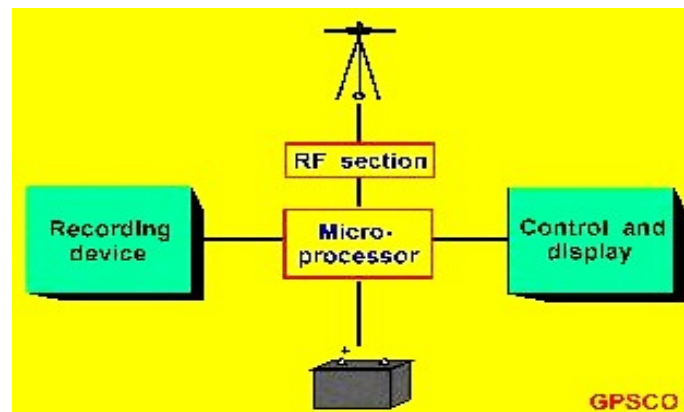
Свако ко поседује GPS пријемник припада овом сегменту. Задатак GPS пријемника јесте да прими GPS сигнале и одреди положај и/или време у просторном координатном систему. У зависности од намене и техничких карактеристика, постоји неколико различитих категорија пријемника (навигациони, геодетски, једнофреквентни, двофреквентни итд.). Кориснички сегмент GPS у ширем смислу обухвата:

- хардвер (пријемници који примају сигнале),
- софтвер (алгоритми за рачунање и везу са корисницима), и
- процедуре мерења (зависе од захтеване тачности, функционалности сл.).

Основне компоненте GPS пријемника су (слика 6.14.):

- антена са предпојачивачем,

- радио-фреквентни део,
- део за контролу и управљање радом,
- део за регистрацију мерења, и
- део за напајање пријемника.



Слика 6.14: Основне компоненте GPS пријемника

У топографском премеру, основне карактеристике GPS сателитског премера огледају се у следећем:

- тачке чије се координате одређују су стационарне,
- у зависности од тражене тачности, подаци GPS мерења прикупљају се у оквиру опажачке сесије која може трајати од пар секунди до неколико сати или дана,
- искључиво се користе релативне методе мерења,
- везаност са традиционалним премером у погледу садржаја, али у односу на њега, рад је неупоредиво бржи, тачнији и ефикаснији.

Сам GPS мерни уређај се састоји из два основна елемента – дела за пријем сигнала (антена) и дела за обраду сигнала (микропроцесор) (слика 6.15). Антена има конструкцију, такву да врши пријем из свих праваца, са свих сателита изнад хоризонта, а микропроцесор контролише цео систем и омогућава интерактивну комуникацију са пријемником.

GPS метода мерења у односу на друге геодетске технике и методе има предност у томе што:

- ради у свим временским условима,
- сам рад не зависи од доба дана, метеоролошких услова или годишњег доба,
- рад са уређајем не захтева посебне вештине,
- није потребно догледање тачака,
- могуће је директно мерити растојања и до од више хиљада километара,
- тренутно одређивање X, Y, H координата,
- свака тачка се одређује посебно и нема преноса грешака,
- дизајн геодетске мреже није више примаран, итд.



Слика 6.15: ГПС пријемници

Најновије измене закона о државном премеру и катастру непокретности дефинишу нови геодетски референтни систем у Републици Србији, који је стављен у службену употребу од 01. јануара 2011. године.

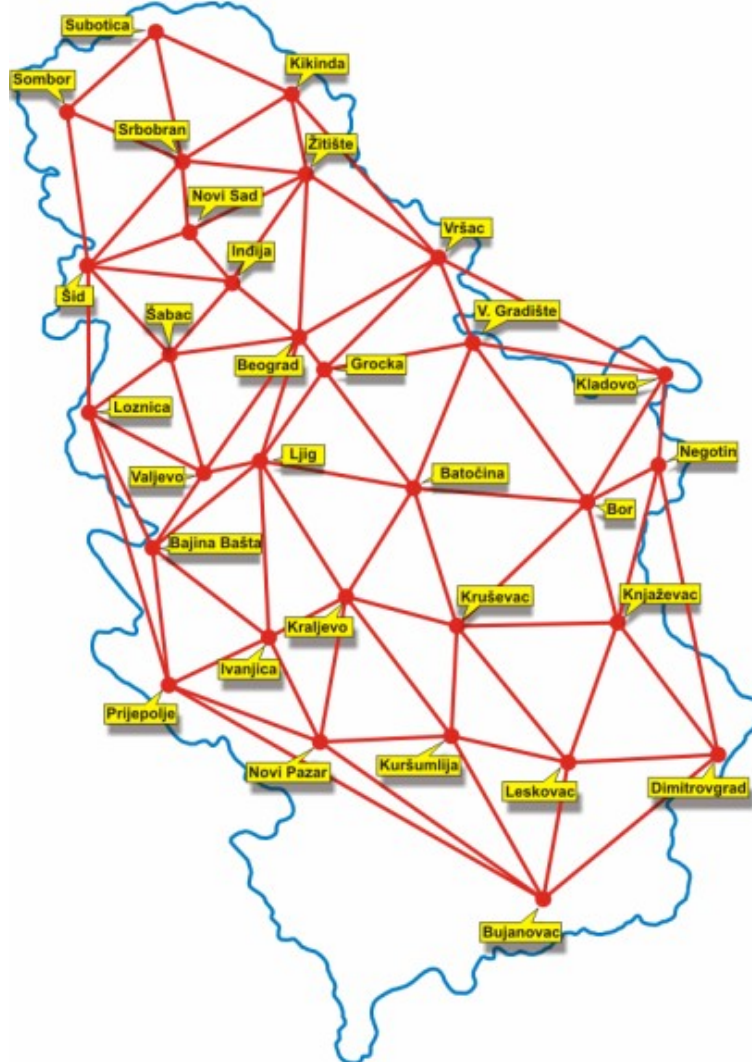
Просторни референтни систем за Републику Србију је терестички тродимензионални координатни систем који се по дефиницији координатног почетка, оријентацији координатних оса, размере, јединице дужине и временске еволуције, подудара са Европским терестичким референтним системом – European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).

Такође, мрежа перманентних станица – АГРОС, од 01. јануара 2011. године, ради у новом систему ETRF89 - ETRF2000.

6.5.5.4. Снимање детаља GPS методом

За геодетска мерења, због потребне тачности, неопходно је користити:

- DGPS - позиционирање применом диференцијалне методе, или
- мрежу перманентних станица - АГРОС (слика 6.16.).



Слика 6.16: Мрежа перманентних станица - АГРОС

Снимање детаљних тачака применом диференцијалне DGPS методе, има следеће карактеристике:

- Један пријемник (база) се поставља на познату тачку. У току мерења мора стално да региструје примљене податке ради корекција.
- Помоћу другог пријемника (ровер), врши се снимање тачака.
- Повећањем удаљености ровера од базе, смањује се тачност мерења,
- Корекције са базе до ровера се могу преносити on-line, преко радио везе или путем GSM мреже,
- Подаци се могу обрадити и накнадно, путем post-procesinga.

Снимање детаљних тачака коришћењем мреже перманентних станица, има следеће карактеристике:

- Уместо базе користи се мрежа перманентних станица.
- Тачност одређивања координата тачака је хомогена у целој мрежи.
- Корекције са могу преносити on-line, путем GSM мреже, или се могу преузети путем интернета и подаци накнадно обрадити у поступку post-procesinga.

Предност снимања детаљних тачака применом GPS методе, у односу на друге методе, се огледа у следећем:

- Брзина - снимање детаљне тачке траје свега неколико секунди;
- Велика предност ове методе је када се снима терен са малом густином тачака.

Недостатак ове методе се огледа у следећем:

- Не може се мерити у затвореном простору;
- Не може се мерити када постоје препреке између мерног уређаја и сателита (шума, настрешнице објеката, и сл.);
- Тачност значајно опада када је део неба заклоњен објектима.

Када се појаве овакви случајеви, GPS метода се користи у комбинацији са поларном методом. Применом GPS-а се одреде нове тачке геодетске основе и снимање настави тоталном станицом.

6.5.6. Сателитски снимци

Услед веома интензивног развоја технологије за потребе снимања детаља, снимци из сателита имају велики значај и примену у областима геологије, географије, шумарства, пољопривреде, метеорологије, заштите животне средине, просторног планирања, археологије итд.

Сам поступак добијања сателитских снимака базира се на прихватању електромагнетског зрачења помоћу скенера или дигиталних камера монтираних на сателиту. Орбитални сателити су распоређени тако да у одређеном временском периоду сниме читаву површину Земље. Камере су веома квалитетне, тако да су им сензори веома осетљиви на различите спектре електромагнетских таласа.

На основу сателитских снимака се могу добити карте и планови у различитим размерама. Код најкрупнијих размера величина пиксела је око 60 cm, тј. детаљи су сличне тачности као код карата размере 1:5000.

Са сателитских снимака се могу добити геометријске информације: координате тачака, дужине линија, површине фигура и сл.

Анализирањем нијанси сиве боје (црно бели снимак) или нијанси боја (колор снимак), са снимака се могу добити и додатне информације, као што су стање усева, водолежна подручја, типови земљишта, рудна богатства испод површине земље, итд. (слика 6.17.)

Ова област се назива даљинска детекција.



Слика 6.17: Сателитски снимак

7. ГЕОДЕТСКИ ПЛАНОВИ

7.1. Карте

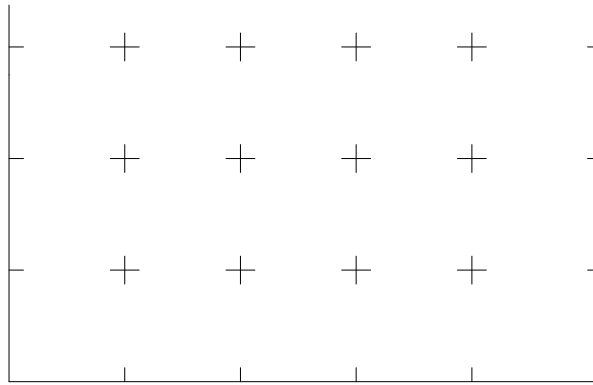
Под географском картом, подразумева се у одређеном односу смањена, математички конструисана и генералисана слика целе земљине површине или њених појединих делова. Карта на посебан графички начин приказује распоред, стање и међусобне односе разних објеката и природних и друштвених појава, одабраних сходно намени карте. Карте се израђују у размерама 1:5000, 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 и ситнијим размерама. Ради боље прегледности топографске карте се израђују у више боја. Хидрографија је уцртана плавом бојом, рељеф браон, вегетација зеленом са топографском ознаком врсте вегетације, саобраћајнице црном итд. Објекти који су снимљени на терену, а због размере се не могу приказати, приказују се пропорционално својој величини топографским знацима. За потребе пројектовања користе се карте крупнијих размера 1:5000 - 1:25 000. Ове карте добијају се топографским премером земљишта и аналогно томе називају се топографске карте.

7.2. Геодетски планови

Геодетски план је веран приказ мањег дела терена са свим објектима који се на њему налазе, израђен у одређеној размери. Геодетски планови на којима је приказана само хоризонтална пројекција називају се катастарски планови. Планови који осим хоризонталне пројекције садрже и висинску представу терена називају се топографски или ситуациони планови. Топографски планови служе као подлоге за разна инжењерска пројектовања. Планови се израђују у размерама 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:2500 и 1:5000, што зависи од намене плана и величине површине коју треба приказати. За потребе разних инжењерских пројектовања користе се и крупније размере као што су 1:100, 1:200 и 1:250. Како геодетски планови служе као подлоге за пројектовање, потребно их је испитати у погледу садржаја. То значи испитати да ли садржај одговара потребама и захтевима пројектовања. Најчешће је потребно допунити висинску представу терена и снимити објекте који су накнадно изграђени и нису уцртани на плану.

Сваки геодетски план, без обзира да ли је катастарски или топографски, има исцртану координатну тј. дециметарску мрежу (слика 7.1.). Дециметарска мрежа служи за наношење тачака по координатама и за графичко читавање координата тачака, када је то потребно.

Код аналогних планова, дециметарска мрежа служи још и за одређивање насталих промена димензија хартије, на којој је исцртан геодетски план.



Слика 7.1: Координатна мрежа геодетског плана

Осим поменутих геодетских планова, постоје и вертикалне пројекције које се називају профили. На овим пројекцијама земљиште је приказано дуж једне линије, у XOZ или ZOY равни. Пројекција где се за линију дуж које се приказује земљиште узима главна осовина објекта у подужном смеру, назива се подужни профил. Подужни профил се израђује у двојној размери

$$1: \frac{100}{1000}, 1: \frac{200}{2000} \text{ и } 1: \frac{500}{5000}$$

Вредност у бројиоцу представља размеру за висине, а у имениоцу размеру за дужине. Пројекција где се за линију дуж које се приказује земљиште узима управна линија на главну осовину објекта, назива се попречни профил. Код попречних профила размера је јединствена и најчешће је 1:50, 1:100, 1:200, 1:250 и 1:500. Подужни и попречни профили служе као основа за детаљна пројектовања. Израђују се на основу података добијених графичким читавањем са геодетских планова или података добијених на основу снимања терена.

7.3. Размера

Линеарна размера

Размера је важан елеменат сваке карте и плана. Сваки део Земљине површи, ма како био мали, не може се представити у својој правој величини на карти или плану, већ мора бити умањен. Дакле, морамо га на неки начин умањити, али тако да одржи сличност детаља на Земљиној површини са одговарајућим детаљем на плану или карти. Овај међусобни квантитативни однос сличности назива се размера.

Размера се дефинише као однос између дужине на плану и њене хоризонталне пројекције у природи. Према томе, размера на геодетским плановима и картама означава колико нека јединица дужине на плану (карти), представља истих таквих јединица у природи. То значи нпр., да за размеру 1:2500 један метар на плану представља 2500 м на терену, односно у природи. Избор јединица је слободан.

Размера се најчешће представља разломком (може бити представљена и графичким размерником или описно). Бројилац је најчешће једнак јединици, а именилац је број који показује колико пута је хоризонтална пројекција неке дужи на плану (карти) смањена. Оваква размера назива се бројна размера. Њена основна карактеристика је да уколико је именилац бројне размере већи, утолико је размера ситнија и обрнуто. Кажемо да је R=1:500 крупнија, у односу на размеру 1:2500, зато што јој је именилац мањи број.

На основу размере, може се за сваку дужину на плану или карти, израчунати колика је хоризонтална дужина у природи и обрнуто.

Размера се изражава у облику разломка:

$$R = \frac{d}{D} \quad (7.1)$$

где је:

d - дужина на плану или карти, и

D - хоризонтална дужина у природи.

Ако именилац и бројилац разломка поделимо са d добићемо:

$$R = \frac{\frac{d}{D}}{\frac{d}{d}} = \frac{1}{M} \quad (7.2)$$

Величина M се назива именилац размере (фактор смањења), а однос 1:M бројчана размера.

Површинска размера

За одређивање површинске размере, полази се од израза 7.1. и 7.2.

$$\begin{aligned} p : P &= 1 : M^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow P &= p \cdot M^2 \end{aligned} \quad (7.3)$$

где је:

p - површина на плану/карти, и

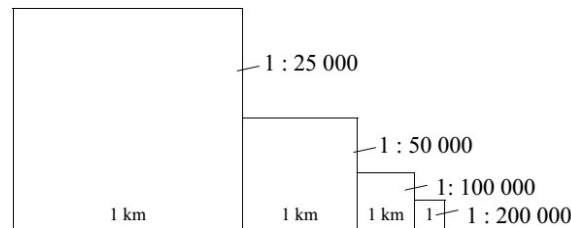
P - површина у природи.

Однос површина исте фигуре на плановима/картама, различитих размера, одређује се према изразима (слика 7.2.):

$$\frac{p_{k1}}{p_{k2}} = \frac{M_1^2}{M_2^2} \Rightarrow \quad (7.4)$$

$$\Rightarrow p_{k1} = p_{k2} \frac{M_1^2}{M_2^2} \quad (7.5)$$

$$\Rightarrow p_{k2} = p_{k1} \frac{M_2^2}{M_1^2} \quad (7.6)$$

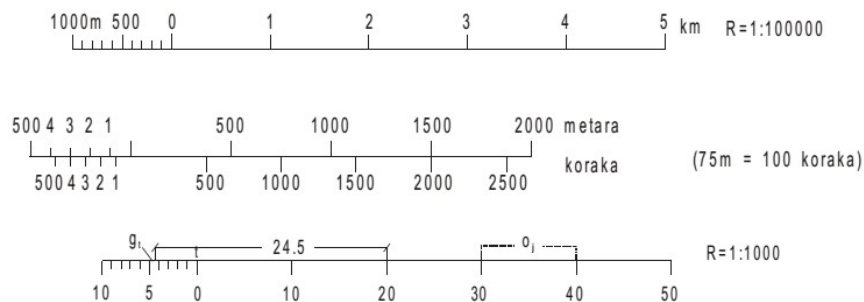


Слика 7.2: Однос површина исте фигуре на плановима/картама различитих размера

Размерници

Поред бројчане мере постоје линеарни и трансверзални размерници, који служе за цртање (картирање) планова и карата у одређеној размери, као и за мерење дужина на плановима и картама.

У суштини, линеарни размерник представља праву линију подељену на низ изабраних делова (слике 7.3.). Изабрана величина једног дела на овој линији узима се за основну јединицу графичке мере. Величина хоризонталне дужине у природи, која одговара основној јединици, мора да износи цео број метара. Ова дужина зове се величина мере.



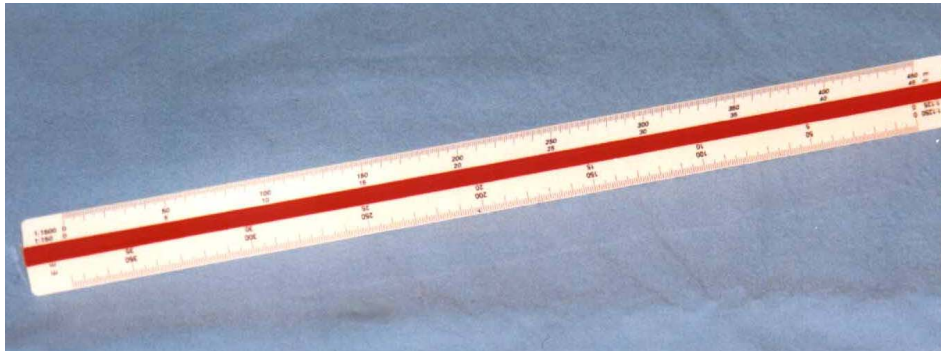
Слика 7.3а: Размерници

На слици 7.3а., уведене су ознаке:

o_j - основна јединица, и

g_t - 0,1 или 0,2 mm графичка тачност мере.

Основна јединица графичке мере на размернику дели се на десет делова величине 1 или 2 mm. Десети део најмањег дела графичке мере, тј. величине 0,1 или 0,2 mm, оцењује се од ока.



Слика 7.3б : Размерник

7.4. Материјали за израду планова

Из физике је познато опште правило да се чврста тела на топлоти шире, а на хладноћи скупљају.

Изузетак од овог правила је хартија. Она се на топлоти скупља, а на хладноћи шири. На овакво понашање хартије утиче влажност ваздуха. Познато је да је ваздух сув на топлоти, а на хладноћи влажан. Влажност ваздуха утиче на промене димензије хартије која упија воду из влажног ваздуха, влакнца хартије бубре, због чега долази до ширења хартије. У обрнутом случају долази до скупљања - усуха хартије.

Због тога се мора водити рачуна о квалитету материјала који служи као подлога за израду геодетског плана.

Основни захтев код избора је да материјал што мање мења димензије при одређеним климатским условима, односно при различитој температури и влажности ваздуха. Данас се као материјали за израду геодетских планова користе:

- цртаћа хартија и
- пластични материјали (фолије).

Цртаћа хартија

Најчешће се користи цртаћа хартија ознаке Scheeler - Hamer, тежине 260 g/m^2 . Она задовољава следеће техничке услове:

- не мења, или врло мало мења, своје димензије при мањим осцилацијама температуре и влажности ваздуха;
- беле је боје, чиста, без икаквих мрља и не жути;
- није крта и не ломи се на прегибима;
- мало је хрпава, односно није глатка ни сјајна;
- добро се радира, а преко тог места може се поново цртати оловком или тушем, без последица на квалитет цртања;
- промена димензије Δl услед спољних утицаја не прелази величину $|\Delta l| = 3 \times 10^{-4} \times l$ или 3mm на 1m.

Највеће промене димензија на цртаћој хартији дешавају се под утицајем влажности ваздуха. Овај утицај може се отклонити или свести на занемарљиве утицаје лепљењем хамера на алуминијумску плочу дебљине 0,2 до 1 mm (најбоље 0,5 mm).

Плоча са налепљеним хамером назива се коректостат.

Цртаћу хартију која се фабрички израђује у таблама, потребно је пре употребе (штампе) разастрети у просторији у којој се црта – штампа, да би се прилагодила условима просторије (+20°C).

Ово нарочито важи за картографски папир $80-120 \text{ g/m}^2$ на којем се врши репродукција планова, односно карата.

Пластични материјали - фолије

Крајем двадесетог века, геодетски планови су се израђивали на листовима од пластичне масе, који су се на тржишту појављивали под различитим називима: астралон, покалон, хостафан, драфтекс, паус папир (користи се и данас) и остали транспарентни пластични материјали.

За ове материјале заједничке основне особине су:

- да су отпорни на утицај температуре и влажност ваздуха;

- да занемарљиво мењају димензије по дужини и ширини при утицају температуре и влажности ваздуха;
- репродукција и умножавање планова је једноставнија у односу на цртаћу хартију;
- да нису запаљиви.

Недостаци су:

- исцртавање цртежа и исписивање назива и бројева је нешто теже него на хартији, јер захтева употребу хемијског туша који се боље лепи (пријања) за пластичну масу;
- неке пластичне фолије (нпр. астралон) после извесног времена постају крте и ломљиве.

7.5. Основни појмови о дигиталном геодетском плану

Дигитални геодетски план (ДГП) је просторни информациони систем који чине четири основне компоненте, и то: подаци, софтвер, хардвер и корисници који обезбеђују прикупљање, обраду, одржавање, анализу и дистрибуцију садржаја.

Према томе, може се закључити да је дигитални геодетски план информациони систем, односно дигитални геодетски план је подсистем геодетског информационог система ГИС-а (члан 3. Уредбе о ДГП-у).

Треба нагласити да се врло често користи израз катастарски план уместо геодетски. Разлика је у следећем:

- катастарски план је увек у размери одређеној правилником (за разлику од планова у другим размерама, рађеним за потребе нпр. урбанистичког планирања) и даје само хоризонталну представу терена;
- катастарски план се налази код Службе за катастар непокретности и она га редовно одржава, што није случај са осталим плановима;
- катастарски план је званичан документ као саставни део катастарског оператa.

Уредба о дигиталном геодетском плану, по тематском садржају разликује следеће теме:

1. геодетску основу;
2. катастарске парцеле;

3. делове катастарских парцела према начину коришћења земљишта;
4. зграде и друге грађевинске објекте;
5. називе и текстуалне описе;
6. катастар водова;
7. просторне јединице;
8. висинску представу терена;
9. топографију;
10. неразврставано.

Дигитални катастарски план састоји се од тема под тачкама 1), 2), 3), 4), 5) и 7).

Дигитални план катастра водова састоји се од тема под тачкама 1), 4), 5) и 6).

Дигитални топографски план састоји се од тема под тачкама 1), 4), 5), 8) и 9) и надземних објеката као дела теме катастра водова.

Табеларно то изгледа овако:

Тема	ДГП	ДКП	ДКП водова	ДТП
Геодетска основа	*	*	*	*
Катастарске парцеле	*	*		
Делови катастарских парцела према начину коришћења земљишта	*	*		
Зграде и други грађевински објекти	*	*	*	*
Називи и текстуални описи	*	*	*	*
Катастар водова	*		*	
Просторне јединице	*	*		
Висинска представа терена	*			*
Топографија	*			*
Неразврставано	*			

Табела 7.1 : Тематски садржај ДГП-а

7.6. Подела на листове - Гаус Кригрова пројекција

7.6.1. Подела на тригонометријске секције

Тригонометријске секције су основа за поделу на листове детаља (плана). Положај листа детаља мора имати тачно одређено место у односу на усвојени државни координатни систем. Тиме сваки лист детаља има и одређене координате почетка и краја по обе координатне осе. Поред тога, сваки лист детаља има и своје обележје (номенклатуру), чији први део носи ознаку тригонометријске секције. Подела на листове обавља се увек на скици полигонске мреже.

Положај тригонометријске секције сваког листа одређује се у оквиру координатног система у коме се налази.

Сваки координатни систем (6 или 7) је подељен на тригонометријске секције.

Тригонометријске секције се образују тако што се у сваком координатном систему повуку паралелне линије са координатним осама, и то паралеле са X-осом на растојању од 22 500 m и паралеле са Y-осом на растојању од 15 000 m, у односу на координатни почетак. На овај начин се добија низ колона и редова, и то 12 колона у шестој зони, које су обележене великим словима латинице од А до L, док су за зону седам образоване још две додатне источне колоне М и N (слика 1.14.).

Редови се обележавају арапским бројевима, почев од броја 1 на најјужнијем делу територије наше земље, односно од усвојеног координатног система за сваку зону, почев од његовог координатног почетка. Тако шеста зона има 36 и седма 42 реда. Оваквом поделом на колоне и редове добијене су тригонометријске секције димензија $22,5 \times 15,0$ km, које имају тачно одређен положај у одговарајућем координатном систему, тј. свака ова секција има координате почетка и краја по обе координатне осе.

Свака секција, поред тога што су јој одређене координате, има и своје обележје (номенклатуру) која се састоји од три ознаке:

- прва је број координатног система (зоне);
- друга је ознака колоне;
- трећа је број реда (На пример 7E29 - општа ознака положаја секције).

Величина корисног простора листа карте тригонометријске мреже четвртог реда у размери 1:25000 износи 90×60 cm, чије су димензије идентичне са тригонометријском секцијом. Поред опште ознаке свака секција има и локалну ознаку која се узима из Списка назива секција. То значи да сваки лист карте и плана, без обзира на размеру, има општу и локалну ознаку.

7.6.2. Подела на листове плана размере 1:5000

Подела на листове планова размере 1:5000 врши се у оквиру тригонометријске секције, тако што се једна тригонометријска секција дели на 10 делова по правцу Y - осе и на 5 делова по правцу X - осе.

Корисни простор планова је 450 мм x 600 мм. Листови се нумеришу бројевима од 1 до 50, по редовима с лева у десно почев од крајњег северо-западног листа.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

О.о.: 7E 29 - 15

Л.о.: Младеновац - 15

Слика 7.4: Подела на листове плана R=1:5000

Листови се означавају општом ознаком која се састоји од ознаке тригонометријске секције и редног броја листа у оквиру тригонометријске секције, и локалном ознаком која се састоји од назива тригонометријске секције и редног броја у оквиру тригонометријске секције (слика 7.4.).

7.6.3. Подела на листове плана размере 1:2500

Подела на листове планова размере 1:2500 врши се у оквиру тригонометријске секције, тако што се једна тригонометријска секција дели на 10 делова по правцу Y - осе и на 10 делова по правцу X - осе.

Корисни простор планова је 900 мм x 600 мм. Листови се нумеришу бројевима од 1 до 100, по редовима с лева у десно почев од крајњег северо-западног листа.

Листови се означавају општом ознаком која се састоји од ознаке тригонометријске секције и редног броја листа у оквиру тригонометријске секције, и локалном ознаком која се састоји од назива тригонометријске секције и редног броја у оквиру тригонометријске секције (слика 7.5.).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

О.о.: 7Е 29 - 66

Л.о.: Младеновац - 66

Слика 7.5: Подела на листове плана $R=1:2500$

7.6.4. Подела на листове плана размере 1:2000

Подела на листове планова размере 1:2000 врши се у оквиру тригонометријске секције, тако што се једна тригонометријска секција дели на 15 делова по правцу Y - осе и на 15 делова по правцу X - осе. Корисни простор планова је 750 mm x 500 mm. Листови се нумеришу бројевима од 1 до 225, по редовима с лева у десно почев од крајњег северо-западног листа.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195
196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225

О.о.: 7Е 29 - 188

Л.о.: Младеновац – 188

Слика 7.6: Подела на листове плана $R=1:2000$

Листови се означавају општом ознаком која се састоји од ознаке тригонометријске секције и редног броја листа у оквиру тригонометријске секције, и локалном ознаком која се састоји од назива тригонометријске секције и редног броја у оквиру тригонометријске секције (слика 7.6.).

7.6.5. Подела на листове плана размере 1:1000

Основу за поделу на листове плана размере 1:1000 чине листови плана размере 1:5000, тако што се спајају два листа размере 1:5000 из истог реда, и то западни лист са непарним бројем и источни лист који носи паран број.

Спојени листови размере 1:5000 деле се на 5 делова по правцу Y - осе и на 5 делова по правцу X - осе.

Корисни простор планова је 900 mm x 600 mm. Листови се нумеришу бројевима од 1 до 25, по редовима с лева у десно, почев од крајњег северо-западног листа.

Листови се означавају општом ознаком која се састоји од ознаке тригонометријске секције, редних бројева листова размере 1:5000 и редног броја листа у оквиру два спојена листа размере 1:5000 и локалном ознаком која се састоји од назива тригонометријске секције, редних бројева листова размере 1:5000 и редног броја листа размере 1:1000 (слика 7.7.).

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

О.о.: 7E 29 - 15,16 - 18

Л.о.: Младеновац - 15,16 - 18

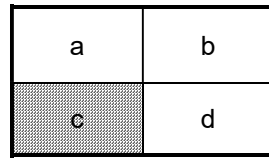
Слика 7.7: Подела на листове плана R=1:1000

7.6.6. Подела на листове плана размере 1:500

Основу за поделу на листове плана размере 1:500 чине листови плана размере 1:1000, тако што се лист дели на 2 дела по правцу Y, и на 2 дела по правцу X - осе.

Корисни простор планова је 900 mm x 600 mm. Листови се означавају словима абедице, с лева у десно почев од крајњег северо-западног листа.

Листови се означавају општом ознаком која се састоји од опште ознаке листа размере 1:1000 и ознаке листа размере 1:500, и локалном ознаком која се састоји од локалне ознаке листа размере 1:1000 и ознаке листа 1:500 (a, b, c или d) (слика 7.8.).



О.о.: 7E 29 - 15,16 - 18 - c

Л.о.: Младеновац 15,16 - 18 - c

Слика 7.8: Подела на листове плана R=1:500

7.6.7. Подела на скице детаља

Скице детаља израђују се на квалитетном цртаћем папиру који је налепљен на чврсту подлогу.

Приближна размера скица детаља је по правилу иста као размера планова. Скице детаља се могу израђивати и у два пута крупнијој размери од размера планова, код детаља са већом густином.

Димензије скица детаља су 50 cm x 35 cm. Корисни простор скица детаља за планове размере 1:2000 износи 37.5 cm x 25.0 cm, док за планове размера 1:500, 1:1000, 1:2500 и 1:5000 износи 45.0 cm x 30.0 cm.

Један лист плана може бити подељен на 2, 4, 8 или 16 скица детаља.

Оквир корисног простора скица детаља, извлачи се црвеном линијом дебљине 0.5 mm. Унутар корисног простора исцртава се квадратна координатна мрежа, црвеном тачкастом линијом дебљине 0.2 mm, са странама квадрата 50 mm (за корисни простор скица 450 mm x 300 mm) или 25 mm (за корисни простор скица 375 mm x 250 mm).

Скице детаља за снимање ортогоналном или поларном методом садрже:

- спољашњи опис,
- координатну мрежу,
- тачке геодетске основе,

- цртеже и податке свих граница и топографских објеката који се снимају, и
- податке описног карактера.

Десна и доња маргина скице служе за повезивање детаља са суседним скицама.

Скице детаља се нумеришу у оквиру листа плана (без обзира да ли садрже детаљ или не), по редовима полазећи од крајњег северо-западног дела плана идући са лева на десно. Бројеви скица пишу се у виду разломка. У бројиоцу се пише редни број скице у оквиру листа плана, а у имениоцу редни број листа плана у оквиру катастарске општине.

По завршетку радова, све скице добијају нове, евиденцијске бројеве. Пошто се све скице поређају по растућим бројевима скица у оквиру сваког листа плана, а затим поређају по растућим бројевима планова, добијају евиденцијске бројеве од 1 па надаље.

Опис скица детаља садржи:

- назив Република Србија,
- назив општине,
- назив катастарског среза,
- назив катастарске општине,
- приближну размеру скице,
- број скице детаља,
- везу са суседним скицама детаља, и
- шематски приказ положаја скице у оквиру плана.

Сва исцртавања и исписивања на скицама детаља морају бити у сагласности са одредбама Топографског кључа. Границе парцела, култура и објеката морају се исцртавати црним тушем. Подаци о носиоцу права се, на скицама детаља, уписују на тај начин што се црним тушем у оквиру парцеле уписује почетно слово презимена или назива носиоца права и његов редни број из Азбучног прегледа власника, носилаца права коришћења или држаоца непокретности (нпр. Б12) са висином слова и броја 5 мм.

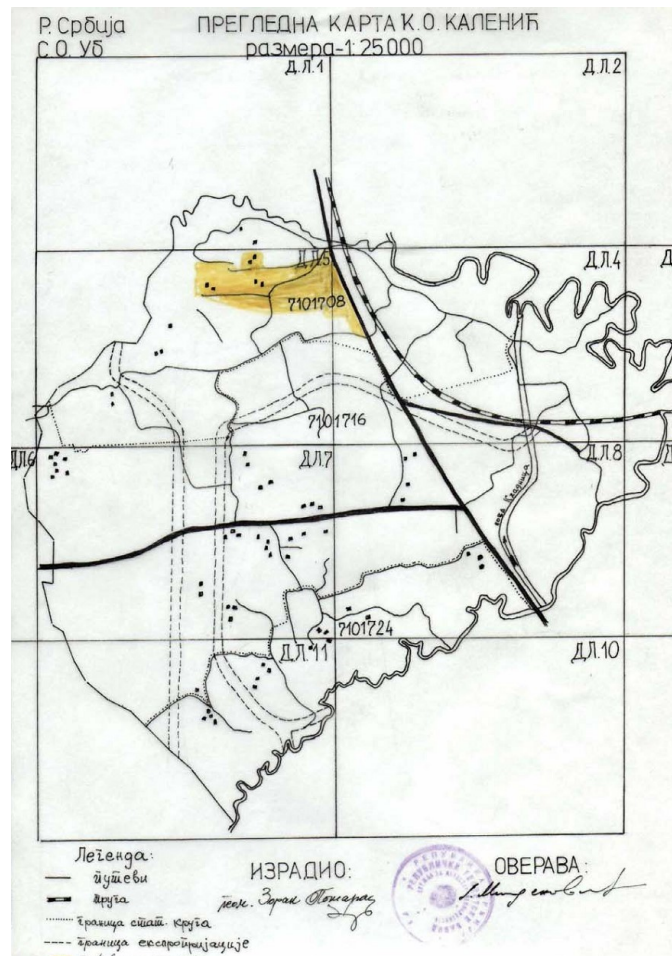
7.6.8. Нумерисање листова у оквиру катастарске општине

Најпре наведимо дефиниције појмова катастарска општина и радилиште.

Катастарска општина је основна катастарска територијална јединица за премер земљишта и израду катастарског елабората. По правилу, она обухвата сва земљишта на подручју једног насељеног места (села, града).

Једна или више катастарских општина које се истовремено премеравају, називамо радилиште.

Поред номенклатуре, која означава положај листа у координатном систему, сваки детаљни лист добија и свој редни број у оквиру катастарске општине. Листови детаља нумеришу се у оквиру катастарске општине по редовима с лева у десно, почев од најсевернијег дела одговарајуће размене, а у другом реду с десна у лево и тако редом до последњег реда (слика 7.9.).



Слика 7.9: Део прегледне карте КО Каленић, општина УБ

Ако се у катастарској општини планови израђују у више размера, листови детаља се нумеришу поступно почевши од најкрупније размере. Када се заврши нумерисање у најкрупнијој размери, прелази се на нумерисање у ситнијој размери и тако редом. Нумерисање у ситнијој размери врши се истим поступком почевши од најсевернијег реда, а нумерација тече континуирано. Нпр. у $R=1:1000$ нумерисање листа је завршено са бројем 27, наредним бројем 28 започињемо нумерисање листа у $R=1:2500$, итд.

Ако се снимање детаља врши у различитим годинама и у различитим размерама, листови детаља се нумеришу прво за ону размеру која се пре ради.

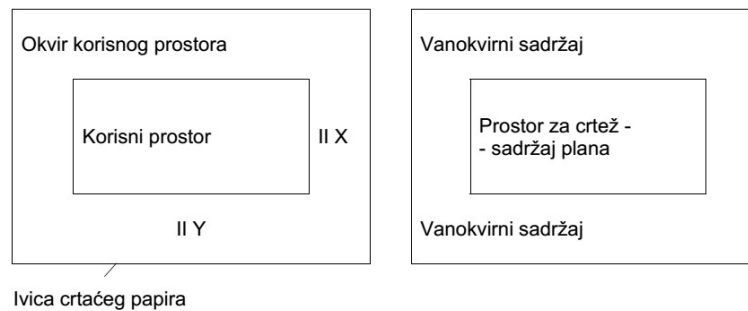
Важно је знати да се нумеришу само листови на које пада детаљ одређене катастарске општине. Ако на листу пада више катастарских општина, ти листови добијају бројеве и то сваки посебно у оквиру припадајуће катастарске општине.

Ова трећа номенклатура листа (у оквиру КО) служи за идентификацију парцела на листу у оквиру катастарске општине, јер се катастарске парцеле нумеришу у оквиру катастарске општине, почев од броја 1 па надаље до последње парцеле.

Допунски листови детаља нумеришу се после листа у нормалном распореду, почев од наредног броја иза броја последњег листа нормалног распоред, и то истим поступком у виду геодетске спирале.

7.6.9. Координатна мрежа - намена и изглед

Положај сваког листа, на коме ће се исцртати садржај геодетског плана, мора имати тачно дефинисано место и положај у односу на државни координатни систем. Да би се дефинисао положај сваког листа, потребно је одредити координате почетка и краја по једној и другој координатној оси. То значи да сваки лист има димензије свог оквира - корисног простора, који зависи од размере плана. Дакле, садржај плана се картира и исцртава унутар оквира корисног простора (слика 7.10.).



Слика 7.10: Изглед листа плана

Само у изузетним случајевима цртеж плана може да пређе и на белину, и то у случају када се ради о малом делу детаља који може да стане на белину и да се уједно ту завршава детаљ, нпр. граница општине. Ваноквирни простор служи за спољни опис плана.

Оквир и мрежа квадрата и правоугаоника чине, тзв. координатну мрежу, која је у ствари, математичка основа за израду плана.

Изглед координатне мреже зависи од размере листа. Тако је на плану размере 1:5000 координатна мрежа: оквир листа по Y-оси 45 cm, а по X-оси 60 cm, док мрежу квадрата чине стране величине од по 5 cm.

Планови размере 1:2500 имају координатну мрежу: оквир листа по Y-оси 90 cm, а по X-оси 60 cm, док мрежу квадрата чине квадрати величине од по 10 cm.

Размера плана	Величина корисног простора		Величина корисног простора у природи		Површина листа у размери (ha)
	по x-оси (cm)	по y-оси (cm)	по x-оси (m)	по y-оси (m)	
1:5000	60	45	3000	2250	675
1:2500	60	90	1500	2250	337.5
1:2000	50	75	1000	1500	150
1:1000	60	90	600	900	54
1:500	60	90	300	450	13.5

Табела 7.2: Преглед величине корисног простора и површине плана

Планови размере 1:2000 имају оквир корисног по Y-оси 75 cm, а по X-оси 50 cm. Координатна мрежа се састоји из дециметарских квадрата и једне колоне, са леве или десне стране, која је у облику правоугаоника, са странама паралелним X-оси 5 cm, а Y-оси 10 cm.

Планови размере 1:2500, 1:1000 и 1:500, имају координатну мрежу: оквир листа по Y-оси 90 cm, а по X-оси 60 cm, док мрежу квадрата чине квадрати величине од по 10 cm.

7.7. Подела на листове - UTM пројекција

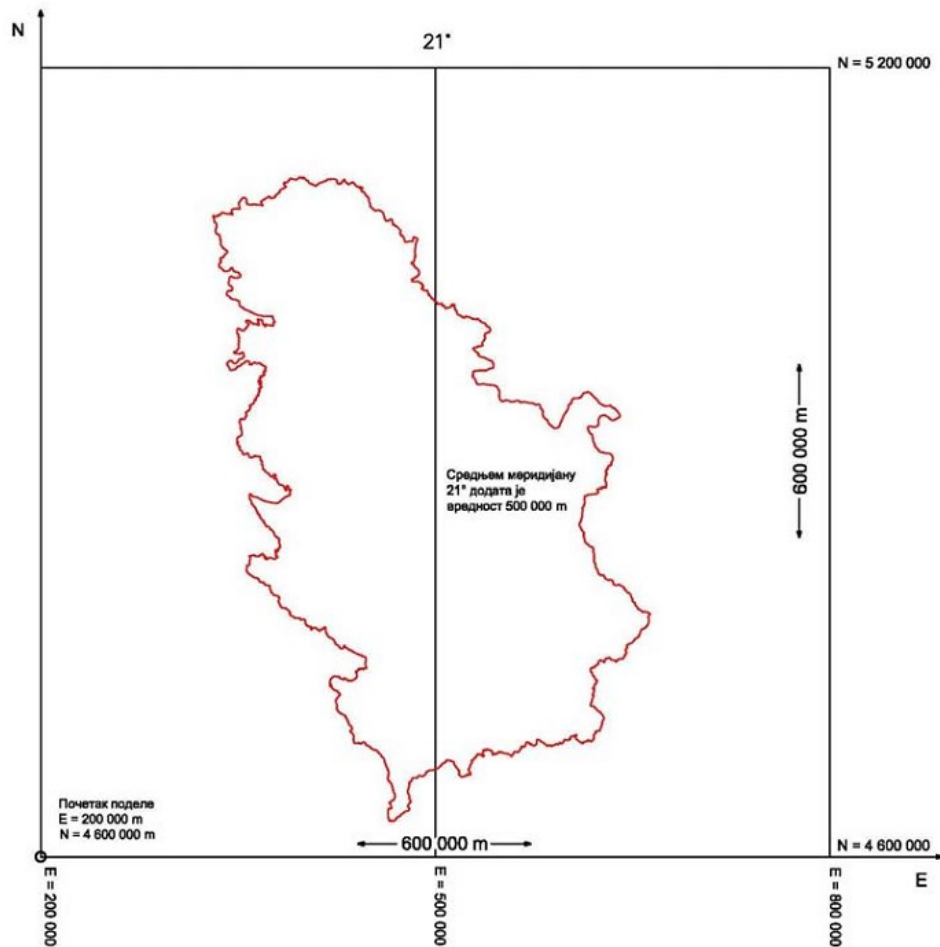
7.7.1. Основа за поделу на листове

Подела на листове карата и планова врши се у равни државне пројекције STRS00/UTM и укључује службене размере топографских карата: 1:250000, 1:100000, 1:50000 и 1:20000, 1:10000 и 1:5000, дигиталног ортофотоа 1:5000,

1:2500 и 1:1000, и листова планова 1:5000, 1:2500, 1:1000 и 1:500. Величина листа карте, ортофотоа, односно плана, једнака је за све размере и износи 600 x 400 mm.

Топографске карте, катастарски планови, топографски планови, планови водова и дигитални ортофото, имају исту поделу и ознаку за одређену размеру.

Почетак подручја поделе на листове је тачка са координатама $E=200000$ m и $N=4600000$ m, која се налази у доњем левом углу поделе (слика 7.11.). Подручје поделе обухвата по источној координати подручје од $E=200000$ m до $E=800000$ m (ширина 600000 m) и по северној координати подручје од $N=4600000$ m до $N=5200000$ m (600000 m). Колоне се означавају од почетка поделе ка истоку од E_1 до E_n , а редови од почетка поделе ка северу од N_1 до N_n .



Слика 7.11: Подручје поделе на листове

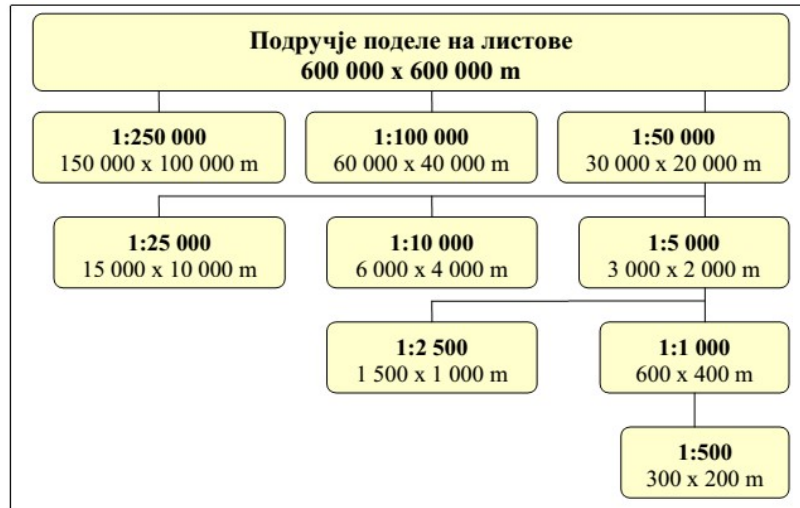
Подела на листове за размере 1:250 000, 1:100 000 и 1:50 000 добија се дељењем подручја поделе.

Подела на листове за размере 1:25 000, 1:10 000 и 1:5 000 изводи се из размере 1:50 000.

Подела на листове за размере 1:2 500 и 1:1 000 изводи се из размере 1:5 000.

Подела на листове за размеру 1:500 изводи се из размере 1:1 000.

На слици 7.12. је приказана хијерархија поделе на листове.

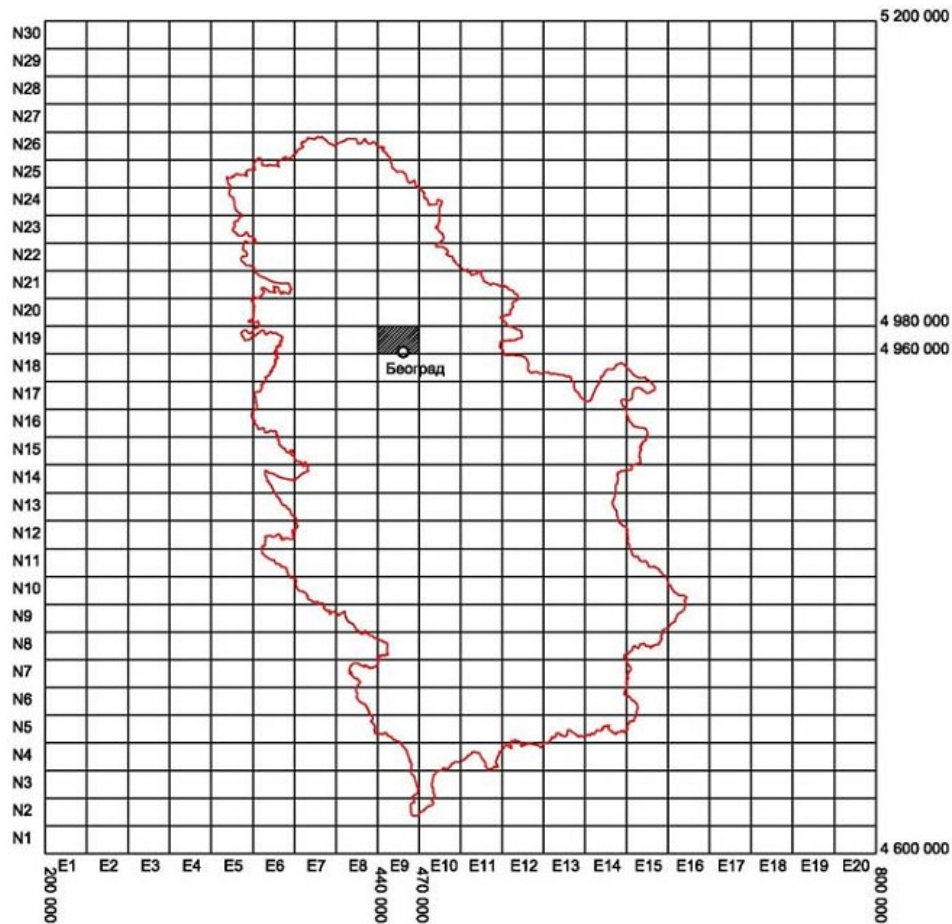


Слика 7.12: Хијерархија поделе на листове

7.7.2. Подела на листове плана размере 1:50 000

Листови топографске карте размере 1:50 000 добијају се дељењем подручја поделе на 20 колона (од E_1 до E_{20}) и 30 редова (од N_1 до N_{30}). Димензија једног листа је 30 000 m по хоризонталној оси Е и 20 000 m по вертикалној оси N (слика 7.13.).

Ознака листа топографске карте размере 1:50 000 састоји се од: ознаке размере 50k, ознаке колоне и ознаке реда.



Слика 7.13: Подела на листове размере 1:50 000

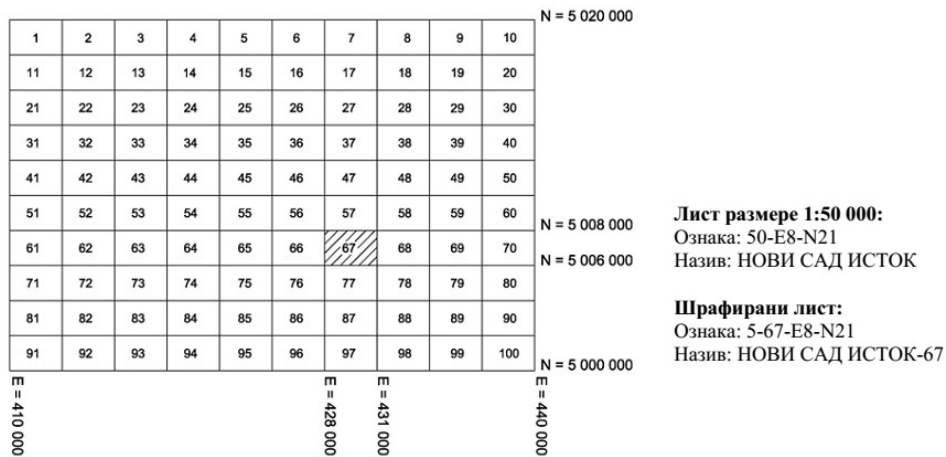
7.7.3. Подела на листове плана размере 1:5 000

Подела на листове размере 1:5 000 изводи се из листа размере 1:50 000, тако што се лист размере 1:50 000 дели на 100 листова размере 1:5 000 (10 редова и 10 колона).

Димензија једног листа размере 1:5 000 је 3 000 m по хоризонталној оси E и 2 000 m по вертикалној оси N.

Листови размере 1:5 000 добијају ознаке од 1 до 100 унутар листа размере 1:50 000 почевши од горњег левог листа до доњег десног листа по редовима (слика 7.14.).

Ознака листа основне државне карте, катастарског плана, топографског плана, плана водова и дигиталног ортофотоа размере 1:5 000 састоји се од: ознаке размере 5k, броја листа 5k у оквиру листа 50k, ознаке колоне и реда листа 50k.



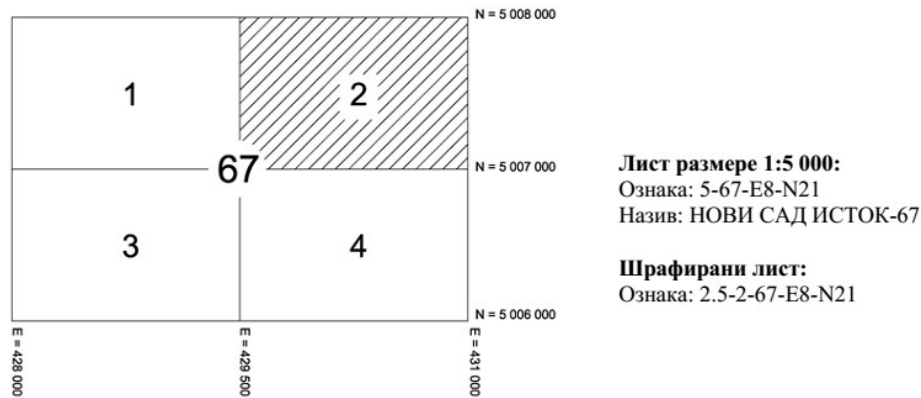
Слика 7.14: Подела листа размере 1:50 000 на листове размере 1:5 000

7.7.4. Подела на листове плана размере 1:2500

Подела на листове размере 1:2 500 изводи се из листа размере 1:5 000 тако што се лист размере 1:5 000 дели на четири листа размере 1:2 500 (два реда и две колоне).

Димензија једног листа размере 1:2 500 је 1 500 m по хоризонталној оси E и 1 000 m по вертикалној оси N. Листови размере 1:2 500 добијају ознаке од 1 до 4 унутар листа размере 1:5 000, почевши од горњег левог листа до доњег десног листа по редовима (слика 7.15.).

Ознака листа катастарског плана, топографског плана, плана водова и дигиталног ортофотоа размере 1:2 500 састоји се од: ознаке размере 2.5k, броја листа 2.5k у оквиру листа 5k, броја листа 5k и ознаке колоне и реда листа 50k.



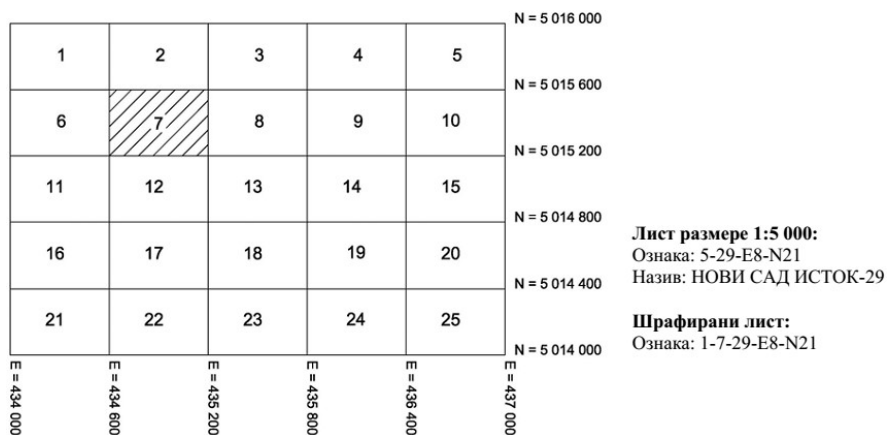
Слика 7.15: Подела листа размере 1:5 000 на листове размере 1:2 500

7.7.5. Подела на листове плана размере 1:1 000

Подела на листове размере 1:1 000 изводи се из листа размере 1:5 000, тако што се лист размере 1:5 000 дели на 25 листова размере 1:1 000 (пет редова и пет колона).

Димензија једног листа размере 1:1 000 је 600 m по хоризонталној оси E и 400 m по вертикалној оси N. Листови размере 1:1 000 добијају ознаке од 1 до 25 унутар листа размере 1:5 000, почевши од горњег левог листа до доњег десног листа по редовима (слика 7.16.).

Ознака листа катастарског плана, топографског плана, плана водова и дигиталног ортофотоа размере 1:1 000 састоји се од: ознаке размере 1k, броја листа 1k у оквиру листа 5k, броја листа 5k и ознаке колоне и реда листа 50k.



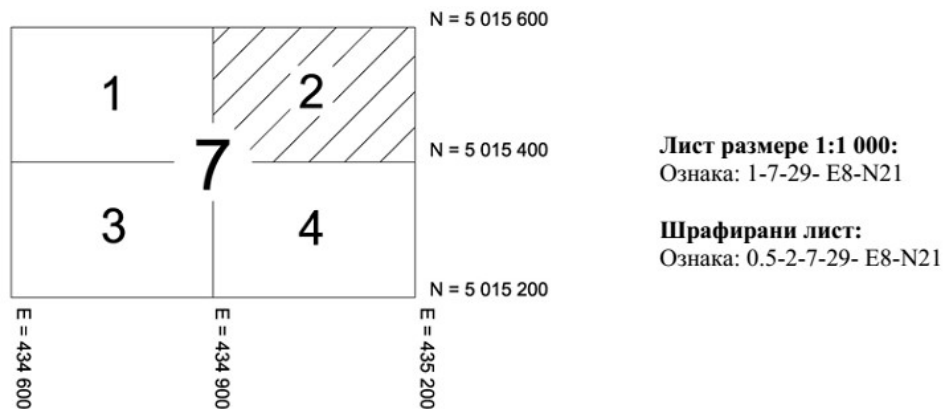
Слика 7.16: Подела листа размере 1:5 000 на листове размере 1:1 000

7.7.6. Подела на листове плана размере 1:500

Подела на листове размере 1:500 изводи се из листа размере 1:1 000 тако што се лист размере 1:1 000 дели на четири листа размере 1:500 (два реда и две колоне).

Димензија једног листа размере 1:500 је 300 m по хоризонталној оси Е и 200 m по вертикалној оси N. Листови размере 1:500 добијају ознаке од 1 до 4 унутар листа размере 1:1 000, почевши од горњег левог листа до доњег десног листа по редовима (слика 7.17.).

Ознака листа катастарског плана, топографског плана и плана водова размере 1:500 састоји се од: ознаке размере 0.5k, броја листа 0.5k у оквиру листа 1k, броја листа 1k у оквиру листа 5k, броја листа 5k и ознаке колоне и реда 50k.



Слика 7.17: Подела листа размере 1:1 000 на листове размере 1:500

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беговић, А.: Инжењерска геодезија 2, Научна књига, Београд, 1990.
- [2] Божић, Б.: Обрада и анализа података геодетских мерења 2, Грађевински факултет, Београд, 2007.
- [3] Божић, Б., Томић, С.: Технике геодетских мерења 2, Виша грађевинско-геодетска школа, Београд, 2007.
- [4] Борисов, М., Банковић, Р.: Нова службена картографска пројекција Србије, ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК, Vol. LX, No. 1, 2012.
- [5] Врачарић, К., Алексић, И., Гучевић Ј.: Геодетски премер. Републички геодетски завод, Београд, 2011.
- [6] Врачарић, К., Алексић, И.: Практична геодезија. Привредно друштво за картографију, Београд, 2007.
- [7] Закон о државном премеру и катастру ("Службени гласник РС", број 72/2009, 18/2010, 65/2013, 15/2015 – Одлука УС РС и 96/2015), 2015.
- [8] Инструкција за израду и одржавање геодетске основе за снимање детаља, РГЗ, 1997.
- [9] Континић, С.: Геодезија, Привредни преглед, Београд, 1995.
- [10] Ласић, З.: Геодетски инструменти, Геодетски факултет, Загреб, 2007.
- [11] Ласић, З.: Практични рад са геодетским инструментима, Геодетски факултет, Загреб, 2008.
- [12] Лисец, А.: Vpliv izbranih dejavnikov na tržno vrednost zemljišč v postopku množičnega vrednotenja kmetijskih zemljišč, Докторска дисертација, Универзитет у Љубљани, Љубљана, 2007.
- [13] Маринковић, Г.: Примењена геодезија, Скрипта, Геодетска техничка школа, Београд, 2002.
- [14] Мијановић, М., Глигорић, В.: Размеђавање и развој имовинско правних односа кроз историју, Геодетска служба бр. 121., РГЗ, Београд, 2016.
- [15] Милосављевић, З.: Геодетско снимање детаља, Виша грађевинско-геодетска школа, Београд, 2010.
- [16] Михајловић, К., Врачарић, К.: Геодезија 1, Грађевинска књига, Београд, 1989.
- [17] Правилник о подели на листове карата и планова у државној пројекцији, РГЗ, 2012.
- [18] Трифковић, М.: Геодетски планови, Виша грађевинско-геодетска школа, Београд, 2003.
- [19] Уредба о примени технологије глобалног позиционог система у оквиру премера непокретности, РГЗ, 2002.
- [20] Цапо, М.: Измјера земљишта, Геодетски факултет, Загреб, 2008.
- [21] Шимић, З.: Геодезија 2, Геодетска техничка школа, Загреб, 2015.