



Ref. nr. 2572/2

Prishtinë 25/11/2019

Formulari F3

**RAPORT VLERËSIMI TË DORËSHKRIMIT TË PUNIMIT TË DIPLOMËS
MASTER**

FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT				
Vendimi i Këshillit të FIN-it	Nr.	3810/1	Date	25.06.2019
Komisioni vlerësues sipas vendimit të këshillit	1.	Prof.Dr. Ismail Kabashi	Kryetar	
	2.	Prof.Dr. Bashkim Idrizi	Mentor	
	3.	Prof.Dr. Përparim Ameti	Anëtar	
Emri i projekt propozimit i miratuar sipas vendimit të këshillit të FIN.	"Evoluimi tekniko teknologjik i pajisjeve gjeodezike për matje terestrike"			
Vlerësimi i dorëshkrimit				
<p>Bazuar në rregulloren për studime Master të UP, Komisioni për vlerësim të diplomës master së temës me titull "Evoluimi tekniko teknologjik i pajisjeve gjeodezike për matje terestrike" të nivelit të studimeve Master të kandidatit Atdhe Buzhala, Bachelor i Gjeodezisë, programi studimor Gjeodezi, pas analizës së dorëshkrimit të punimit të diplomës master të dorëzuar nga kandidati, dhe konsultimeve paraprake, komisioni paraqet këtë :</p> <p style="text-align: center;">RAPORT</p> <p>Në dorëshkrimin e punimit të diplomës master të dorëzuar nga kandidati Atdhe Buzhala, me titull: "Evoluimi tekniko teknologjik i pajisjeve gjeodezike për matje terestrike" është prezantuar një përmbajtje e dorëshkrimit të punimit master e zbërthyer në këta kapituj :</p>				



Ref. nr. _____

Prishtinë ____/____/____

- **Hyrje**

Kandidati ka shpeguar metoden e hulumtimit që ka bërë.

Evolucioni i instrumenteve gjeodezike, veçanërisht atyre që përdoren për matje terestrike, rolin në avancimin e gjeodezisë si shkencë dhe në zhvillimet teknologjike që pasojnë. Punim fokusohet në analizën e zhvillimit tekniko-teknologjik të këtyre instrumenteve, duke shqyrtuar kontributin e tyre në përmirësimin e saktësisë dhe efikasitetit të matjeve në fushën e gjeodezisë. Kandidati përmes këtij punimi ka analizuar sesi kanë evoluar pajisjet nga ato më primitive në ato dixhitale dhe si këto përparime kanë ndikuar në fushën e inxhinierisë dhe ndërtimit. Punimi është i ndarë në disa seksione kryesore, ku secila trajton një aspekt të ndryshëm të evolucionit dhe përdorimit të instrumenteve gjeodezike:

- **Historia dhe nevoja për instrumentet dhe matjet gjeodezike:** Në këtë pjesë kandidati ka trajtuar zanafillën e nevojës për matje dhe instrumentet e para që janë përdorur për matje gjeodezike. Këtu ajnë analizuar sfidat e para që kanë çuar në krijimin e metodave të matjes dhe pajisjeve primitive për të zgjidhur problemet që paraqiteshin në ndërtim dhe navigacion.
- **Instrumentet gjeodezike terestrike – Teodoliti, Gjatësimatësi, Takiometrat:** Kapitujt 3, 4 dhe 5 janë kapituj është fokusuar në klasifikimin dhe karakteristikat e instrumenteve gjeodezike që përdoren për matje terestrike. Përfshihen teodolitët, nivelat optike dhe dixhitale, takeometrat dhe gjatësimatësit elektronikë. Janë diskutuar për mënyrat se si këto instrumente kanë kontribuar në përmirësimin e matjeve në projekte topografike dhe ndërtimore. Zhvillimi tekniko-teknologjik ajnë trajtuar evolucionin i teodolitëve, që nga teodolitët mekanikë e deri te ato dixhitale. Janë shqyrtuar ndryshimet teknike që kanë ndodhur në dizajnin dhe përdorimin e këtyre instrumenteve, si dhe ndikimi i tyre në përmirësimin e matjeve këndore.

-



UNIVERSITETI I PRISHTINËS
"HASAN PRISHTINA"
UNIVERSITY OF PRISTINA
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT – CIVIL ENGINEERING FACULTY
Rr. Agim Ramadani, Ndërtesa e "Fakulteteve Teknike", 10000 Prishtinë, Kosovë
Tel: +383 38 554 899 URL: <https://fin.uni-pr.edu> e-mail: fin@uni-pr.edu

Ref. nr. _____

Prishtinë ____/____/____

- **Sistemet Laserike Terrestrike:** Kandidati në këtë pjesë është përqendruar në zhvillimin e skanerëve laserik dhe aplikimin e tyre në fushën e rilevimit gjeodezik. Ka folur për avantazhet e skanimit laserik në krijimin e modeleve 3D të terrenit dhe objekteve inxhinierike, si dhe përdorimi i kësaj teknologjie në dokumentimin dhe ruajtjen e trashëgimisë kulturore dhe mundësi e përdorimit të mëtutjeshem.
- **Në përfundim,** kandidati ka bërë një përmbledhje të përparësive që kanë sjellë teknologjitë e reja në fushën e gjeodezisë, duke vlerësuar rëndësinë e tyre për zhvillimet e ardhshme. Përmes këtij studimi, kandidati ka argumentuar se si evolucionet teknologjike kanë ndikuar pozitivisht në gjeodezi, gjeoinformacion, saktësi, koherencë dhe si mund të pritët që teknologjitë e reja të ndryshojnë këto fusha edhe më tej.

Data e hartimit/nënshkrimit të raportit: _____

Komisioni Vlerësues:

1. _____
Prof. Dr. Ismail Kabashi – kryetar

2.
Prof. Dr. Bashkim Idrizi – mentor

3.
Prof. Dr. Perparim Ameti – anëtarë

“Technical and technological evolution of geodetic equipment for terrestrial measurement”.

Atdhe Buzhala



Faculty of Civil Engineering
Geodesy Department

UNIVERSITETI I PRISHTINË "HASAN PRISHTINA"
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
PRISHTINË

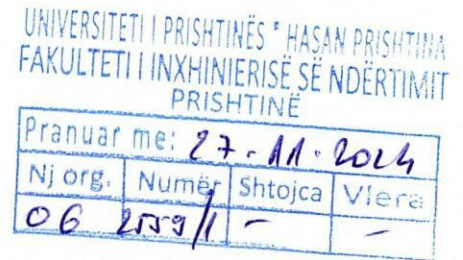
Pranuar me: 27. 11. 2023			
Nj.org.	Numër.	Shtojca	Vlera
06	2559/1	-	-

ABSTRACT

The technical-technological evolution of geodetic equipment for terrestrial measurement is an important field within geodesy, which has evolved from primitive methods and instruments to advanced technologies, becoming a discipline of technique that is interconnected with engineering and other sciences. This study of the shape of the history and technology of geodetic equipment, analyzing the need for this issue since antiquity and their technology have passed the passage of time. This is an instrument from early sticks and goniometers to modern global positioning systems (GPS) and their laser technologies, which have increased their accuracy and efficiency. The evolution of technologies has been discovered to solve the challenges of engineering, cartography and land management, being used in ways of environmental extension, urban planning and territory administration. The study also changes the integration of geodesy with other disciplines, such as photograms and laser scanning, emphasizing the importance of this discipline in its special and innovative care for the complex of modern societies.



Fakulteti i Inxhinierisë së Ndërtimit
Departamenti i Gjeodezisë



ABSTRAKT

Evoluimi tekniko-teknologjik i paisjeve gjeodezike për matje terestrike përbën një fushë të rëndësishme brenda gjeodezisë, e cila ka evoluar nga metoda dhe instrumente primitive në teknologji të avancuara, duke u bërë një disiplinë gjithnjë e më e ndërlidhur me inxhinierinë dhe shkencat e tjera. Ky studim trajton zhvillimin historik dhe teknologjik të paisjeve gjeodezike, duke analizuar nevojën për matje të sakta që nga lashtësia dhe përmirësimet që kanë ndodhur me kalimin e kohës. Kjo përfshin zhvillimin e instrumenteve që nga shkopinjtë dhe goniometrat e hershëm deri te sistemet moderne të pozicionimit global (GPS) dhe teknologjitë e bazuara në lazer, të cilat kanë rritur saktësinë dhe efikasitetin e matjeve. Evoluimi i këtyre teknologjive është thelbësor për zgjidhjen e sfidave inxhinierike, hartografike dhe menaxhimit të tokës, duke u përdorur në mënyrë të gjerë në ndërtimin e infrastrukturës, planifikimin urban, dhe administrimin e territorit. Studimi gjithashtu shqyrton integrimin e gjeodezisë me disiplina të tjera, si fotogrametria dhe skanimi me lazer, duke theksuar rëndësinë e kësaj discipline në zhvillimin e zgjidhjeve të sakta dhe inovative për nevojat komplekse të shoqërisë moderne.

UNIVERSITETI I PRISHTINËS “HASAN PRISHTINA”
FAKULTETI I INXHINIERISË SË NDËRTIMIT



PUNIM DIPLOME:

Evoluimi tekniko teknologjik i paisjeve gjeodezike per matje terestrike

Mentori i lëndës:

Prof. Asoc. Dr. Bashkim IDRIZI

Kandidati:

Atdhe Buzhala

Prishtinë, 2024

Mentor : Prof. Asoc. Dr. Bashkim Idrizi

e-mail: bashkim.idrizi@uni-pr.edu

Universiteti i Prishtinës

Fakulteti i Ndërtimtarisë

www.uni-pr.edu

Anëtarë të komisionit :

1. Prof. Asoc. Dr. Bashkim Idrizi , Prishtinë
2. Prof. As. Dr. Ismail Kabashi , Prishtinë
3. Prof. Asoc. Dr. Përparim Ameti , Prishtinë

Data e mbrojtjes: _____

Parahyrje:

*Ky dokument përshkruan punën e ndërmarrë si pjesë e programit
studimor , Fakulteti i Ndërtimtarisë në Universitetin e Prishtinës
“Hasan Prishtina” .*

*Të gjitha pikëpamjet dhe opinionet e shprehura në këtë punim mbeten
si përgjegjësi e studentit dhe jo domosdoshmërishtë e Profesorit apo
Fakultetit.*

FALËNDERIM

Falënderimet e mia të singerta për Prof. As. Dr. Bashkim Idrizin me të cilin kam biseduar dhe pranuar këshilla e sugjerime çdo herë e për çdo gjë si gjatë punimit të diplomës ashtu edhe gjatë studimeve. Po ashtu dua të falënderoj të gjithë stafin Akademik të Departamentit të Gjeodezisë për punën e palodhshme kushtuar këtij programi studimor. Falënderim për kolegët, shokët e miqtë për përkrahjen, këshillat, dhe bashkëpunimin. Falënderime të veçanta për familjen të cilët më mbështetën në sukseset e mia.

ABSTRAKT

Evoluimi tekniko-teknologjik i paisjeve gjeodezike për matje terestrike përbën një fushë të rëndësishme brenda gjeodezisë, e cila ka evoluar nga metoda dhe instrumente primitive në teknologji të avancuara, duke u bërë një disiplinë gjithnjë e më e ndërlidhur me inxhinierinë dhe shkencat e tjera. Ky studim trajton zhvillimin historik dhe teknologjik të paisjeve gjeodezike, duke analizuar nevojën për matje të sakta që nga lashtësia dhe përmirësimet që kanë ndodhur me kalimin e kohës. Kjo përfshin zhvillimin e instrumenteve që nga shkopinjtë dhe goniometrat e hershëm deri te sistemet moderne të pozicionimit global (GPS) dhe teknologjitë e bazuara në lazer, të cilat kanë rritur saktësinë dhe efikasitetin e matjeve. Evoluimi i këtyre teknologjive është thelbësor për zgjidhjen e sfidave inxhinierike, hartografike dhe menaxhimit të tokës, duke u përdorur në mënyrë të gjerë në ndërtimin e infrastrukturës, planifikimin urban, dhe administrimin e territorit. Studimi gjithashtu shqyrton integrimin e gjeodezisë me disiplina të tjera, si fotogrametria dhe skanimi me lazer, duke theksuar rëndësinë e kësaj discipline në zhvillimin e zgjidhjeve të sakta dhe inovative për nevojat komplekse të shoqërisë moderne.

Përmbajtja

1.0	Hyrje	9
2.0	Historia dhe nevoja për paisjet dhe matjet gjeodezike.....	10
3.0	Teodoliti	19
3.1	Ndërtimi i teodolitit.....	20
3.1.1	Dylbia.....	22
3.1.2	Alhidada.....	22
3.1.3	Libela	23
3.2	Teodoliti mekanik	28
3.3	Korrigjimi i pozicionit të indeksit të rrethit vertikal (limbit).....	30
3.4	Indeksi për leximin e rrethit vertikal.....	31
3.4.1	Kompensatori me lëng	33
3.4.2	Elementet optike me luhatje – Kompensatori mekanik	34
3.4.3	Kompensatorët me lavjerrës	35
3.4.4	Kompensatorët me devijim të detyruar.....	36
3.5	Horizontimi automatik i indeksave - kompensatorët	37
3.6	Teodolitët elektronik.....	37
3.6.1	Leximi dhe regjistrimi automatik i këndeve	40
3.6.2	Karakteristikat Teodolitëve Elektronikë	42
3.6.3	Regjistrimi automatik i të dhënave nga matjet	44
	Metodat kryesore për regjistrimin dhe transferimin e të dhënave:	45
	Metodat e transferimit të të dhënave:.....	47
3.7	Shqyrtimi i teodolitëve elektronikë.....	48
4.0	Gjatësimatësi.....	49
4.2	Gjatësimatësi optik Reichenbach.....	50
4.2.1	Gjatësimatësit me bazë në pikën fundore	52
4.2.2	Gjatësimatësit me bazë konstante në cak.....	53
4.2.3	Gjatësit me bazë në trekëmbësh.....	53
4.3	Gjatësimatësi elektronik.....	54
4.3.1	Parimet e Matjes me Gjatësimatës Elektronik	55
4.3.2	Klasifikimi i gjatesimatësve sipas llojit të gjatësisë elektromagnetike.....	58
4.3.3	Ndarja e gjatesimatësve sipas matjes së kohës	58
4.4	Metoda Laserike me gjatësimatësin laserik	59
4.4.1	Përparësitë e Gjatësimatësve laserik.....	60

4.4.2. Mangësitë e Gjatësimatësve laserik	60
4.5. Gjatësimatësit Interferometrikë	62
4.6. Gjatësimatësit Fazorë.....	62
5.0. Takiometrat	65
5.1. Takiometrat optik.....	66
5.1.1. Takiometrat autoreduktor me fije	66
5.1.2. Takiometrat autoreduktiv me foto të dyfisht	67
5.2. Takiometrat elektronik.....	68
5.2.1. Ndërtimi i takiometrave elektronik.....	71
5.2.2. Përmirësimi teknik i takiometrave elektronik.....	72
5.2.3. Klasifikimi i takiometrave elektronik	73
5.2.4. Takiometrat elektronik të thjeshtë	74
5.2.5. Takiometrat standard elektronik	74
5.2.6. Takiometrat elektronik preciz	77
5.3 Takiometrat e avancuar dixhital.....	78
5.3.1. Puna me Takiometer	82
5.3.2. Smartpole	86
6.0. Sistemet Laserike Terestrike	88
6.1. Ndarja e skenerit sipas mënyrës së matjes së distancës	93
6.3. Lazer skaneri mobil Faro Orbis	96
6.3.1. Performanca e Faro Orbis	98
6.3.2. Veçoritë e Skanimit dhe Saktësisë	100
6.3.3. Përpunimi softuerik i të dhënave	101
7.3.4. Funkcionaliteti për analiza dhe menaxhim të projekteve.....	103
6.3.5. Avantazhet	105
6.3.6. Specifikimet dhe Karakteristikat Teknike	107
7.0. Përfundimi.....	108
8.0. Referencat	111

Tabela e figurave	
Figura 1	Dylbia e teodolitit
Figura 2	Alhidada
Figura 3	Libela cilindrike dhe libela sferike
Figura 4	Vendosja e instrumentit mbi trekembesh (majtas) dhe lidhja permes boshtit cilindrik (djathtas)
Figura 5	Vertikalizimi i instrumentit me ndihmen e libeles sferike
Figura 6	Konstruksioni i Teodolitit
Figura 7	Teodolit mekanik me limbin vertikal te jashtem
Figura 8	Teodoliti mekanik dhe pozicioni i indeksit per leximin e rrethit
Figura 9	Kompensatori me leng
Figura 10	Kompensatori me lavjerrës
Figura 11	Kompensatori me devijim të detyruar
Figura 12	Kodi unazor ne teodolitin FLT3-Fennel
Figura 13	Regjistrimi në film i këndit vertikal dhe horizontal
Figura 14	Limba prej xhami me staza sinusoidale, staza për kodim, dhe raster (TS HP 3820A)
Figura 15	Mënyra e detektimit optik me limbën inkrementale
Figura 16	Ndërtimi i teodolitit dixhital DIGIGON
Figura 17	Matja e këndit me mikroprocesor (në mënyrë elektronike)
Figura 18	Teodoliti elektronik Nikon NE-100 10”
Figura 19	Regjistrimi me shirit magnetik
Figura 20	Regjistrim direkt nga terreni
Figura 21	Moduli REC
Figura 22	Instrument me memorie te brendshme
Figura 23	Kartat e memories (PCMCIA)
Figura 24	Matje me vizurë të pjerrët
Figura 25	Parimi i matjes me gjatësimatës elektro-optik
Figura 26	Takeometri a) K1-RA, dhe b) DK-RV
Figura 27	Takeometri Zeiss BRT-006
Figura 28	Takeometri GEODIMETER 1
Figura 29	Takeometri GEODIMETER 2A
Figura 30	Takeometri a) Heëlett-Packard HP3820A, b) ëild TC1, c) Zeiss Elta, 2 d) Zeiss Elta 4
Figura 31	Nivele të ndryshme të shërbimeve të takiometrave (Kabashi, 2010)
Figura 32	Struktura e takeometrave elektronik
Figura 33	Përbërësit kryesorë të Takimetrit
Figura 34	Ekrani alfa-numerik i Takimetrit
Figura 35	Zhvillimi gradual i Sistemit 1200 deri në Smart Stacion
Figura 36	Regjistrimi i një zone të lmadhe me një SmartStation
Figura 37	Regjistrimi i kufijve të ngastrave me Smart Stacion
Figura 38	SmartPole Leica TS16 P 5" R500
Figura 39	Parimi i skenimit laserik

Figura 40	Paraqitja skematike e tri llojeve të zakonshme të skenerit sipas mënyrës së skenimit
Figura 41	Shembuj: (a) skener kamera, (b) skeneri panoramike, (c) skeneri hibrid dhe (d) stacioni i përgjithshëm robotik
Figura 42	Puna me skanerin laserik mobil Faro Orbis
Figura 43	Teknologjia e avancuar SLAM
Figura 44	Softueri FARO Connect
Figura 45	Paraqitja e skanimit në Faro Connect

1.0 Hyrje

Evolucioni i instrumenteve gjeodezike, veçanërisht atyre që përdoren për matje terrestre, ka luajtur një rol kyç në avancimin e gjeodezisë si shkencë dhe në zhvillimet teknologjike që pasojnë. Ky punim fokusohet në analizën e zhvillimit tekniko-teknologjik të këtyre instrumenteve, duke shqyrtuar kontributin e tyre në përmirësimin e saktësisë dhe efikasitetit të matjeve në fushën e gjeodezisë. Përmes këtij punimi do të analizojmë sesi kanë evoluar pajisjet nga ato më primitive në ato dixhitale dhe si këto përparime kanë ndikuar në fushën e inxhinierisë dhe ndërtimit.

Punimi do të jetë i ndarë në disa seksione kryesore, ku secila trajton një aspekt të ndryshëm të evolucionit dhe përdorimit të instrumenteve gjeodezike:

- **Historia dhe nevoja për instrumentet dhe matjet gjeodezike:** Kjo pjesë do të trajtojë zanafillën e nevojës për matje dhe instrumentet e para që janë përdorur për matje gjeodezike. Këtu do të analizohen sfidat e para që kanë çuar në krijimin e metodave të matjes dhe pajisjeve primitive për të zgjidhur problemet që paraqiteshin në ndërtim dhe navigacion.¹
- **Instrumentet gjeodezike terrestre:** Ky kapitull do të fokusohet në klasifikimin dhe karakteristikat e instrumenteve gjeodezike që përdoren për matje terrestre. Përfshihen teodolitët, nivelat optike dhe dixhitale, takeometrat dhe gjatësimatësit elektronikë. Do të diskutohet për mënyrat se si këto instrumente kanë kontribuar në përmirësimin e matjeve në projekte topografike dhe ndërtimore.²
- **Zhvillimi teknologjik i teodolitit:** Kjo pjesë do të trajtojë evolucionin e teodolitëve, që nga teodolitët mekanikë e deri te ato dixhitale. Do të shqyrtohen ndryshimet teknike që kanë ndodhur në dizajnin dhe përdorimin e këtyre instrumenteve, si dhe ndikimi i tyre në përmirësimin e matjeve këndore.³
- **Aplikimi i takimetra:** Në këtë pjesë do të përshkruhet përdorimi i takimetrit dhe përparësitë e tyre në krahasim me instrumentet tradicionale. Do të diskutohet për rritjen e

¹ Lambeck, K. (1988). *A Short History of Geodesy*. Cambridge University Press.

² Isufi, E. (2012): *Gjeodezia e Përgjithshme 1*. Universiteti Politeknik i Tiranës.

³ Panić, D. (2010). *Geodetski instrumenti i metode merenja*. Građevinski fakultet, Beograd.

efikasitetit të matjeve dhe mundësitë që ofron integrimi i teknologjisë dixhitale në këto instrumente.⁴

- **Teknologjia e skanimit laserik 3D:** Kjo seksion do të përqendrohet në zhvillimin e skanerëve laserik dhe aplikimin e tyre në fushën e rilevimit gjeodezik. Do të diskutohet për avantazhet e skanimit laserik në krijimin e modeleve 3D të terrenit dhe objekteve inxhinierike, si dhe përdorimi i kësaj teknologjie në dokumentimin dhe ruajtjen e trashëgimisë kulturore.⁵

Në përfundim, punimi do të bëjë një përmbledhje të përparësive që kanë sjellë teknologjitë e reja në fushën e gjeodezisë, duke vlerësuar rëndësinë e tyre për zhvillimet e ardhshme. Përmes këtij studimi, do të argumentohet se si evolucionet teknologjike kanë ndikuar pozitivisht në gjeodezi dhe si mund të pritet që teknologjitë e reja të ndryshojnë këtë fushë edhe më tej.

2.0 Historia dhe nevoja për paisjet dhe matjet gjeodezike

Gjeodezia, si shkencë e matjes dhe përcaktimit të formës dhe dimensioneve të Tokës, ka një histori të gjatë dhe komplekse që daton që nga lashtësia. Evolucioni i kësaj fushe është ndikuar nga nevoja për matje të sakta për qëllime të ndryshme, duke përfshirë ndërtimin, navigacionin, hartografimin dhe administrimin e tokës. Këto kërkesa kanë çuar në zhvillimin e instrumenteve dhe metodave të ndryshme për matje gjeodezike, të cilat kanë përmirësuar gradualisht saktësinë dhe efikasitetin e matjeve.

Në fillimet e saj, nevoja për matje gjeodezike ishte drejtpërdrejtë dhe e thjeshtë: përcaktimi i kufijve të tokave, ndërtimi i strukturave dhe zhvillimi i hartave. Për shembull:

Ndërtimi i Piramidave në Egjipt: Një nga shembujt më të hershëm dhe më të famshëm të përdorimit të matjeve gjeodezike është ndërtimi i piramidave. Egjiptianët e lashtë përdornin pajisje të thjeshta,

⁴ Barković, Đ. (1998). *Integrirani sustavi geodetskog mjerenja - totalne stanice*. Geodetski list, Zagreb.

⁵ Kabashi, I. (2017). *Skanimi laserik terestrik*. Universiteti “Nënë Tereza” Shkup, Departamenti i Gjeodezisë dhe Gjeoinformatikës.

si goniometrat dhe shkopinjtë për të vendosur këndet dhe për të siguruar që strukturat e tyre të ishin të drejta dhe të qëndrueshme.

Zhvillimi i Hartave dhe Navigacionit: Në antikitet, gjeografët dhe navigatorët kishin nevojë për harta të sakta për të udhëtuar dhe për të menaxhuar territoret. Gjeodetët e hershëm përdornin teknika të thjeshta astronomike për të përcaktuar pozicionet e tyre dhe për të hartuar vendet e njohura.

Në këtë periudhë, instrumentet dhe metodat e përdorura ishin primitive, por për kohën e tyre, ato ishin të avancuara dhe të domosdoshme për zgjidhjen e problemeve të parashtruara⁶:

Shkopinjë dhe Piketat: Këto ishin ndër instrumentet më të hershëm të përdorur për të përcaktuar drejtimet dhe distancat. Duke përdorur dy shkopinje të vendosur në linjë të drejtë, gjeodetët mund të krijonin linja të drejta të referencës.⁷

Goniometrat dhe Quadrantët: Këto instrumente përdornin kënde dhe shkallë për të matur dhe përcaktuar drejtimet. Quadrantët përdorëshin për matjen e këndeve në qiell për të përcaktuar latitudën dhe për të orientuar harta.

Përdorimi i Yjeve për Navigacion: Yjet dhe trupat e tjerë qiellorë ishin referenca të rëndësishme për matjet dhe navigacionin. Navigatorët dhe gjeodezët përdornin pozicionet e yjeve për të përcaktuar pozicionet e tyre në Tokë.

Me kalimin e kohës, nevoja për matje më të sakta dhe më të besueshme rritej, dhe kjo çoi në përparime të mëdha në instrumentet dhe metodat gjeodezike:

Instrumentet e Epokës së Rilindjes: Gjatë Rilindjes, u zhvilluan instrumente të reja, si teodolitet dhe sextantët, të cilat ofronin matje më të sakta të këndeve dhe distancave. Këto instrumente ishin thelbësore për përmirësimin e hartave dhe për zgjidhjen e problemeve të mëdha inxhinierike.

Metodat Triangulacionit: Triangulacioni, një metodë për matjen e distancave dhe përcaktimin e pozicioneve përmes krijimit të rrjetave të trekëndëshave, u bë një teknikë e rëndësishme në gjeodezi. Kjo metodë mundësoi matje të sakta mbi distanca të mëdha.

⁶ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

⁷ Gillings, R. J. (1972): *Egyptian Mathematics and Geometry*. Dover Publications.

Përdorimi i Teknologjisë Optike dhe Mekanike: Përparimet në teknologjinë optike dhe mekanike gjatë shekullit të XVIII-të dhe XIX-të sollën instrumente më të përparuara, si teodolitet optike, që ofronin matje më të sakta dhe më të lehta për t'u përdorur.

Me rritjen e kërkesave për ndërtim, zhvillim urban dhe eksplorim, nevoja për matje më të sakta dhe më të shpejta u bë edhe më e rëndësishme:

Ndërtimi i Infrastrukturës Moderne: Ndërtimi i rrugëve, urave dhe ndërtesave të larta kërkonte matje jashtëzakonisht të sakta për të siguruar që strukturat të ishin të sigurta dhe funksionale.

Eksplorimi dhe Zhvillimi i Tokës: Për zhvillimin e tokës dhe administrimin e saj, nevojiteshin harta dhe të dhëna të sakta gjeodezike për të menaxhuar dhe planifikuar përdorimin e tokës.

Zhvillimet Shkencore dhe Teknologjike: Përparimet në shkencë dhe teknologji, përfshirë zhvillimin e satelitëve dhe sistemeve globale të pozicionimit (GPS), kanë transformuar mënyrën se si bëhen matjet gjeodezike dhe kanë ofruar nivele të reja të saktësisë dhe efikasitetit. Historia e gjeodezisë dhe evolucioni i paisjeve dhe metodave gjeodezike janë një pasqyrë e rëndësishme së madhe që kanë matjet e sakta për zhvillimin e shoqërisë. Nga instrumentet primitive të përdorur në antikë deri te teknologjitë e avancuara të sotme, nevoja për matje të sakta ka qenë gjithmonë një faktor kryesor në zgjidhjen e problemeve të ndryshme inxhinierike, navigacionit dhe hartografike. Këto zhvillime kanë ndihmuar në formësimin e botës moderne dhe vazhdojnë të jenë thelbësore për përparimet e ardhshme në gjeodezi dhe fusha të tjera të lidhura.

Mund të thuhet lirisht se gjeodezia ka ekzistuar që në zanafillën e civilizimit njerëzor, qysh kur njeriu i parë filloi të përcaktonte dhe matë pronën e tij. Gjurmët e veprimtarisë gjeodezike datojnë që nga kohërat e lashta të kulturave Mesopotamiane, Babilonasve, Asirianëve dhe popujve të tjerë nga luginat e Eufratit dhe Tigrisit, rreth 6000 vite para erës sonë. Në Mesopotami, jeta varej nga ujitja, dhe për ndërtimin e kanaleve të gjata deri në 160 kilometra, si dhe strukturave komplekse si Kulla e Babilonisë dhe Kopshtet e Varura të Semiramidës, ishte e nevojshme një saktësi e lartë në matje, ku roli i gjeodetit ishte vendimtar. Më vonë, kulturat e lashta Greke dhe Romake futën risi në matjet gjeodezike, duke ndërtuar struktura edhe më komplekse. ⁸

Me zhvillimin e civilizimit, nevojat për matje gjeodezike u shtuan, duke u kërkuar instrumente gjithnjë e më moderne. Instrumentet më të hershme përfshinin pajisje për përcaktimin e drejtimit vertikal apo horizontal, si lavjerrësit (lat. Viscekus) për përcaktimin e drejtimit veri-jug. Litarët dhe

⁸ Gillings, R. J. (1972): *Egyptian Mathematics and Geometry*. Dover Publications.

latat për matjen e gjatësisë, dhe më vonë, shirita metalikë dhe zinxhirë u përdorën nga Grekët dhe Egjiptasit. Egjiptasit zhvilluan edhe pajisje për krijimin e këndeve të drejta. Me përparimet teknologjike dhe zbulimet në optikë, instrumentet gjeodezike evoluuan, dhe në fund të shekullit të XVIII-të, u shfaqën teodolitët në formën e njohur sot, duke arritur peshë të rëndë deri në gjysmë ton, të disponueshme vetëm për specialistët.¹

Në gjysmën e dytë të shekullit të XX-të, me lansimin e satelitëve, teknologjia GPS u zhvillua, duke transformuar gjeodezinë. Sot, gjeodetëve u ofrohen instrumente me mundësi të avancuara, si takimetra me sistem GPS të integruar dhe sisteme lazer 3D. Ekspertët gjeodezicë duhet të zgjedhin me kujdes pajisjet dhe metodat për të zgjidhur detyra të caktuara, një detyrë që kërkon njohuri të thella dhe të vazhdueshme për shkak të zhvillimeve të shpejta teknologjike.

Prezantimi i teknologjive të reja në fushën e matjeve kërkon racionalitet dhe efektivitet ekonomik, të bazuara në njohuri të thella të disiplinës dhe zhvillimeve bashkëkohore.⁹

Instrumentet gjeodezike terestrike

2.0.0.1. Çfarë është matja terestrike?

Matja terestrike është një nga disiplinat bazë të gjeodezisë, e cila merret me matjen dhe përcaktimin e pozicioneve dhe distancave në tokë. Kjo lloj matjeje kryhet direkt nga sipërfaqja e tokës dhe përdoret për të krijuar harta topografike, për të kryer rievime inxhinierike, dhe për të vendosur kontrolle të sakta të pozicionimit në projekte ndërtimi dhe infrastrukture. Matja terestrike është thelbësore për përcaktimin e kufijve të pronës, ndërtimin e rrugëve, urave, dhe strukturave të tjera, si dhe për menaxhimin dhe planifikimin e territoreve.

Instrumentet që përdoren për matjet terestrike janë zhvilluar në mënyrë të vazhdueshme me kalimin e kohës, duke u bërë gjithnjë e më të sofistikuara dhe të sakta. Këto instrumente janë të dizajnuara për të matur drejtime horizontale, kënde vertikale distanca (HzVD), lartësi dhe për të përcaktuar pozicione me një saktësi të lartë. Në vazhdim, do të shqyrtojmë disa nga instrumentet më të rëndësishme që përdoren në matjet terestrike.¹⁰

Llojet e Instrumenteve Gjeodezike Terestrike .

- **Teodolitët:** Teodolitët janë një nga instrumentet më të rëndësishme dhe të përdorura gjerësisht në gjeodezi. Ky instrument përdoret për të matur drejtimet horizontale dhe

⁹ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

¹⁰ Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2012): *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*.

vertikale me një saktësi të lartë. Teodolitët përbëhen nga një dylbi e montuar mbi një bazë që mund të rrotullohet në dy boshtet kryesore: horizontal dhe vertikal. Matjet e bëra me teodolit përdoren për përcaktimin e pozicionit të pikave, për kryerjen e rievimeve topografike etj. Me kalimin e kohës, teodolitët janë përmirësuar, duke u pajisur me sistemet optike dhe elektronike që lejojnë një saktësi më të lartë dhe lehtësinë e përdorimit.

- **Takiometrat:** Takiometrat janë instrumente moderne që kombinojnë funksionalitetet e teodolitit dhe matjen e distancanës elektronike (EDM). Ato janë të afta të masin distanca, drejtime horizontale dhe kende vertikale, dhe të regjistrojnë të dhënat e matjeve në mënyrë elektronike. Takiometrat përdoren gjerësisht në gjeodezi dhe inxhinieri për hartografi, ndërtim, dhe rievime të ndryshme. Përparësitë kryesore të takimetrave janë saktësia e lartë dhe aftësia për të kryer matje në mënyrë të shpejtë dhe efikase, duke reduktuar nevojën për pajisje shtesë.
- **Nivela Optike dhe Nivela Dixhitale:** Nivela optike dhe nivela dixhital janë instrumente që përdoren për përcaktimin e lartësive në tokë, një proces i njohur si nivelim. Nivelat e sakta kanë si elemente konstruktive kryesore: dylbitë, sistemet e horizontimit dhe sistemet e leximit. Pas viteve 1970, të gjitha tipet e nivelave (optiko-mekanike apo digjitale, të saktësisë teknike, të saktësië së mesme, dhe saktësisë së lartë) përdorin kompensatorin e varur/lavjerrës për të horizontuar boshtin e vizimit, pasi operatori kryen horizontimin sipas libelës sferike. Kompensatorët punojnë deri në kënd pjerrësimi $\varepsilon \leq \pm 10'$ dhe saktësia e horizontimit të bushtit të vizimit me ndihmën e kompensatorit është $0.2'' \div 0.5''$. Nivelat digjitale nuk kanë sisteme leximi me mikrometra optike me pllakë paralele, por leximet në lata mundësohen nëpërmjet korrelimit matematik (krahasimit) të imazheve. Në konstruksionin e nivelës elektronike numerike ka një të çarë/diodë, që lëshon rreze/tufë laser në drejtim të latës. Pasi shtypim butonin *Enter*, imazhi i latës së koduar i marrë në fushën e pamjes së dylbisë përpunohet (krahasohet) nga procesori (elektronika llogaritëse) i nivelës.¹¹ Nga krahasimi i imazhit të marrë në latën e koduar me kopjen e imazhit në memorien e instrumentit fitohet leximi numerik. Leximet mund të merren manualisht si në nivelat optiko- mekanike ose mund të rregjistrohen në

¹¹ Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike*. Universiteti i Prishtinës.

memorien e brendshme të nivelës. Pra nivela dixhitale është një version më modern, që përdor teknologji elektronike për të regjistruar matjet automatikisht.

Parimi i horizontimit te nivelat nuk ka ndryshuar. Shërbimet e sotme të nivelimit kërkojnë sisteme komplekse të matjes, të cilat jo vetëm plotësojnë kërkesat në rritje për automatizimin, përpunimin digjital të të dhënave dhe efikasitetin, por që vendosin gjithashtu standarde të reja në teknologji dhe komoditetin e funksionimit.

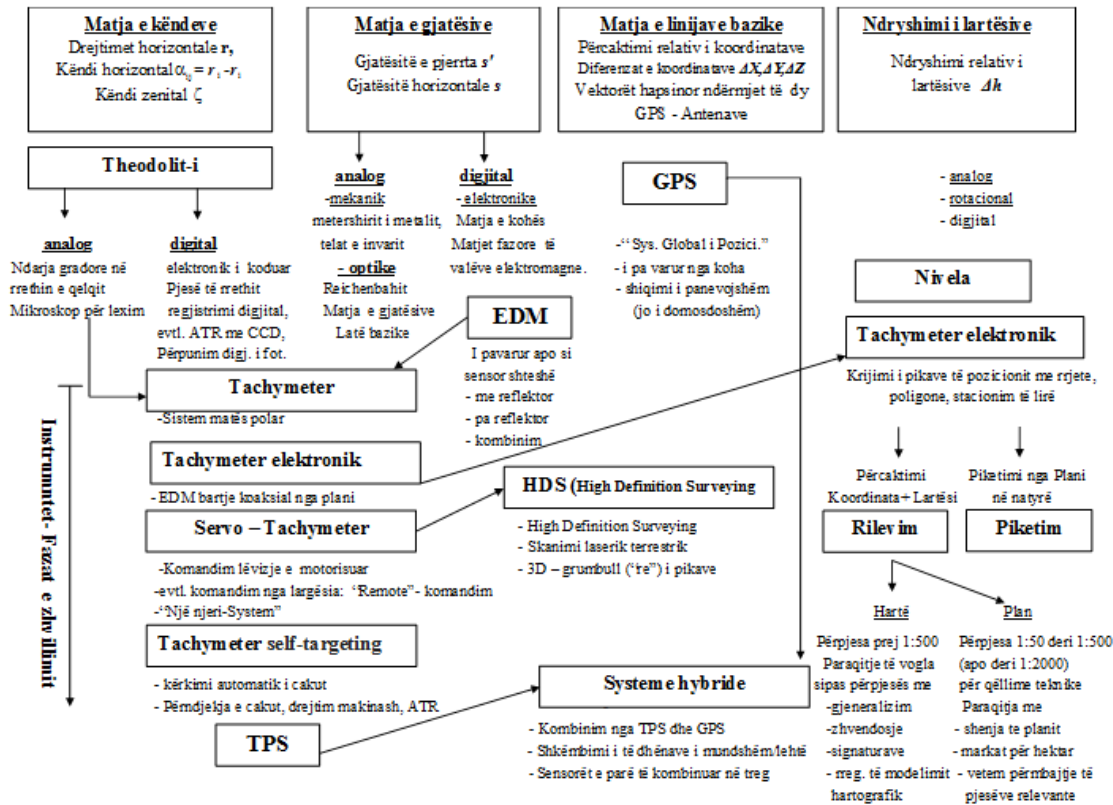
- **Gjatësimatësi Elektronik (EDM):** Gjatësimatësi elektronik është një instrument që përdoret për të matur distancat me një saktësi të lartë duke përdorur valët elektromagnetike. Ky instrument është një përbërës kyç i takimetrave dhe përdoret për të matur distanca horizontale dhe vertikale në mënyrë shumë të shpejtë dhe të saktë. EDM-të kanë revolucionarizuar gjeodezinë terestrike, duke mundësuar matje të shpejta dhe efikase në terrene të ndryshme.¹²
- **GPS (Sistemi Global i Pozicionimit):** Edhe pse GPS është shpesh i lidhur me matjet satelitore, ai është bërë një pjesë integrale e matjeve terestrike, veçanërisht kur kombinohet me takimetra dhe instrumentet e tjera gjeodezike. GPS lejon përcaktimin e pozicioneve me një saktësi të lartë, duke përdorur sinjalet satelitore. Ky sistem ka transformuar gjeodezinë, duke lejuar matje dhe rievime në zona të mëdha me një saktësi që më parë ishte e pamundur.¹³
- **Skansuesit Lazer 3D:** Skansuesit lazer 3D janë instrumente të avancuara që përdoren për të krijuar modele tredimensionale të terrenit dhe objekteve. Ata funksionojnë duke emetuar rreze lazer që reflektohen nga sipërfaqja e objektit që matet, duke krijuar një pamje të detajuar 3D. Skansuesit lazer përdoren në rievimet topografike, arkitekturë, inxhinieri dhe shumë fusha të tjera ku kërkohet një saktësi e lartë dhe një përshkrim i detajuar i mjedisit.

Në vazhdim do të paraqitet një grafik shpjegues që paraqet më së miri pasqyren e instrumenteve matëse gjeodezike, dhe punet që mund të kryhen nga secili instrument për matjet terestrike.¹⁴

¹² Panić, D. (2010): *Geodetski instrumenti i metode merenja*. Građevinski fakultet, Beograd.

¹³ Hofmann-Wellenhof, B., et al. (1993): *Global Positioning System: Theory and Practice*. Springer.

¹⁴ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*



Grafik 1. Pasqyrë e instrumenteve matës gjeodezik (Kabashi, 2010)

Grafiku i mësipërm paraqet një pasqyrë të detajuar të zhvillimit dhe evolucionit të instrumenteve matës gjeodezike, duke ilustruar fazat kryesore të përdorimit dhe funksionalitetit të tyre në proceset e matjes gjeodezike. Ky kapitull do të ofrojë një shpjegim të hollësishëm për secilin instrument dhe rolin e tij specifik në fushën e gjeodezisë.¹⁵

• **Matja e këndeve**

Procesi i matjes së këndeve në gjeodezi ka filluar me përdorimin e teodolitëve analogë, të cilët përdornin ndarjen e gradave në rrethin e qelqit dhe mikroskop për leximin e tyre. Teodoliti ishte i përbërë nga një teleskop i montuar mbi një bazë të lëvizshme, që lejonte matjen e drejtimeve horizontale dhe vertikale. Me përparimin e teknologjisë, teodoliti analog u zhvillua në teodolit digjital, i cili përdor sisteme elektronike për regjistrimin e të

¹⁵ Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike*. Dispencë për studentë, Universiteti i Prishtinës.

dhënavë të matjes dhe përfshin komponentë të tillë si CCD (Charge-Coupled Device) për regjistrimin e imazheve dhe ATR (Automatic Target Recognition) për njohjen automatike të pikave të shënjestrës. Ky avancim teknologjik ka sjellë një rritje të ndjeshme në saktësinë dhe efikasitetin e matjeve.

- ***Matja e gjatësive***

Matja e gjatësive në gjeodezi është kryer në fillim me metoda analoge, si p.sh., matja mekanike që përdor metërshtiri i metalit ose telat e invarit dhe matja optike e cila përdor pajisje të tilla si Reichenbacht për matjen e gjatësive të sipërfaqeve. Përmirësimi teknologjik çoi në zhvillimin e metodave digjitale, ku instrumentet elektronikë si EDM (Electronic Distance Measurement) janë përdorur për matje të sakta dhe të shpejta të gjatësive. EDM përdoret në dy variante kryesore: me reflektor dhe pa reflektor, dhe përfshin gjithashtu kombinime të ndryshme të teknikave për rezultate më të sakta. Me EDM, matjet e gjatësive dhe linjave bazike janë bërë shumë më të sakta dhe efikase, duke eliminuar gabimet njerëzore.

- ***Matja e linjave bazike dhe ndryshimi i lartësive***

Në gjeodezi, matja e linjave bazike dhe ndryshimi i lartësive janë aspekte kritike që kryhen me përdorimin e instrumenteve si GPS dhe nivelet. GPS (Global Positioning System) përdoret për përcaktimin relativ të koordinatave dhe matjen e ndryshimeve hapësinore, duke siguruar një saktësi të lartë dhe mundësinë e kryerjes së matjeve në çdo kusht kohor. Nivelet përdoren për matjen e ndryshimeve të lartësive dhe ofrojnë një saktësi të lartë, veçanërisht në punimet që kërkojnë precizion ekstrem.

- ***Instrumentet modernë dhe aplikimet praktike***

Me zhvillimin e teknologjisë, takimet elektronikë dhe sistemet HDS (High Definition Surveying) kanë marrë një rol kyç në gjeodezi. Takimet elektronikë lejojnë krijimin e pikave të pozicionit me precizion të lartë, duke përdorur mjete, poligone dhe stacione të lira. HDS është një teknikë e avancuar e skanimit me lazer që përdoret për krijimin e modeleve 3D të sipërfaqeve dhe objekteve, duke ofruar një rezolucion të lartë dhe aftësi të mëdha për përpunimin e të dhënave. Kombinimi i TPS (Total Station Positioning) dhe GPS në sisteme hibride ka bërë të mundur që matjet të kryhen me një saktësi dhe efikasitet më të madh, duke ulur ndjeshëm ndikimin e faktorëve njerëzorë.

- ***Rilevimi dhe piktimi në praktikë***

Grafiku (shih graf. 1, fq. 16) përfundon me aplikimet praktike të rilevimit dhe piktimit në hartografi dhe ndërtim. Rilevimi është procesi i përcaktimit të koordinatave dhe lartësive, i cili kryhet për të prodhuar harta me përmasa dhe saktësi të ndryshme, që variojnë nga 1:500 deri në 1:2000. Piktimi është procesi i përcaktimit të pozicionit të pikave të caktuara në terren në bazë të planeve të përgatitura më parë, dhe përdoret kryesisht për ndërtimin e strukturave sipas specifikimeve teknike.

Në përfundim, ky diagram paraqet një pasqyrë të plotë të fazave të zhvillimit të instrumenteve matës gjeodezike, nga teknikat tradicionale deri tek sistemet më moderne dhe të avancuara që përdoren sot. Këto faza dhe instrumente kanë bërë të mundur rritjen e saktësisë dhe efikasitetit në fushën e gjeodezisë, duke e bërë punën e gjeodetëve më të lehtë dhe më të sigurt.

Përparimet teknologjike vazhdojnë të sjellin ndryshime të mëdha në këtë fushë, duke ofruar mjete gjithnjë e më të fuqishme dhe precize për matjet gjeodezike.

3.0 Teodoliti

Teodoliti është instrument gjeodezike me të cilin mund të bëjmë vetëm matjen e këndeve horizontale (drejtimeve horizontale) dhe vertikale (dhe jo matjen e gjatësive). Ky instrument përbëhet nga tre pjesë themelore të cilat janë: rrethi vertikal ose bazamenti i alhidadës mbi të cilën ndodhet alhidada gjysmë e fiksuar (me mundësi rrotullimi rreth boshtit vertikal), alhidada apo pjesa e sipërme e cila rrotullohet në boshtin e saj vertikal për matjen e këndeve horizontale, dhe dylbia e cila ndodhet në alhidadë e cila rrotullohet rreth boshtit horizontal të dylbisë për matjen e këndeve vertikale dhe së bashku me alhidadën rrotullohet rreth boshtit vertikal të alhidadës për matjen e këndeve horizontale.

Brenda alhidadës ndodhet edhe një “dylbi” tjetër e cila është fikse (e palëvizshme) e cila na shërben për leximin e limbës apo më saktësisht leximin e këndeve gjatë lëvizjes.

Po ashtu në alhidadë ndodhet libela e cila na shërben për të kuptuar se në qfarë pozite ndodhet alhidada ndaj boshtit vertikal, duke na ndihmuar kështu për centrimin e instrumentit në një bosht vertikal me rrafshin horizontal të matjeve.¹⁶

Në gjeodezi, saktësia e matjeve me teodolit matet shpesh në njësi të quajtura miligon (mgon). Një gon është një njësi matjeje për kënde, e cila ndan rrethin në 400 grada, ku secila gradë përbëhet nga 1000 miligon (mgon). Kjo e bën mgon një njësi shumë të vogël dhe të përshtatshme për matjet me precizion të lartë që janë të domosdoshme në gjeodezi.

Mgon është një shkurtim për **miligon**, një njësi matëse e këndeve që përdoret kryesisht në fushën e gjeodezisë dhe topografisë. Një miligon është një e mijta e një gon (ose gradian). Në sistemin e gradianëve, një kënd i plotë (një rreth i plotë) përbëhet nga 400 gon (gradianë), në krahasim me 360 gradë në sistemin e shkallëve.

Për të kuptuar më mirë:

$$1 \text{ rreth} = 400 \text{ gon} = 360 \text{ gradë}$$

$$1 \text{ gon} = 1000 \text{ mgon}$$

$$1 \text{ mgon} \approx 3.24 \text{ sekonda harkore}$$

¹⁶ Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike*. Universiteti i Prishtinës.

Kjo do të thotë që një miligon është një njësi shumë e vogël dhe përdoret për matje të sakta të këndeve, veçanërisht në instrumentet gjeodezike si teodoliti.

Gjatë përdorimit të teodolitit, këndi i matur shprehet në mgon për të treguar saktësinë. Për shembull, nëse një teodolit ka një saktësi prej 0.1 mgon, kjo do të thotë se ai mund të matin kënde me një devijim të mundshëm prej vetëm 0.1 mgon nga këndi i saktë.

Teodolitët sipas standardeve gjermane me normat DIN (Nr. 18724) ndahen në:

Teodolitët me precizitet të lartë:	Precizitet	≤ 0.2 mgon ose $\sim 0.6''$
Teodolitët me precizitet të madh:	Precizitet	≤ 0.6 mgon ose $\sim 2''$
Teodolitët me precizitet mesatar:	Precizitet	$\leq 2, 0$ mgon ose $\sim 6''$
Teodolitët me precizitet të ulët:	Precizitet	≤ 8.0 mgon ose $\sim 25''$

17

Sipas strukturës dhe paisjes së leximit teodolitët ndahen në 3 lloje:

- ***Teodolit mekanik***
- ***Teodolit optik***
- ***Teodolit dixhital (elektronik)***

3.1 Ndërtimi i teodolitit

Varësisht nga lloji i teodolitit (mekanik, optik, apo dixhital) pjesët kryesore të tij të cilat parimisht mundësojnë llogaritjen e këndeve horizontale dhe atyre vertikale (si dhe ato zenitale) janë pak a shumë të njëjtat. Në to bëjnë pjesë:

- Dylbia
- Alhidada
- Libela

¹⁷ Torge, W. (2001): *Geodesy*. Walter de Gruyter.

- Limba

Paraprakisht duhet të cekim se të këto pjesë janë gjysmë të lëvizshme duke marrur parasysh se ato qëndrojnë statike gjatë matjeve, por mund të lëvizin përreth boshteve të tyre përkatëse e që në teodolit kemi boshtet si në vijim.

- **Boshti vertikal** (AA'), apo ndryshe boshti i alhidadës. Ky bosht duhet të jetë normal mbi rrafshin horizontal për të filluar matjet. Pas centrimin ky bosht duhet të jetë nga zeniti në drejtim normal me rrafshin projektues të tokës. Alhidada apo pjesa e sipërme e instrumentit rrotullohet rreth këtij boshti.
- **Boshti horizontal** (HH') apo boshti i mesit të dylbisë. Ky bosht duhet të jetë normal në boshtin vertikal dhe kalon në mes të lidhjes së dylbisë në alhidadë, ku përreth këtij boshti është e mundshme lëvizja e dylbisë.
- **Boshti vizuel** (VV'). Ky bosht është gjithmonë normal në boshtin horizontal dhe rrotullohet në pikën ngjithëse të boshtit vertikal dhe atij horizontal. Gjatë lëvizjes së dylbisë, nëse dylbia është në drejtim të zentit atëher boshti vizuel dhe ai vertikal paraqesin të njëjtën linjë.
- **Boshti i libelës** (LL') i cili është po ashtu një linjë horizontale normale në boshtin vertikal dhe paraqet pozitën horizontale të libelës e cila na mundëson centrimin e instrumentit në hapësirë.¹⁸

¹⁸ Vodopivec, F. (1997): *Geodezija II, Altimetrija*. FAGG, Ljubljana.

3.1.1 Dylbia

Me pjesën optike të teodolitit bëhet vrojtimi i pikave në objekte të largëta që me sy nuk shihen. Objektet zmadhohen për disa dhjetra herë. Për arritjen e kësaj shfrytëzohen ligjet e optikës me thyerjet e rrezeve në thjerrzëat përkatëse, gjegjësisht kombinimi i dy thjerrave konvekse në qoshet e dylbisë, dhe një thjerre tjetër që mund të jetë konvekse ose konkave të lëvizshme brenda dylbisë e cila mundëson zmadhimin, zvogëlimin, dhe qartësimin e pamjes për operatorin. Kjo thjerrë lëvizë brenda dylbisë me anë të dy pjesëve përkatësisht vidës së fokusimit dhe kremaljerës e cila është sipërfaqja në të cilën vida e fokusimit lëviz (shih figurën 1). Kjo thjerrë e brendshme quhet diafragma dhe është thjerrë prej qelqi në të cilën janë të gravuara disa vija të cilat paraqiten në format vertikale dhe horizontale të cilat na ndihmojnë për orientim në boshtin vizuel. Këto lloje te vijave janë të paraqitur në figurën në vazhdim.¹⁹

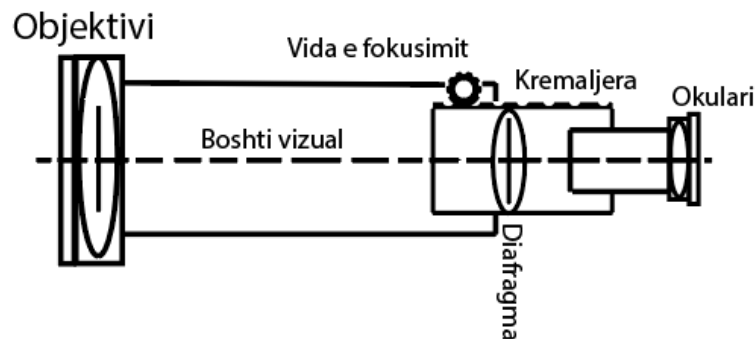


Fig.1. Dylbia e teodolitit

3.1.2. Alhidada

Me teodolit këndet horizontale mund të maten vetëm nëse konstruksioni i tij i mundëson dylbisë të rrotullohet rreth një boshti horizontal dhe rreth një boshti vertikal. Pjesa e cila i mundëson

¹⁹ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

dylbisë të leviz është boshti vertikal përreth të cilit rrotullohet alhidada. Alhidada është e vendosur mbi bazën e instrumentit me gjithsej 3 vida lëvizëse të cilat e ndihmojnë lëvizjen mikrometrike për centrim (shih figurën 2). Dy prej vidave lëvizin njëkohësisht në anë të kundërta, dhe vida e tretë lëviz e vetme që mundëson centrim më të saktë për instrumentin.

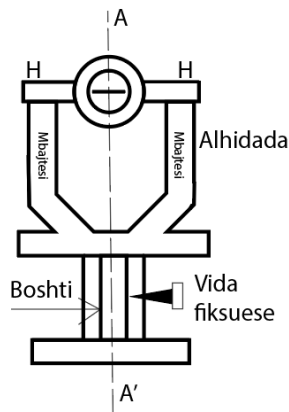


Fig.2. Alhidada

3.1.3. Libela

Horizontalimi i limbës së teodolitit, por edhe çfarëdo rrafshi tjetër, arrihet me mjetin për horizontalim që quhet libelë. Me ndihmën e këtij mjeti, po ashtu, vendoset një rrafsh ose drejtëz në pozitë vertikale.

Libelat ndahen në cilindrike dhe sferike, të paraqitura si në figurat më poshtë.

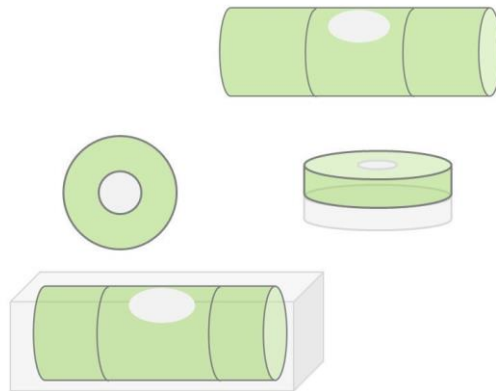


Fig.3. Libela cilindrike dhe libela sferike

Pershkrimi i instrumentit

Instrumenti (Teodoliti) gjate punes vihet mbi trekembeshin i cili ndihmon per centrim dhe ofron nje konstruksion te qendrueshem.

Bazamenti ka në brendësi një zgavër cilindrike brenda së cilës hyn boshti metalik cilindrik i teodolitit, boshti i të cilit është dhe boshti kryesor i teodolitit.

Në kokën e këtij boshti kapet alidada, pajisja me dy krahë që rrotullohet rreth boshtit kryesor. Dy krahët e alidadës mbajnë dylbinë e teodolitit. Bashkuesja e dy krahëve, që materializon boshtin rreth të cilit rrotullohet dylbia, është boshti dytësor i teodolitit. Mbi alidadë është e montuar një libelë cilindrike që përdoret për të vendosur në vertikale boshtin kryesor. Në faktë kur ju keni instrumentin mbi pikën A, të centruar nga centruesi optik, boshti kryesor është i pozicionuar në një pozicion të gjithanshëm; duke vepruar me vidat e bazamentit ne mund që të vendosim boshtin kryesor në pozicionin perfekt vertikal duke shfrytëzuar aftësinë horizontuese të libelës cilindrike, boshti i së cilës është projektuar që të qendroj në pozicionin pingul me boshtin kryesor të instrumentit. (shih figurën 4)

Ne figure kemi një bazë B të fiksuar mbi trekëmbëshin T; të cilat janë vizatuar qëllimisht jo horizontale.

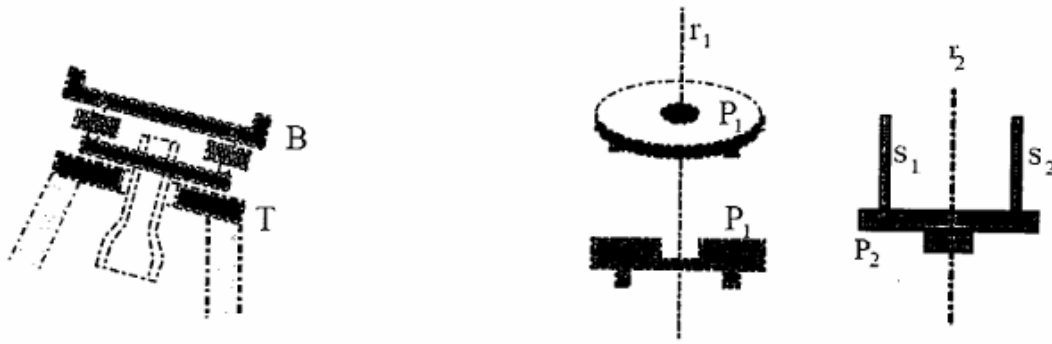


Fig.4. Vendorsja e instrumentit mbi trekembesh (majtas) dhe lidhja permes boshtit cilindrik (djathtas)

Piastra **P** ka një vrimë cilindrike në të cilën futet boshti cilindrik që ndodhet në piastrën **P2**. Si e **S2** janë dy suportet vertikale të krahëve që kemi përmendur pak më sipër.

Nëse fusim **P1** tek **P2** si pasojë boshti ri do të përputhet me boshtin **r2** dhe kështu do të qendrojnë dhe gjatë rrotullimit të instrumentit duke i konsideruar tashmë si një aks i vetëm **r**.

Boshti **r** duhet të jetë gjithmonë në vertikale, pavarësisht se si ndodhet piastra mbështetëse e trekëmbëshit. (shih figurën 5)

Për të realizuar këtë në piastrën **P2** fiksohet një libelë cilindrike në mënyrë që tangjentja qendrore e libelës të jetë në pozicionin horizontal.²⁰

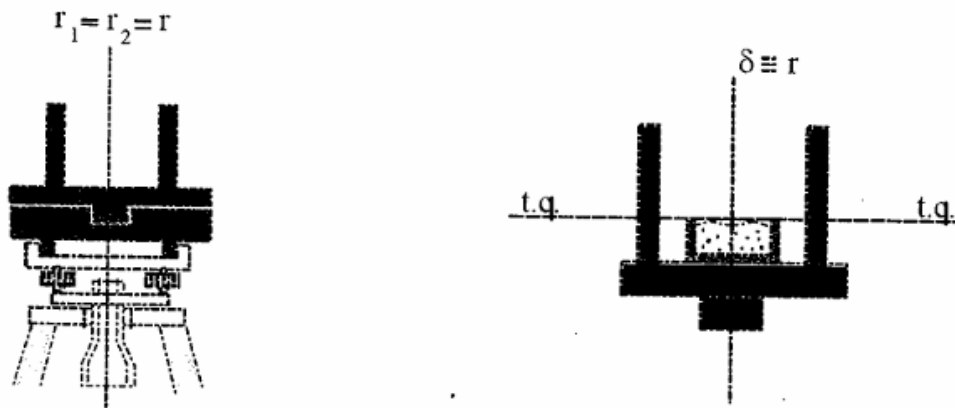


Fig.5. Vertikalizimi i instrumentit me ndihmen e libeles sferike

²⁰ Isufi, E. Gjeodezia e Përgjithshme 1

Në këtë mënyrë kemi formuluar një nga kushtet e rektifikimit: tangentja qendrore (boshti i libelës) është pingul me boshtin r (boshti kryesor i instrumentit).

Referuar tre akset r (boshti kryesor), m (boshti dytësor) dhe $a.c$ (boshti i dylbisë) ndërpriten në të njëjtën pikë C (qendra e instrumentit).

Me përdorimin e libelës cilindrike dhe të vidave të bazës, është e mundur të pozicionosh një aks në vertikale.

Kemi parë që për të vendosur në vertikale një aks me libelën cilindrike duhet, të pozicionojmë libelën cilindrike paralel me dy prej vidave të bazës dhe ta horizontojmë. Rrotullojmë teodolitin me një kënd prej 90° me pozicionin e parë dhe horizontojmë libelën me vidën e tretë. Nëse instrumenti do të kishte të montuar 2 libela cilindrike në pozicionin pingul me njëra-tjetrën nuk do ishte e nevojshme rrotullimi i instrumentit me 90° .

E themi këtë jo sepse është e rëndësishme në vetvete, për arsyen se kërkojmë të japim një sqarim të mëtejshëm në lidhje me përdorimin e libelës cilindrike kur përdoret për të vendosur një aks në vertikale sepse, duhet kuptuar më mirë bashkëveprimi me libelën sferike. Se në fakt në disa instrumenta gjenden akoma dy libela cilindrike ndërsa në instrumentat modernë është e instaluar vetëm një libelë cilindrike.²¹

²¹ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

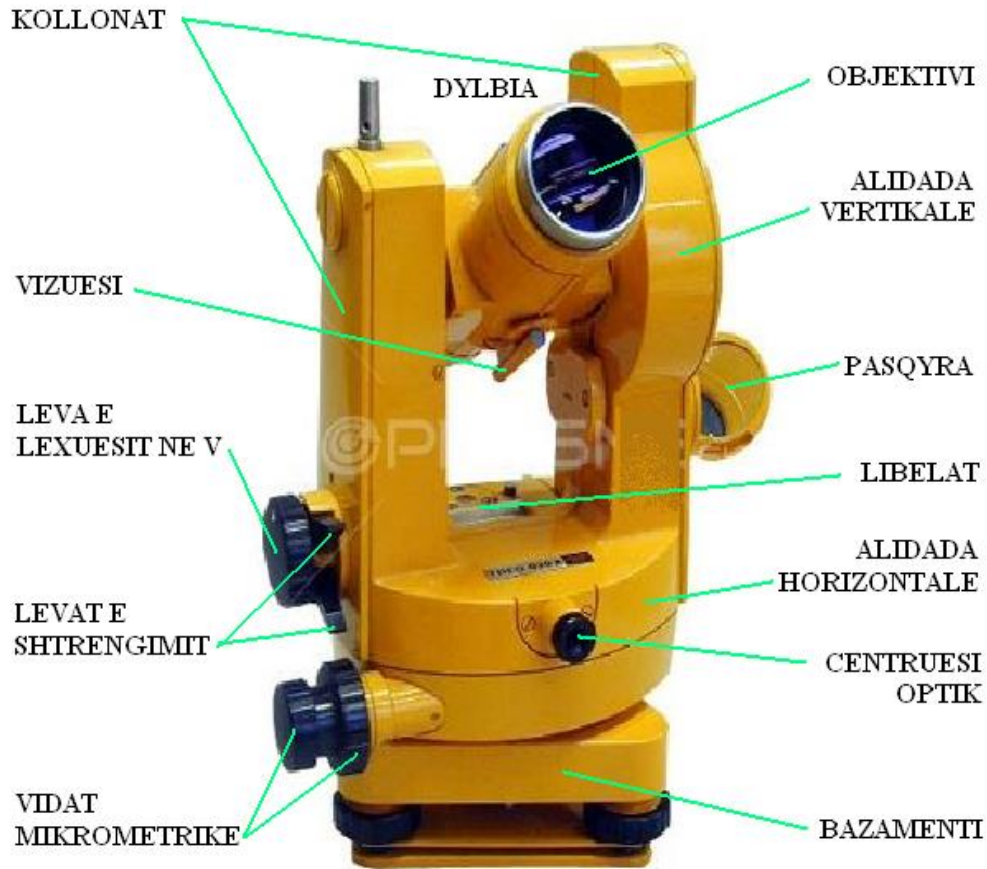


Fig.6. Konstruksioni i Teodolitit

Nga kjo figure ne jemi në gjendje të kuptojmë më mirë se si është i konstruktuar në tërësinë e vet teodoliti, kush janë pjesët e tij të brendëshme dhe hapësirat nëpër të cilat kalon rrezja e dritës (paraqitur me shigjetat jeshile dhe të verdha), rrugën që përshkruan ajo deri në dalje tek mikroskopi i leximeve. Në këtë prerje gjithashtu jepen me ngjyrë të verdhë dhe jeshile përkatësisht limba dhe alidada e rrethit horizontal dhe limba dhe alidada e rrethit vertikal (shih figurën 6).²²

²² Isufi, E. Gjeodezia e Përgjithshme 1

3.2. Teodoliti mekanik

Teodoliti mekanik është lloj i vjetër i konstruksioneve tek instrumentet gjeodezike dhe karakterizohet nga përdorimi i rrahëve ose limbit metalik i cili është i pajisur me një xham zmadhues të thjeshtë për lexim duke përdorur nonius. Noniusi, ose shkalla e Vernier-it, është një pajisje matëse e përdorur për të lexuar matje më të sakta në instrumente si teodolitët. Ai përbëhet nga një shkallë ndihmëse që rrëshqet përmbi shkallën kryesore dhe ndihmon në përcaktimin e njësi më të vogla të matjes, duke përmirësuar kështu saktësinë e leximit (shih figurën 7). Kur dy shkallët përputhen, mund të lexoni matjen deri në pjesë të vogla të një njësie, si për shembull, në sekonda ose miligon. Për ta kuptuar më mirë, imagjinoni një shkallë me të cilën mund të lexoni intervale më të vogla se ato të shkallës kryesore, duke e bërë matjen më të saktë.²³

Gjatë leximit të këtij limbit vrojtuesi apo operatori duhej të lëvizte rreth instrumentit , gjë që paraqiste mangësi të mëdha gjatë matjeve. (shih figurën 7)

Këto instrumente janë konstruksione të hapura, me dy libela cilindrike të vendosura në alhidadë. Dylbia e këtij konstruksioni zakonisht është e gjatë dhe ka një formë të boshtit vertikal konike, që të mundësoj një ekzekutim më të lehtë të matjeve (sipas mundësive të kohës kur këta teodolitë janë përdorur).²⁴

²³ **Kabashi, I. (2010):** *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

²⁴ **Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2006):** *Physical Geodesy*. Springer.



Fig.7. Teodolit mekanik me limbin vertikal te jashtem

I pari teodolit u ndërtua nga mekaniku anglez John Sisson në vitin 1730 dhe ishte i pajisur me një nonius që ofronte saktësi deri në 6 minuta këndorë (6'). Ky teodolit, ashtu si të gjithë teodolitët mekanikë të kohës, ishte i pajisur me libelë për të siguruar nivelimin e instrumentit. (shih figurën 7)

Gjatë shekujve të kaluar, teodolitët mekanikë u përmirësuan ndjeshëm, veçanërisht në cilësinë e pjesëve mekanike dhe optikës së dylbinit. Për shembull, dylbini i Ramsden, i projektuar në 1783, dhe dylbini i Kellner në 1849, përmirësuan ndjeshëm cilësinë e imazhit të vrojtuar. Gjithashtu, libela u zhvillua për të ofruar saktësi më të lartë në nivelimin e instrumentit. Megjithatë, në gjysmën e parë të shekullit XX, teodolitët mekanikë filluan të zëvendësohen gradualisht nga teodolitët optikë me rathë qelqi.²⁵

Përdorimi i qarqeve të qelqit në teodolitët optikë bëri të mundur ndërtimin e mikroskopëve më kompleksë që transferonin imazhin e limbit në një vend të përshtatshëm për lexim, duke aplikuar mikrometra optikë më të saktë. Teodolitët optikë u dalluan gjithashtu për përfshirjen e boshtave vertikalë cilindrikë, të cilët e lehtësuan ndjeshëm përdorimin praktik të instrumentit.

Teodolitët optikë, ose optiko-mekanike, janë instrumente me strukturë mekanike me cilësi të lartë, ku saktësia e funksionimit mekanik është baza për funksionimin e duhur të të gjithë instrumentit. Në Shtetet e Bashkuara, termat "transit" dhe "theodolite" përdoren për t'iu referuar teodolitëve.

²⁵ Kabashi, I. (2010): *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

"Transiti" korrespondon me një teodolit mekanik, ndërsa "optical reading transit" përdoret për teodolitët me mikroskopë më të ndërlikuar, ndërsa termi "theodolite" është karakteristik për teodolitët optikë europianë.

Me avancimin e teknologjisë, u zhvilluan teodolitët elektronikë, të cilët kanë një strukturë qarku për lexim dixhital duke përdorur sisteme elektronike. Sot, teodolitët mekanikë dhe optikë quhen teodolitë analogë, ndërsa teodolitët elektronikë quhen teodolitë dixhitalë.

Në vitin 1922, kompania Carl Zeiss prodhoi teodolitin e parë optik (Th I), duke filluar kështu një fazë të re në evolucionin e teodolitëve. Teodolitët me rrahë qelqi filluan të zëvendësojnë teodolitët tradicionalë me rrahë metalikë dhe nonius ose vidë me mikrometër për leximin e rrethit. Në vitin 1932, u ndërtua një teodolit optik njësekondësh nga e njëjta kompani. Në vitin 1959, Carl Zeiss prezantoi teodolitin e parë me kompensator (Theo 020), duke shtuar kështu një element të ri për saktësinë e matjeve.²⁶

Heinrich Wild, i cili themeloi kompaninë e tij në Zvicër në vitin 1923, zhvilloi teodolitin universal njësekondësh Wild. Ky instrument, që u avancua me kalimin e kohës, përfshinte kompensatorin në vitin 1973. Kur Wild u bashkua me kompaninë Kern në vitin 1935, ai dizajnoi teodolitët me dy dhe tre libela rrethore, si dhe me mikrometër për saktësi më të lartë. Në vitin 1972, Kern prodhoi teodolitin njësekondësh DKM2-AE me kompensator të lëngshëm dhe lexim dixhital të rrethit, duke përfaqësuar një hap të madh përpara në saktësinë dhe lehtësinë e përdorimit të teodolitëve.²⁷

3.3. Korrigjimi i pozicionit të indeksit të rrethit vertikal (limbit)

Për të matur këndet vertikale, teodolitët janë të pajisur me një rreth vertikal dhe një mekanizëm përkatës të leximit (detektimit) në një ose dy pika diametrale të limbit. Boshti horizontal i teodolitit duhet të kalojë përmes qendrës së ndarjes rrethore të limbit vertikal. Kur teodoliti është i niveluar, rrethi vendoset në pozicion vertikal. Rrethi vertikal mund të jetë prej metali ose qelqi, dhe ka një ndarje rrethore të limbit ose modele të tjera, në varësi të tipit të teodolitit dhe metodës së leximit. Gjatë lëvizjes së dylbinit rreth boshtit horizontal, rrethi vertikal zakonisht rrotullohet me të, ndërsa

²⁶ Lambeck, K. (1988): *A Short History of Geodesy*. Cambridge University Press.

²⁷ Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2012): *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson.

indekset e leximit mbeten të qëndrueshme (nuk lëvizin). Në konstrukcionet më të vjetra të teodolitëve me saktësi të lartë, indekset e leximit janë të lidhura me një libelë të veçantë, siç është libela e lartësisë ose libela e rrethit vertikal, ose janë të pajisura me kompensatorë të veçantë për stabilizimin automatik të indeksit. Në teodolitët mekanikë, dylbini mund të vendoset në një pozicion tjetër, por te të gjithë teodolitët modernë, dylbini mund të rrotullohet plotësisht rreth boshtit horizontal, dhe me rrotullim shtesë të alhidadës, vendoset në një pozicion tjetër. Ky operacion është shumë i rëndësishëm sepse të gjitha matjet e sakta kryhen në dy pozicione të dylbinit për të eliminuar gabimet e mundshme të instrumenteve. Para matjes së këndit vertikal, është e nevojshme që boshti vertikal të vendoset sa më saktë në pozicion vertikal, ose të korrigjohet pozicioni i indeksit para leximit, në varësi të tipit të instrumentit dhe metodës konstruktive. Në rastin e parë, kemi të bëjmë me teodolitët më të vjetër që përdornin libela cilindrike të vendosura paralelisht me rrafshin e rrethit vertikal dhe të lidhura fort me alhidadën, duke arritur nivelimin para se të synohet pika duke përdorur një vidë nën këmbë. Gjithashtu, është përdorur edhe një metodë tjetër - korrigjimi i pozicionit të indeksit, pra stabilizimi automatik i tij. Nga teodolitët e parë optiko-mekanik deri te teodolitët modernë të sotëm, janë zhvilluar zgjidhje të ndryshme konstruktive për vendosjen e boshtit vertikal në pozicion vertikal gjatë matjes së këndeve vertikale. Meqë zbatimi i këtyre zgjidhjeve është një nga karakteristikat themelore të zhvillimit të instrumenteve gjeodezike, do të përshkruajmë në këtë pjesë zgjidhjet karakteristike.²⁸

3.4. Indeksi për leximin e rrethit vertikal

Në këto pajisje, libela e lartësisë është e lidhur mekanikisht me indeksin e leximit qoftë direkt, si p.sh. në teodolitët mekanik, qoftë indirekt si në teodolitët optik, në të cilat është i lidhur me sistem optik për transferim të imazhit të limbit vertikal. Tek konstrukcionet e thjeshta në të cilat lidhet mekanikisht me indeksin për leximin e limbës vertikale, funksioni i libelës është si më poshtë: Nëse teodoliti është horizontal, pamja e tij KK do të jetë horizontale dhe boshti vertikal VV

²⁸ **Kabashi, I. (2010):** *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

vertikal. Leximi i këndit zenitit do të jetë 90° . Nëse boshti vertikal është i përkulur në rrafshin vizual nga një kënd α dhe zë pozicionin $V'V$, boshti vizual do të jetë i pjerrët me të njëjtin kënd dhe do të zërë pozicionin $K'K'$. Indeksi i leximit vjen në pozicionin I' , dhe niveli i rrethit vertikal nuk do të arrijë më kulmin. Leximi është i gabuar, sepse është akoma 90° , ndërsa boshti vizual ka këndin e zenitit $90^\circ + \alpha$. Për të shmangur këtë gabim, niveli i lartësisë arrihet para kulmimit të rrethit, me çka indeksi I zë pozicionin e saktë. (shih figurën 8)

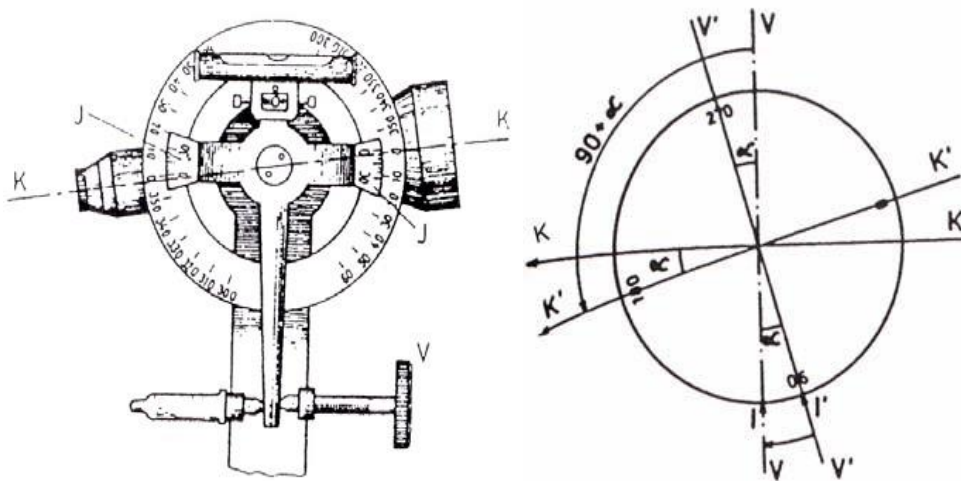


Fig.8. Teodoliti mekanik dhe pozicioni i indeksit për leximin e rrethit

Implementimi i libelës së lartësisë për korrigjimin e pozitës së indeksit ka një sërë mangësishë. Saktësia e matjes së këndit vertikal varet nga ndjeshmëria e libelës, si dhe nga ndikimet e jashtme në libelë. Përveç kësaj, kur matet këndi vertikal, është i nevojshëm kulmimi i libelës, gjë që e zgjatë matjen. Probleme të veçanta lindin nëse pozicioni i instrumentit është i paqëndrueshëm. Për të gjitha këto arsye, u tentua që procesi i korrigjimit të pozicionit të indeksit të automatizohet, në mënyrë që të shmanget jo vetëm kulmimi i libelës së lartësisë, por që ajo edhe të largohet nga teodoliti duke aplikuar kompensatorë optik. Nxitja për konstruksione të tilla u dha nga aplikimi shumë i suksesshëm i kompensatorëve në nivela në vitet '50. Konstruksionet e para vazhdojnë ta mbajnë libelën, por procesi u automatizua. Sidoqoftë, për shkak të mangësive të libelës, këto konstruksione nuk u zhvilluan më tej, dhe fabrika ASKANIA në Berlin në 1956 aplikoi kompensatorë optik në vend të libelës. Në teodolitët optik, sistemi optik i mikroskopit të rrethit vertikal paraqet ndarjen e limbës vertikale në rrafshin e ekranit para okularit, ku ndodhet edhe indeksi i leximit (shih figurën 8). Nëse është i saktë pozicioni i projekcionit optik I' të indeksit I ,

ndërsa kur boshti vertikal është i pjerrtë gjatë rrotullimit të alhidadës rreth boshtit të pjerrtë ajo mund të arrijë në një pozicion tjetër të pasaktë, nga veprimet e një kompensatori optik të veçantë (në vend të libelës që do ta kulmonim) arrihet që projeksioni optik i indeksit të mbetet në pozicionin e duhur I'. Në këtë rast themi se indeksi është stabilizuar automatikisht, që do të thotë se ndikimi i komponentës së pjerrtësisë së boshtit vertikal në rrafshin vizual është kompenzuar, dhe leximi i rrethit vertikal i referohet drejtimin të vertikalës. Ekzistojnë një numër i madh i modeleve të kompensatorëve optik sepse ato aplikohen te shumica e teodolitëve. Kompensatorët mund të jenë: - lëngje - elemente optike në lavjerrës (kompensatorë mekanik).²⁹

3.4.1. Kompensatori me lëng

Një kompensator i tillë e posedon teodoliti i kompanisë Wild T1-A. Teodoliti Wild T1-A është i po të njëjtës strukturë si T1, por në vend të libelës së lartësisë ai ka një kompensator - një enë metalike e mbuluar me qelq të vegjël (pllaka planparalale) për kalimin e rrezeve të dritës, dhe pjesërisht mbushur me lëng (vaj silikon) të indeksit thyesor $n = 1,4$. Kjo enë është e vendosur në pjesën e sipërme të teodolitit, në mes të objektivit të mikroskopit *Ob* dhe rrethit vertikal, përkatësisht të projeksionit të saj I', në rastin kur boshti vertikal i teodolitit është vertikal. Në këtë rast, shtresa e lëngut në enë formon një pllakë paralele. Rrezet e dritës të pasqyruara nga indeksi I në ndarjen e limbës vertikale kalojnë nëpër shtresën e lëngut pa ndryshuar drejtimin, kështu që nuk ka ndryshime gjatë pasqyrimin. Indeksi I, është projektuar nga sistemi optik në pozicionin I', i cili paraqet pozicionin e saktë të indeksit për leximin e limbës vertikale. Në atë rast, në pozicionin horizontal të boshtit vizual K, pra me këndin e zenitit $z_1 = 90^\circ$, leximi i limbit vertikal $O_1 = 90^\circ$.

²⁹ Kabashi, I. (2010): *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

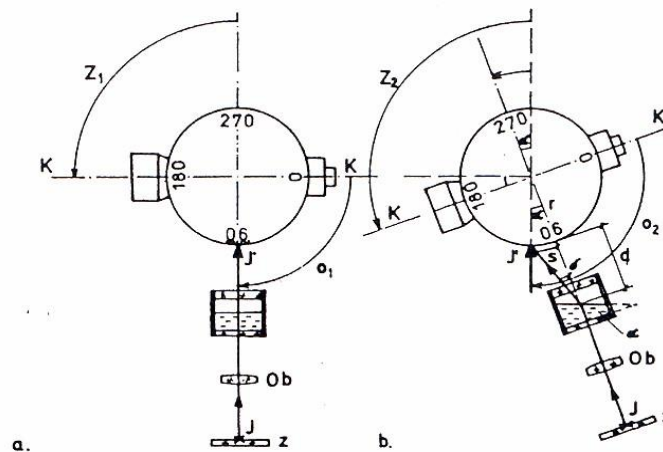


Fig.9. Kompensatori me lëng

Nëse boshti vertikal është i përkulur në rrafshin vizual nga këndi α , boshti vizual K do të lakohet për të njëjtën vlerë drejt horizontales sikurse edhe boshti optik i vizatuar i objektivit Ob në raport me pozicionin e mëparshëm. Këndi i zenitit është $z_2 = 90^\circ + \alpha$. Pa veprimin e kompensatorit, leximi O2 do të mbetet 90° , dhe duhet të ishte $90^\circ + \alpha$. Mirëpo, për shkak të pjerrtësisë së boshtit vertikal, lëngu në enë formon një pykë optike të këndit refraktiv α , i cili vepron si një kompensator, dhe indeksi I pasqyrohet automatikisht në pozicionin e saktë I. Gama e kompensimit është $2' \pm (40 \text{ mgon})$ dhe saktësia e kompensimit është shumë e lartë. Gabimi i stabilizimit është $\pm 0.3'' (0,1 \text{ mgon})$ (shih figurën 9).

3.4.2. Elementet optike me luhatje – Kompensatori mekanik

Elementë të ndryshëm optikë individual (thjerrëzat, prizmat, pllakat planparalele), lentet e mikroskopit ose i gjithë sistemi optik i mikroskopit në lavjerrës u përdorën si kompensatorë. Sipas konstruksionit të lavjerrësit, ai lëkundet lirshëm, ose përdoren lavjerrësit me devijim të detyruar nga veprimi i spiraleve speciale përkatësisht transmetimeve mekanike. Nevoiten kompensator special për të zvogëluar lëkundjet.³⁰

³⁰ Kabashi, I. (2010): *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

3.4.3. Kompensatorët me lavjerrës

Parimi themelor mbi të cilin mbështetet aplikimi i lavjerrësve të lirë është se boshti i tyre vendoset vazhdimisht në drejtim të vertikales për shkak të veprimit të forcës së gravitetit, pavarësisht nga pjerrtësia e boshtit vertikal. Kështu, elementet optike të cilat veprojnë si faktorë kompensues, të lidhur me lavjerrës, zënë një pozicion të përcaktuar vazhdimisht në hapësirë në zonën e kompensimit, pavarësisht nga pjerrtësia e instrumentit. Teodoliti KERN K1-A ka një objektiv mikroskopi të një rrethi vertikal të përbërë nga dy pjesë, 4a dhe 4b, nga të cilët pjesa 4a, më afër rrethit, gjendet në lavjerrës.

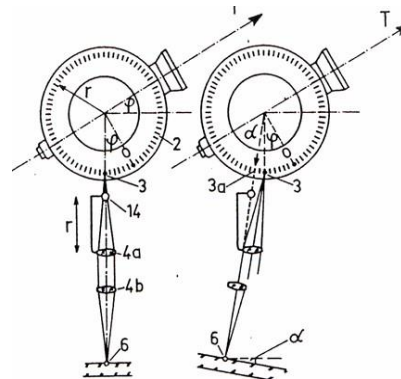


Fig.10. Kompensatori me lavjerrës

Në figurë shihet së pari pozicioni i lavjerrësit dhe objektivit të rrethit vertikal kur teodoliti është horizontalizuar dhe boshti vizual drejtohet në pikën T të këndit të lartësisë φ . Pozicioni 3 i limbit vertikal do të shënohet mbi pozicionin 6 të limbit horizontal në indeksin e leximit. Diagrami i mëposhtëm tregon shikimin e së njëjtës pikë T përgjatë boshtit vertikal të pjerrtë. Pa veprimin e kompensatorit, pozicioni i limbit 3a do të shënohej në indeks dhe leximi do të ishte i gabuar për këndin α . mirëpo, me veprimin e kompensatorit në lavjerrës, pozicioni i saktë i limbës 3 është shënuar në indeks, dhe leximi i këndit vertikal do të jetë $z = 90 - \varphi$ (shih figurën 10).

Ky teodolit me mikrometër optik për lexim të vetëm klasifikohet si një instrument i rendit më të ulët dhe zakonisht përdoret në matjet e detajeve dhe në punimet e vendosjes ku nuk kërkohet saktësi e lartë. Teleskopi ka një gjatësi prej 146 mm, një aperturë të qartë të objektivit prej 38 mm dhe një distancë minimale të fokusimit prej 1.6 m. Ndjeshmëria e libelës së lartësisë, e cila është e vendosur në majë të teodolitit, dhe libelës së pllakës janë përkatësisht 30" dhe 45". Në këtë instrument, leximet merren vetëm në një anë të rrethit horizontal (prandaj quhet lexim i vetëm), megjithatë merren masa të veçanta në dizajnimin dhe prodhimin e instrumentit për të minimizuar

gabimet në qendërzimin e rrethit. Intervali i gradimit të rrethit horizontal dhe vertikal është 20 minuta dhe të dy këto lexime mund të shihen përmes të njëjtës lente." (shih figurën 10)

"Teodoliti gjithashtu përfshin një plum vertical optik të integruar për qendrim mbi shenjat tokësore, dhe një mikrometër optik. Mikrometri lejon leximin direkt të rrathëve deri në 20" dhe të vlerësohet deri në 5". Leximet e mikrometrit lexohen përmes një lenteje që mund të rrotullohet për të qenë paralele me planin vertikal që përmban boshtin e teleskopit. Kjo ofron një avantazh për vrojtuesin, pasi nuk është e nevojshme të lëvizë në anë të instrumentit për të marrë leximin.

3.4.4. Kompensatorët me devijim të detyruar

Teodoliti Th2 i kompanisë Zeiss-Opton, Oberkochen, ka kompensator me dy pllaka paralele të vendosura në katërkëndësh me nyje në formë të shkronjës X. Me ndihmën e pllakave planparalele shënohen pozicionet diametrale të rrethit vertikal. Pjerrtësia e boshtit vertikal transmetohet me rrotullimin e pllakave me një faktor të caktuar transferimi mbi katërkëndëshin e artikulluar (me nyje). Kjo shkakton një zhvendosje korresponduese të rrezes së dritës, dhe pozicioni i indeksit kompensohet.³¹

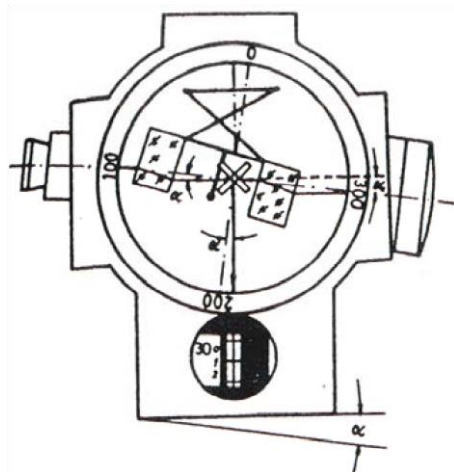


Fig.11. Kompensatori me devijim të detyruar

³¹ Kabashi, I. (2010): *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike*. Universiteti i Prishtinës.

3.5. Horizontimi automatik i indeksave - kompensatorët

Para çdo leximi duhet verifikuar kulmimin e flluskës mbi libelë, gjatë leximit të shumë këndeve vertikale mund të anashkalohet kjo kërkesë. Por, edhe po të kihet kujdes në këtë gjë, gjatë tërë kohës së punës mund të mos jetë kulmimi korrekt i flluskës në libelën e alhidadës horizontale. Kësaj mund ti shtohet edhe lëvizja e tepërt dhe e panevojshme rreth instrumentit. Fillestari edhe harron ta kulmojë flluskën në libelë dhe kështu në të dhënat e matjeve të këndeve vertikale futë gabim sistematik. Pra paraqiten shumë mangësi. Përparim i caktuar në këtë drejtim ishte shikimi i libelës me prizma e cila gjë ka eliminuar lëvizjen e tepërt rreth instrumentit. Për këto shkaqe është paraqitur nevoja e futjes së një risie në këtë drejtim që të eliminohet tërësisht libela e rrethit vertikal nga teodoliti, njëkohësisht të shpejtohet puna gjat matjës me horizontimin automatik të indeksave. Kompensatorët të parë, për këtë qëllim, paraqitën që në vitin 1950. Në teodolitin Th 3 (Zeiss Oberkochen 1953) është përdorur një sistem optik i posaqëm, në mënyrë që skaji i libelës të përdoret si indeks leximi. D.m.th. indeksi i lëvizëshëm automatikisht ka korrigjuar ndikimin e luhatjeve të boshtit horizontal të teodolitit në leximin korrekt të këndit vertikal. Përdorimi i flluskës së libelës për këtë qëllim kishte mangësi (sidomos në përdorimin e libelave me ndieshmëri të madhe) kështuqë, ky sistem nuk është përvetësuar si bazë për automatizim. Është firma ASKANIA (Berlin 1956), e cila libelën e zvendëson me një kompensator. Kompensatori korrekton pozitën e indeksit (për leximin e këndit vertikal) ndaj rrethit vertikal. Përgjithësisht sot të gjitha firmat prodhojnë instrumenta gjeodezik me:

- a. Kompensator me lëng,
- b. Kompensator optik.

3.6. Teodolitët elektronik

Që në vitin 1965 paraqiten teodolitët e parë elektronik. Zhvillimi i teodolitëve optik ka qenë i hovshëm deri në këtë kohë. Mirëpo, kërkesat e mdha, gjithnjë e në rritje, kanë aktualizuar problemin e vjetër, ndikimin e faktorit njeri në rrezultatit e matjeve gjeodezike. Njeriu duhet të eliminohet nga procesi i matjeve por të jetë mbi procesin e matjeve. Mbi procesin e matjeve qëndron automatizimi i shpikur dhe i zbatuar nga njeriu. Kjo nënkupton njëkohësisht dhe imperativin: punë panderprerë (kontinuele) deri në produktin final (puna në teren, regjistrimi automatik i shënimeve

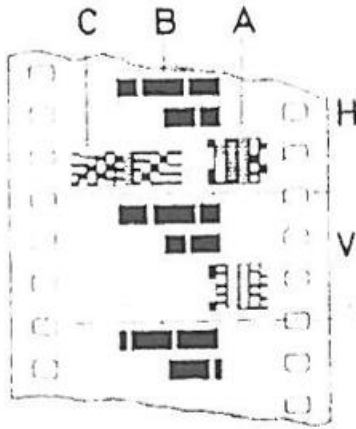


Fig.13.Regjistrimi në film i këndit vertikal dhe horizontal

Në këta hapa të parë të ndërtimit të këtyre film i kendit horizontalane teodolitëve automatizimi ka qenë i ndërlikuar tepër, por kjo ka bërë shpejtimin e punëve gjeodezike më saktësi të knaqëshme. Kjo mënyrë e atomatizimit ka zgjuar interesimin për përparim të vazhdueshëm në këtë fushë, duke çuar më tej perfeksionimin e këtyre instrumentave me aplikimin gjithnjë e më tepër të mikroprocesorve në mikrollogaritës (KERN 1977).

Teodolitët elektronik i karakterizon njësia elektronike shumë funksionale. Në fakt teodoliti i përmbanë të gjitha pjesët themelore që i përmbanë teodoliti konvensional ("klasik"). Komponentat elektronike në rradhë të parë kanë të bëjnë me leximin e këndeve (dhe gjatësisë), regjistrimin e tyre si dhe përpunimin automatik. Futja automatike e shënimeve në memorje përkatëse ka shpejtuar shumë procesin e matjës në terren. Llogaritjet e përkohshme gjatë punës në terren, bëjnë të mundur kontrollimin e matjeve, gjë që ka eliminuar daljen e sërishme në terren për të marrë shënime korrekte.

Gabimet instrumentale mund të memorizohen kështuqë në mënyrë auto- matike bëhen korrigjimet e caktuara në rezultatin e matjeve. P.sh. te teodoliti elektronik këndet maten vetëm në një pozitë të dylbisë, sepse me softuerin që posedon teodoliti merret parasysh gabimi i kolimacionit. D.m.th. rezultati i matjës korrigjohet në mënyrë automatike. Analiza e ekzistimit dhe madhësisë së gabimit të kolimacionit bëhet në laboratorin e fabrikës para dhënies në përdorim të prodhimit final. Marrja në konsiderim e korrektuarave të caktuar, si kjo, të shkaktuara nga mekanika e teodolitit e ka edhe anën e dobët sepse ato janë konstante (parametra të dhënë në datën e prodhimit). Me këtë imponohet stabiliteti i konstruksionit mekanik për një kohë të gjatë. Nëse luhatet stabiliteti i

mekanikës së instrumentit (për shkaqe të ndryshme: përdorimi i gjatë, dëmtimi fizik, lënja në kushte jo të përshtatshme atmosferike gjatë mospërdorimit të tij, etj.) konstantet e futura në softuerin e tij humbin efektin. Stabiliteti i teodolitit përcaktohet me kualitetin mekanik, ndërtimin e rrathëve, sistemin e regjistrimit, kualitetin e kompensatorëve dhe dylbisë. Elektronika që posedon teodoliti elektro-optik përveç që mundëson regjistrimin dhe korrigjimin automatik të gabimeve instrumentale ajo mund edhe ti matë këto gabime p.sh. të pjerrësisë së boshtit vertikal por edhe ta horizontojë teodolitin në mënyrë digjitale. Është e qartë se edhe kompensatorët kanë psuar përparim me inkuadrimin e elektronikës së caktuar. Edhe përkundrejtë aplikimit të sistemeve automatike elektronike roli i njeriut është i pazavendësueshem.

3.6.1. Leximi dhe regjistrimi automatik i këndeve

Siç është parë deri më tani, leximi i këndeve në teodolitin optik bëhej në mënyrë të vazhdueshme në një shkallëzim me intervale konstante në mënyrë të drejtëpërdrejtë. Interpolimi (mesndarja) i mëtejshëm arrihet përmes mjeteve ndihmëse, si mikrometrat. Megjithatë, këtë interpolim nuk mund ta quajmë fiks dhe të pandryshueshëm. Një interpolim në një mikrometër i bërë në një kohë dhe datë të caktuar, në një kohë dhe datë tjetër mund të mos jetë identik me interpolimin e parë. Me fjalë të tjera, marrja e informacionit mbi vlerat ndërmjetëse të një këndi, teorikisht është e pakufishme. Nga ky shkak lindin dhe dilemat nëse një kënd është lexuar saktë ose jo, pavarësisht se me këtë rast përdorim mjete optike zmadhuese.

Elektronika bazohet në numrat binarë. Sistemi binarë bazohet në sistemin e dyshës, përkatësisht në dy numra: 0 dhe 1, ose në sistemin "ka" dhe "s'ka" (p.sh., ka rrymë, s'ka rrymë; ka dritë, s'ka dritë; ka sinjal, nuk ka sinjal, etj.). Teknika digjitale e matjes dhe e llogaritjes bazohet në sinjalet binare.

Imponimi i sistemit dysh mund të krahasohet me një interval (të caktuar fizikisht) me dy viza (në limbë) i cili pra mund të interpolohet (mesndahet) në pakufi mënyra. Në sistemin digjital, mesndarje nuk ka. Ekziston një hap konstant i cili mund të jetë shumë i vogël dhe që varet nga vendet decimale që posedon indikatorin (ekrani) i instrumentit gjeodezik. Edhe këtu kemi të bëjmë me "konfliktin" e përhershëm midis sistemit binar dhe sistemit decimal të numrave, zgjidhur me shndërruesin ADC (Analog-Digital Converter).

Për zbatimin e shndërrimit dhe regjistrimin analog-digjital të këndit, teodoliti elektronik posedon limbë me ndërtim të posaçëm. Këtu kemi të bëjmë me detektimin (jo matjen) dhe regjistrimin e këndit. Ekzistojnë tri mënyra bazë të regjistrimit të këndit:

- a. Mënyra absolute (limba e koduar),
- b. Mënyra relative (limba me ndarje), dhe
- c. Mënyra dinamike.

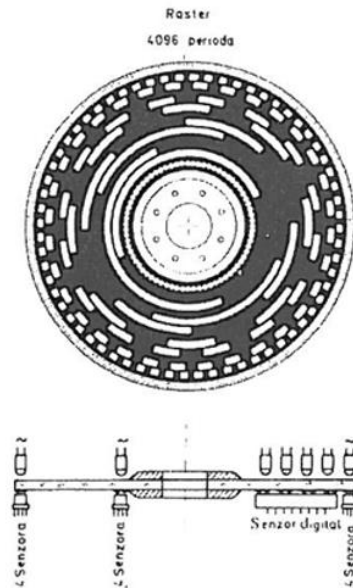


Fig.14.Limba prej xhami me staza sinusoidale, staza për kodim, dhe raster (TS HP 3820A)

a. Mënyra absolute e regjistrimit kërkon kodimin e limbës. Limba kodohet me vendosjen e stazave koncentrike. Këto staza janë të përbëra prej fushëzave me gjatësi të ndryshme të cilat lëshojnë ose nuk lëshojnë dritën. Mbi çdo stazë koncentrike është vendosur nga një diode luminiscente si burim drite. Nga ana e poshtme gjendet fotodioda e cila merr dritën (numri 1) nëpër fushëza të tejdukshme, të cilën e shndërron në sinjal elektrik. Numri binar 0 formohet nga fushat që nuk lëshojnë dritën luminiscente.

Më së shumti përdoret detektimi optik (fotoelektrik). Në limbë nuk ka numra, por secilës fushë i është dhënë vlera nominale me renditje impulsash, i cili si sinjal i koduar në mënyrë binare dërgon një shifër të caktuar (19) në ekranin e teodolitit.

Mënyra absolute është përdorur edhe në takometrin elektronik integral TOTAL STATION 3820 A, Hewlett-Packard (1977). Limba është ndërtuar me raster.

b. Mënyra relative e regjistrimit të këndit implikon ndërtimin e limbës me ndarje. Është kjo një mënyrë krejtësisht e re e ndërtimit të limbës dhe e leximit këndor. Limba me ndarje është përdorur për herë të parë në teodolitin DIGIGON.

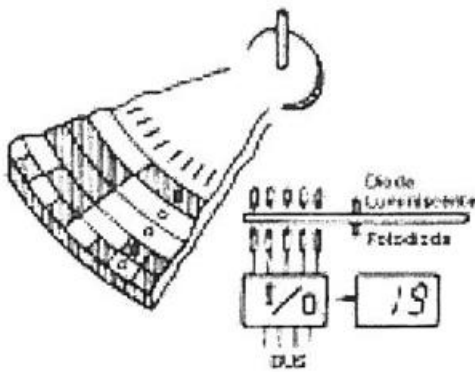


Fig.15. Mënyra e detektimit optik me limbën inkrementale

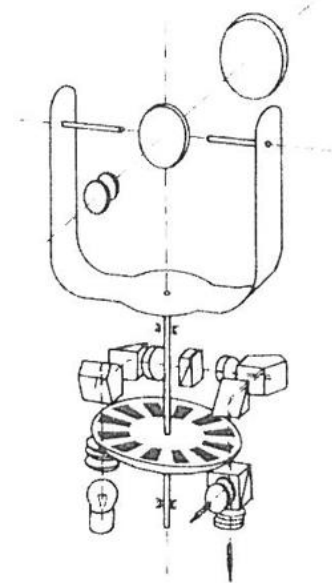


Fig.16.Ndërtimi i teodolitit dixhital DIGIGON

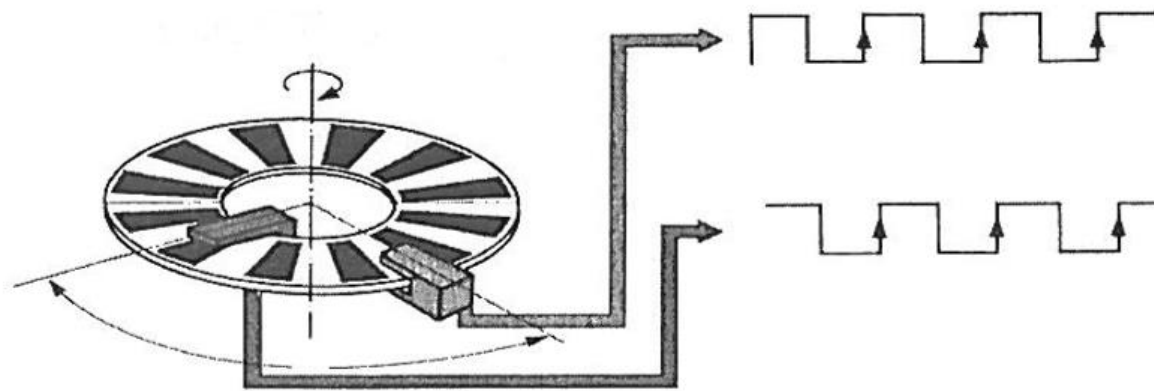


Fig.17.Matja e këndit me mikroprocesor (në mënyrë elektronike)

3.6.2. Karakteristikat Teodolitëve Elektronikë

Teodolitët elektronikë përfshijnë të gjitha pjesët themelore dhe funksionet e teodolitëve konvencionalë, por me karakteristika dhe mundësi të zgjeruara që i bëjnë ata shumë më të avancuar. Siç nënkupton emri, këto teodolitë kanë komponentë elektronikë të integruar, të cilët janë të domosdoshëm për funksionimin e përgjithshëm të instrumentit. Kjo veçanërisht i referohet pajisjeve të leximit dhe regjistrimit të këndeve. Teodolitët elektronikë mundësojnë marrjen e vlerave këndore në një formë që lejon regjistrimin dhe përpunimin automatik të të dhënave. Kjo do të thotë që të dhënat mund të transferohen automatikisht në memorie dhe më pas në pajisje të tjera periferike si kompjuterë, printera, ose njësi të tjera të ngjashme.

Afishimi dixhital i këndeve horizontale dhe vertikale në ekran është një përfitim shtesë, pasi regjistrimi automatik i të dhënave në memorie është shumë më i dobishëm. Ky regjistrim automatik jo vetëm që lehtëson punën e operatorit, por edhe përshpejton procesin e regjistrimit të të dhënave, duke eliminuar gabimet që mund të ndodhin gjatë leximit dhe regjistrimit manual.

Përpunimi i pjesshëm i rezultateve të matjeve në terren me ndihmën e kompjuterit mundëson llogaritjen dhe verifikimin e rezultateve të arritura, gjë që në rast të mospërputhjeve, bën të panevojshme daljet e mëtejshme në terren, duke rritur ndjeshëm efikasitetin e matjeve. Ajo që dikur ishte e paimagjinueshme është bërë realitet; përpunimi i pjesshëm i rezultateve të matjeve në terren është bërë një kërkesë për matje racionale. Në matjet moderne, gjithnjë e më shumë, funksioni i llogaritjeve po zhvendoset nga zyra në terren. Duke përdorur një mikrokompjuter me mikroprocesor, njësi ruajtjeje dhe njësi hyrje-dalje, funksionaliteti i teodolitëve elektronikë zgjerohet ndjeshëm, duke mundësuar llogaritje shtesë.

Gabimet instrumentale mund të ruhen në mënyrë që teodoliti të korrigjojë automatikisht rezultatet e matjeve, gjë që mundëson matje vetëm në një pozicion të dylbës. Po konsiderohet edhe prodhimi i teodolitëve me gabime më të mëdha instrumentale, gjë që do të zvogëlonte ndjeshëm koston e prodhimit, me kompjuterët që do të korrigjonin automatikisht rezultatet përmes softuerëve të përcaktuar nga kompani të specializuara. Megjithatë, kjo mund të krijojë sfida në mirëmbajtjen dhe riparimin e instrumenteve, pasi konstantat e korrigjimit të gabimit duhet të jenë të qëndrueshme, që nënkupton një stabilitet edhe më të madh mekanik të instrumenteve.

Saktësia e teodolitëve elektronikë varet nga harmonizimi i saktë i funksioneve dhe saktësia e pjesëve kryesore, si cilësia mekanike (p.sh. boshti), stabiliteti, performanca e qarqeve dhe sistemit të regjistrimit, si dhe kompensatori dhe dylbës. Qarqet elektronike dhe sistemet e tyre jo vetëm që mundësojnë llogaritjen dhe ruajtjen e gabimeve instrumentale me korrigjime automatike, por në

disa raste, mund t'i masin ato dhe t'i shfaqin ato në mënyrë dixhitale në ekran. Teodolitët elektronikë gjithashtu mund të kontrollojnë saktësinë e funksionimit të disa pjesëve individuale. Përmes vetë-diagnostifikimit ose vetëkontrollit, ato ofrojnë informacione në ekran në rast gabimesh, gjë që lejon kontroll dhe ndërhyrje në kohën e duhur. Edhe në sistemet e automatizuara, roli i operatorit mbetet i rëndësishëm për analizën objektive dhe kontrollin e sistemit.



Fig.18. Teodoliti elektronik Nikon NE-100 10”

3.6.3. Regjistrimi automatik i të dhënave nga matjet

Regjistrimi automatik i të dhënave ka shënuar një përparim të madh në matjet gjeodezike, duke sjellë racionalizimin dhe përmirësimin e procesit. Ky zhvillim u bë i mundur me futjen e teodolitëve elektronikë dhe përdorimin e moduleve për ruajtjen e të dhënave. Qëllimi kryesor ishte lehtësimi i punës së vëzhguesit, duke e çliruar atë nga regjistrimi dhe transmetimi manual i të dhënave. Me regjistrimin automatik, të dhënat mund të përpunohen lehtësisht më vonë në një kompjuter, duke rritur ndjeshëm shpejtësinë dhe saktësinë e procesit të matjeve.

Këto sisteme gjeodezike janë modulare dhe përbëhen nga disa komponentë harduerikë dhe softuerikë, që së bashku përbëjnë një sistem të plotë për matje, regjistrim, përpunim dhe paraqitje të të dhënave. Këta komponentë përfshijnë instrumente elektronike, regjistruer terreni, kompjuterë

dhe pajisje për transferimin e të dhënave. Në mënyrë të veçantë, këto sisteme mund të ruajnë të dhëna matjesh, t'i llogarisin dhe t'i paraqesin në formë dixhitale për përdorim të mëtejshëm.³⁴

Metodat kryesore për regjistrimin dhe transferimin e të dhënave:

1. **Shirita magnetikë:** Të dhënat e matjes mund të regjistrohen në kaseta magnetike të vendosura në pajisje shtesë të instrumentit. Më pas, të dhënat lexohen me një lexues të veçantë ose transferohen direkt në një kompjuter për përpunim të mëtejshëm.

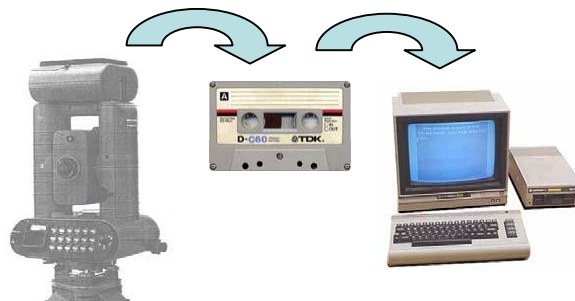


Fig.19. Regjistrimi me shirit magnetik

2. **Regjistruues terreni:** Këto pajisje lidhen drejtpërdrejt me instrumentin përmes kablove, duke regjistruar automatikisht të dhënat e matjes në memorien e regjistruesit. Operatorët mund të shtojnë manualisht të dhëna si data, kushtet atmosferike, dhe numri i instrumentit. Të dhënat mund të ruhen në format binar ose ASCII, dhe regjistruesit ofrojnë mundësi për kërkim, modifikim dhe fshirje të të dhënave në terren. Disa regjistruues funksionojnë si procesverbale elektronike, ku të dhënat futen manualisht përmes tastierës së pajisjes.



³⁴ Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2012): *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson.

Fig.20. Regjistrim direkt nga terreni

3. **Moduli REC:** Ky modul është një çip memorie që futet në instrument, duke mundësuar ruajtjen e të dhënave pa nevojën e lidhjeve të jashtme. Të dhënat mbeten të ruajtura edhe pas shkëputjes së modulit nga sistemi matës. Kapaciteti i modulit REC varion nga 64 kB deri në 128 kB. Ky modul lidhet me kompjuterin përmes një pajisjeje leximi për të transferuar të dhënat.

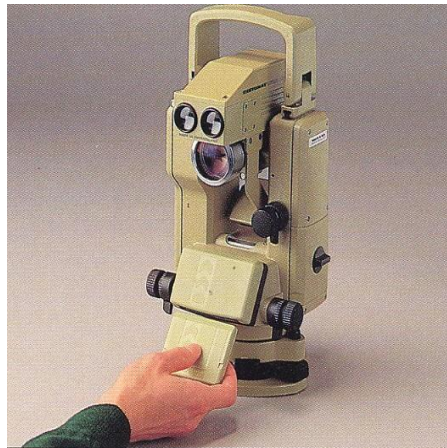


Fig.21. Moduli REC

4. **Memoria e brendshme e instrumentit:** Disa instrumente përmbajnë memorie të brendshme për ruajtjen e të dhënave të matjes, dhe transferimi i tyre në kompjuter bëhet përmes një lidhjeje serike RS-232. Kjo lejon që transferimi i të dhënave të bëhet edhe në terren nëse disponohet një laptop.



Fig.22. Instrument me memorie te brendshme

5. **Kartat e memorjes (PCMCIA):** Këto karta futen në shtëpizën e instrumentit dhe ofrojnë kapacitet të madh për ruajtjen e të dhënave, që varion nga 0.5 MB deri në 85 MB. Me një kartë prej 1 MB mund të ruhen deri në 10,000 pika të regjistruara. Shumica e instrumenteve moderne përdorin kartat PCMCIA për ruajtjen dhe transferimin e të dhënave.

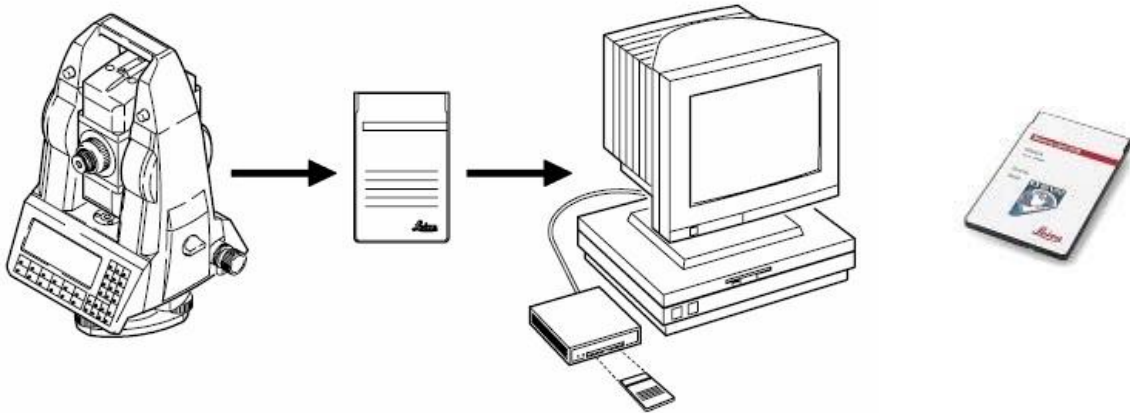


Fig.23. Kartat e memories (PCMCIA)

Metodat e transferimit të të dhënave:

- Transferimi mund të bëhet përmes linjave telefonike duke përdorur modem, veçanërisht kur vendi i punës është larg zyrës.
- Transferimi i drejtpërdrejtë përmes interfejsit RS-232 nga regjistruesi në kompjuter.
- Transferimi në disketë për përpunim të mëtejshëm.

Këto metoda e kanë bërë procesin e regjistrimit të të dhënave më të thjeshtë dhe më efikas, duke mundësuar përpunimin e tyre në mënyrë dixhitale dhe në kohë reale.

3.7. Shqyrtimi i teodolitëve elektronikë

Sot, teodolitët elektronikë gjithnjë e më shumë po zëvendësohen me takimetra elektronikë në kantierë ndërtimi dhe për punimet e sakta gjeodezike. Sidoqoftë, modele të destinuara për qëllime piketimi të objekteve të ndryshme në kantierë dhe për punë të tjera të ngjashme ende janë në prodhim. Karakteristikat e tyre themelore teknike janë paraqitur në Tabelën 1.

Tabela 1. Karakteristikat teknike të teodolitëve elektronikë

Modeli	TM5100A Leica	DT210 Sokkia	DT-205 Topcon	DT202C (L) Foif
Zmadhimi i dylbisë	32x	30x	30x	30x
Lexuesi i të dhënave	0.1"	1"	1"/5"	1"/5"
Saktësia e matjes së këndit	0.5" (ISO 17123-3)	2" (ISO 17123-3)	5" (ISO 17123-3)	2" (DIN 18723)
Saktësia e kompensatorit	±0.3"	±1"	±3' (vetëm kompenzim vertikal)	3'
Indeksi i korigjimit automatik	PO	PO	PO (indeksi i leximit të limbes)	PO
Regjistruesi	PCMCIA kartë + RS232	Të jashtëm	PO, përmes RC-232C	RS-232C
Përpunimi automatik i të dhënave të matura	PO	PO (me regjistrues të jashtëm kompjuterik)	PO (me regjistrues të jashtëm kompjuterik)	PO (me regjistrues të jashtëm kompjuterik)
Aplikacioni	Triangulacion i nivelit më të lartë	Matje kontrolli, matje rrejtë trigonometrik të rendit të 3-të dhe të 4-të	Punimet e ndërtimit, poligonometria	Matje kontrolli, matje rrejtë trigonometrik të rendit të 3-të dhe të 4-të
Masa e instrumentit	7.3 kg	4.7 kg	4.1 kg	4.8 kg

4.0. Gjatësimatësi

Matja e gjatësisë është një nga aspektet më thelbësore të matjeve gjeodezike. Nevoja për të matur distancën midis pikave në një gamë të gjerë, nga gjatësi shumë të shkurtra deri në 100 km e më shumë, shpesh me një saktësi të lartë, ka nxitur zhvillimin e instrumenteve dhe pajisjeve të ndryshme.

Metoda më e thjeshtë dhe më tradicionale për matjen e gjatësisë është *metoda mekanike*. Kjo metodë ka qenë në përdorim që nga fillimet e matjeve, duke përdorur mjete primitive në fillim dhe më vonë pajisje më të sofistikuar. Në këtë metodë, përdoren penjë, tela ose latë me gjatësi të caktuar, dhe matja bëhet në një mënyrë graduale duke transferuar elementin matës përgjatë distancës që duhet matur. Një faktor i rëndësishëm për këtë metodë është qëndrueshmëria e elementit matës, e cila është e ndjeshme ndaj ndryshimeve të temperaturës. Me përdorimin e shirita matës, gabimet relative arrihen nga 10^{-3} deri 10^{-4} . Saktësia më e lartë në matjen mekanike arrijnë me përdorimin e telave invar për distanca deri në 24 km, me një gabim mesatar prej ± 0.3 deri ± 0.5 mm / km. Megjithatë, kjo metodë has probleme në terrene të ndërlikuara si pyje, sipërfaqe moqalike dhe rrjedha ujore.

Matja optike e gjatësisë, e cila përdor *gjatësimatësit optikë* dhe aplikon interferencën e dritës, adreson disa nga këto mangësi. Megjithatë, këta instrumente kanë një gamë të kufizuar dhe ndihmohen nga ndikimi i atmosferës në saktësinë e matjeve. Gjatësimatësit optikë janë të ndërtuar në mënyrë të thjeshtë dhe saktësia e tyre është e kufizuar, me gabime relative nga 10^{-3} deri 10^{-4} (1-10 cm / 100 m).³⁵

Metoda e tretë për matjen e gjatësive përdor *gjatësimatës elektronikë*, të cilët përdorin valë elektromagnetike për të përcaktuar gjatësi duke matur kohën e kalimit të dyfishit të distancës. Këta instrumente ofrojnë një gamë shumë më të madhe dhe janë më të shpejtë. Gjatësimatësit elektronikë japin gabime relative nga 10^{-4} deri 10^{-6} , por ndryshimet e temperaturës edhe për vetëm 1°C mund të shkaktojnë gabime relative deri në 10^{-6} . Me dizajne të avancuara, është e mundur të arrihen gabime relative deri në 10^{-7} dhe më të mira.

³⁵ Kogoj, D. (2006): *Mjerenje duljine elektroničkim tahimetrira*.

4.2. Gjatësimatësi optik Reichenbach

Gjatësimatësi optik i llojit Reichenbach bazohet në matjen e këndeve horizontale dhe pjerrësive mes dy pikave në terren, të cilat pastaj përpunohen për të llogaritur distancën horizontale. Instrumenti përfshin një dylbi me rrotullim horizontal dhe vertikal, që e lejon operatorin të masë këndin e pjerrësisë (φ) midis dy pikave të caktuara, si A dhe B.

Procesi matës realizohet në këtë mënyrë:

- **Vendosja e dylbisë dhe shënimi i këndit:** Operatorit i kërkohet të vendosë dylbinë në pikën e parë (p.sh., pika A) dhe të rreshtojë vizimin drejt pikës tjetër të synuar (pika B), duke regjistruar këndin e pjerrësisë φ .
- **Përdorimi i zhalonave për distancën e pjerrët:** Gjatësimatësi përdor zhalona për të përcaktuar largësinë mes pikave në një linjë pjerrake. Këto zhalona ndihmojnë për të llogaritur distancën mes pikave A dhe B në një linjë të pjerrët.
- **Llogaritja e distancës horizontale:** Duke përdorur formulat e trigonometrisë (sinusin dhe kosinusin), dhe bazuar në këndin φ dhe distancën pjerrake, kalkullohet distanca horizontale midis pikave. Formula e përdorur për këtë llogaritje është shpesh:

Kjo metodë përdoret kryesisht për të saktësuar distancat horizontale në terrene të ndryshme, duke reduktuar ndikimin e pjerrësisë dhe ndryshimeve në lartësi, të cilat janë të pranishme në matje të pjerrëta.

Kjo lloj matjeje ka qenë e domosdoshme për shkak të kërkesave për saktësi në rilevimet gjeodezike dhe topografike, veçanërisht në terrene të pjerrëta apo me reliev të ndërlikuar. Matjet horizontale janë të rëndësishme sepse shumë projekte inxhinierike dhe ndërtimore kërkojnë distanca të sakta horizontale për planifikim dhe ndërtim të strukturuar.³⁶

Gjatësimatësi optik (Reichenbach) parimisht funksionon në bazë të matjeve këndore sipas lëvizjes së dylbise, duke u asistuar nga zhalonat për llogaritjen e këndeve mes distancave të pjerrëta dhe

³⁶ Grafarend, E. W. (2003): *Geodesy - The Challenge of the 3rd Millennium*.

atyre horizontale. E pastaj me llogaritjet e nevojshme sipas formulave të sinusit dhe cosinusit, të fitohet gjatësia horizontale duke pasur disnivelin mes dy pikave A dhe B të cilat na e krijojnë këndin e dëshiruar φ .

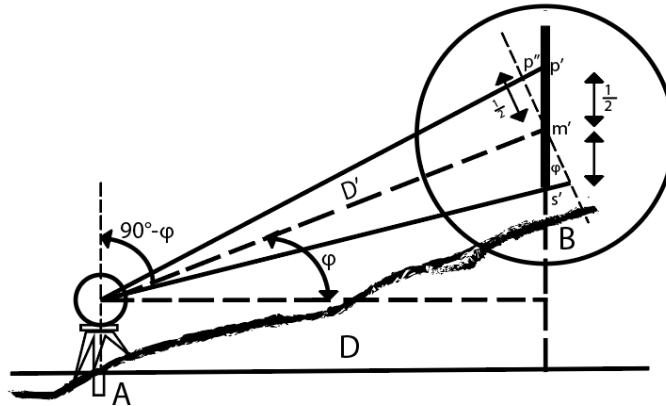


Fig.24. Matje me vizurë të pjerrët

Ku D apo distanca horizontale llogaritet sipas formules

$$D = D' \cos \varphi$$

Ku:

D – është distanca horizontale

D' – është distanca e pjerrët

$\cos \varphi$ – është koshi i pjerrtesise mes pikave A dhe B

Fillimi i zhvillimit të gjatësimatësve optik daton 300 vjet më parë, kur Montanari (1674) përdori një pajisje me fije për matjen e distancës. Parimi i matjes së gjatësive me një gjatësimatës optik bazohet në zgjidhjen e një trekëndëshi, ku njëra prej anëve është e njohur ose matet (b), ndërsa dy këndet e tjera janë gjithashtu të njohura ose maten. Ky trekëndësh quhet trekëndësh gjatësimatës ose paralaktik. Gjatësia d llogaritet duke përdorur formulën trigonometrike:

$$d = b \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$$

Kreu i këndit paralaktik mund të jetë në pozicionin e vetë instrumentit, pra në pikën fillestare të gjatësisë, ose në pikën fundore, pra në pikën përfundimtare të gjatësisë së matur. Për këtë arsye, gjatësimatësit optik ndahen në dy grupe:

- Gjatësimatës me bazë në pikën fundore:
 - gjatësimatës me bazë të ndryshueshme në shënjestër me kënd paralaktik konstant
 - gjatësimatës me bazë të qëndrueshme në shënjestër.
- Gjatësimatës me bazë në qendër.

4.2.1. Gjatësimatësit me bazë në pikën fundore

Në këtë metodë, baza shërbehet nga një zhalon i vendosur në shënjestër, i cili mund të jetë në pozicion horizontal ose vertikal, në varësi të konstruksionit të gjatësimatësit. Zhaloni matës vertikal përdoret më shpesh, sepse vendoset shpejt dhe me lehtësi në pikën ku matet gjatësia, ndërsa zhaloni horizontal duhet vendosur në një trekëmbësh. Baza horizontale në shënjestër përdoret për matje më të sakta të gjatësive.

Gjatësimatës me bazë të ndryshueshme në shënjestër

Sipas metodës optike të formimit të bazës, këta gjatësimatës optik ndahen në:

Gjatësimatës me fije që mund të kenë një distancë konstante ose të ndryshueshme. Tek gjatësimatësit me distancë konstante të fijeve, matet distanca e pjerrët. Në rastet kur distanca e fijeve është e ndryshueshme, arrihet një automatizim i pjesshëm i matjeve të gjatësisë, sepse duke lexuar insertin në zhalonin matës, gjatësia e reduktuar matet drejtpërdrejt. Këta gjatësimatës quhen gjatësimatës vetë-reduktues.

Gjatësimatës me imazhe të dyfishta që matin gjatësinë bazuar në distancën e imazhit të zhvendosur nga imazhi direkt i pazhvendosur. Imazhi i zhvendosur merret nga veprimi optik i një elementi optik të veçantë, zakonisht një pykë optike, e cila vendoset para objektivit të dylbinit. Duke shikuar përmes dylbinit, shihen dy imazhe të zhalonit matës (përdoret zhaloni horizontal) të zhvendosur në drejtimin horizontal. Madhësia e zhvendosjes së imazhit jep bazën në trekëndëshin paralaktik.

Në këtë mënyrë, matet distanca e pjerrët, dhe është e nevojshme të matet këndi vertikal për reduktim. Gjatësimatësit që posedojnë pyken e Boshkoviqit janë auto-reduktues.

4.2.2. Gjatësimatësit me bazë konstante në cak

Baza konstante në cak arrihet duke përdorur një zhalon në distancë të caktuar. Zhaloni vendoset horizontalisht dhe vertikalisht në gjatësi, gjë që rrit saktësinë dhe zvogëlon ndikimin e atmosferës në matje.

Për të përcaktuar gjatësinë duke përdorur një bazë konstante në shënjestër, është e nevojshme të matet këndi paralaktik. Këndi paralaktik matet me një teodolit. Si bazë konstante përdoret një zhalon bazik me shenja të dukshme në distancë prej 1 ose 2 metra. Këndi paralaktik fitohet si diferencë midis leximeve të limbës horizontale të teodolitit gjatë shikimit në shenjat e majta dhe të djathta të zhalonit bazik.

4.2.3. Gjatësit me bazë në trekëmbësh

Te këta gjatësimatës, baza për matjen e këndit paralaktik është një pjesë integrale e instrumentit, e cila pozicionohet në pikën fillestare të gjatësisë. Kjo bazë mund të vendoset në mënyrë horizontale dhe të jetë ose e qëndrueshme, ose e ndryshueshme, me kulmin e trekëndëshit të vendosur në pikën e shënjestrës.

Gjatësimatës me bazë fikse të vendosur në trekëmbësh.

Këta gjatësimatës kanë një saktësi më të ulët krahasuar me ata që përdorin bazën në shënjestër, por mund të matet një gamë më e gjerë e gjatësive. Për shkak të kësaj saktësie të reduktuar, këta gjatësimatës nuk janë të përshtatshëm për përdorim në punët gjeodezike. Këtu përfshihen gjatësimatësit monokularë, të cilët përbëhen nga dy dylbi të vendosura në një distancë të caktuar, që përfaqësojnë bazën e këndit paralaktik, si dhe gjatësimatësit stereoskopikë, të cilët matin distancën duke përdorur parimin e efektit stereoskopik dhe përdorin dy okularë.

4.3. Gjatësimatësi elektronik

Zhvillimi i gjatësimatësve elektronikë përfaqëson një hap të rëndësishëm në përparimin e teknologjisë së matjeve dhe gjeodezisë. Në vitet '30 të shekullit XX, filluan të bëhen përpjekje për të zhvilluar instrumente më të avancuara për matjen e distancave, që do të përmirësonin saktësinë dhe efikasitetin e matjeve gjeodezike.

Në vitin 1949, një ngjarje e rëndësishme në këtë fushë ishte krijimi i gjatësimatësit të parë elektronik. Ky instrument u zhvillua nga gjeodeti suedez Bergstrand dhe ishte i dizajnuar për të matur distanca me ndihmën e dritës së dukshme. Ky gjatësimatës përdorte parimin e matjes fazore, i cili është një teknikë që përfshin matjen e ndryshimeve të fazës së dritës për të llogaritur distancën. Megjithatë, ky instrument kishte kufizime, duke përfshirë nevojën për përdorim në errësirë dhe një gamë të kufizuar deri në 40 km. Për shkak të madhësisë së tij të madhe, transporti i tij në terren bëhej me tren.

Përmirësimet teknologjike vazhduan, dhe në vitin 1956, u prezantua një gjatësimatës tjetër i avancuar, i njohur si mikrovalorizuesi. Ky gjatësimatës i parë i mikrovalor arriti të ofronte saktësi të lartë në matjet gjeodezike, duke shënuar një përparim të madh në fushën e instrumenteve për matjen e distancave. Shpikësi i këtij instrumenti ishte anglezi Eadly, dhe ai kontriboi ndjeshëm në zhvillimin e teknologjisë së gjatësimatësve elektronikë.

Sot, gjatësimatësit elektronikë janë bërë standard në matjet gjeodezike dhe ndihmojnë në përmirësimin e saktësisë dhe efikasitetit në një gamë të gjerë aplikimesh, nga ndërtimi dhe inxhinieria deri në kërkimet shkencore dhe studimet e tokës.

Në zhvillimet e fundit në teknologjinë e gjatësimatësve elektronikë, ka pasur përparime të dukshme. Pesha dhe madhësia e instrumenteve janë reduktuar ndjeshëm, duke e bërë përdorimin e tyre më të lehtë dhe më të përballueshëm. Po ashtu, gama e matjeve, veçanërisht për gjatësimatësit elektrooptikë, është zgjeruar, duke rritur kapacitetin e tyre për të matur distanca më të mëdha me precizion të lartë. Nga ana tjetër, gjatësimatësit mikrovalorë terestrikë tani nuk prodhohen më, pasi matjet me mikrovalë janë integruar kryesisht në sistemin GPS, që ofron një zgjidhje më moderne dhe efikase për matjen e gjatësive.

Në përpjekjet për të avancuar teknologjinë e gjatësimatësve elektronikë, disa prototipa të rinj kanë eksperimentuar me metodën e matjes me dy ngjyra, ose më saktë, metodën me dy frekuenca ose valë. Kjo metodë lejon përcaktimin indirekt të densitetit të atmosferës, duke mundësuar kështu

korrigjimin e matjeve për ndikimet meteorologjike. Megjithatë, për shkak të kostos së lartë, këto instrumente nuk janë ende shumë tërheqëse nga pikëpamja komerciale.

Po ashtu, është zbatuar metoda e matjes me laser, e cila është e para që ka mundësuar matjen e gjatësive në objekte natyrore dhe artificiale pa nevojën e një pikë sinjalizimi në shënjestër. Kjo metodë është e përshtatshme për matjet e gjatësive të shkurtëra me një saktësi të kënaqshme gjeodezike. Disa gjatësimatës të rinj ofrojnë gjithashtu matje dinamike të gjatësisë, ku instrumenti mund të kryejë deri në 60 matje në sekondë në një periudhë të shkurtër kohe. Të gjitha këto vlera ruhen në memorje, duke mundësuar zgjidhjen e detyrave specifike në gjeodezinë inxhinierike.

4.3.1. Parimet e Matjes me Gjatësimatës Elektronik

Parimi kryesor i matjes së gjatësive me një gjatësimatës elektronik është përcaktimi i distancës nëpërmjet matjes së kohës që i nevojitet valëve elektromagnetike për të kaluar nga një pikë fillestare në një pikë përfundimtare. Instrumenti vendoset në një prej pikave, ndërsa në pikën tjetër vendoset një reflektor (reflektori pasiv), që shërben si një pajisje shtesë gjatë matjeve. Instrumenti funksionon si burim i valëve elektromagnetike. Ai drejtohet në reflektor, në mënyrë që valët e emetuara të bien mbi prizmin e reflektorit, ku reflektoren dhe kthehen prapa në instrument. Kështu, valët e kalojnë distancën e matur dy herë dhe bien në optikën matëse të instrumentit.

Nëse dimë momentin kur valët largohen nga instrumenti dhe momentin kur ato kthehen përsëri, koha e udhëtimit të valëve, që përdoret për llogaritjen e gjatësisë, është e barabartë me ndryshimin e këtyre dy momenteve:

$$\Delta t = t_M - t_R$$

Ku:

t_R është momenti i dërgimit të sinjalit,

t_M është momenti i pranimit të sinjalit.

Në një mjedis homogjen, valët elektromagnetike përhapen me shpejtësi konstante. Gjatësia ndërmjet dy pikave, A dhe B, llogaritet sipas ekuacionit:

$$D = \frac{c\Delta t}{2}$$

ku:

D është gjatësia ndërmjet pikave,

c është shpejtësia e valës elektromagnetike,

Δt është koha që nevojitet për valën të kalojë dy herë distancën e matur.

Megjithatë, kjo metodë e matjes është shumë komplekse në zgjidhjet e saj konstruktive dhe teknike. Për të llogaritur saktësisht gjatësinë, është e nevojshme të dimë me precizion dy madhësi: shpejtësinë e valës c dhe kohën Δt .

Në vitin 1957, gjatë një konference të Shoqatës Ndërkombëtare të Gjeodezisë dhe Gjeofizikës (IUGG), u miratua vlera e shpejtësisë së dritës në vakum, $C_0=(299792.5\pm 0.4) \text{ km/s}$. Më vonë, për shkak të matjeve më të sakta në kushte të veçanta, u përcaktua vlera e rekomanduar e shpejtësisë së dritës në vakum si $299792458 \times (1 \pm 4 \times 10^{-9}) 299792458 \text{ m/s}$. Megjithatë, problemi i përcaktimit të saktë të kësaj vlere vazhdoi.

Ky problem u zgjidh me definicionin e ri të njësisë së gjatësisë, i cili u pranua në vitin 1983. Sipas këtij definicioni, një metër është distanca që vala elektromagnetike kalon në vakum për $1/299792458$ sekonda.

Për të arritur saktësi të lartë, është e domosdoshme të përcaktohet koha Δt me precizion të lartë, për shkak të shpejtësisë shumë të madhe të valëve elektromagnetike. Vala udhëton një distancë të madhe në një periudhë shumë të shkurtër kohe. Gabimet në matjen e kohës ndikojnë drejtpërdrejt në gabimet e matjes së gjatësisë. Sot, gjatësimatësit elektronikë përdorin dritë të dukshme dhe infra të kuqe për matjet terestrike. Këta instrumente përcaktojnë direkt ose tërthorazi kohën Δt . Drita është burimi i valëve elektromagnetike me frekuencë të lartë dhe rrezet e saj, në varësi të metodës së matjes, ri-formësohen dhe drejtohen drejt reflektorit përmes optikës emetuese. Sinjalet e kthyer

në instrument, për shkak të divergjencës dhe thithjes në atmosferë, humbasin intensitetin. Në detektorët e imazheve, sinjali i matjes konvertohet në sinjal elektrik, që pastaj forcohet dhe krahasohet me sinjalin referent për të marrë vlerën e gjatësisë së matur.

Më poshtë paraqitet një skemë e përgjithësuar e një distancmatësi gjeodezik. Një distancmatës elektronik është i përbërë nga këto pjesë kryesore.

- Një prodhues rryme të vazhdueshme (bateria)
- Një prodhues frekuence (pjesë e vogël elektrike prej kuarci)
- Një diodë që kur kalon rryma prodhon dritë infra të kuqe me intensitet të njëjtë me rrymën që i kalon.

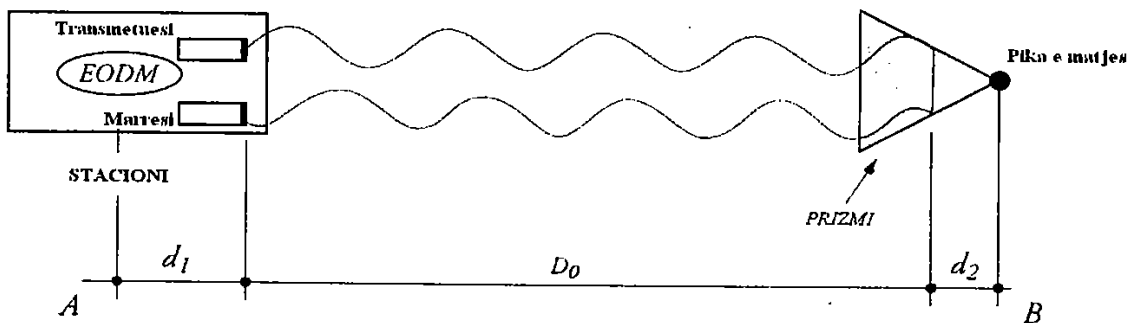


Fig.25. Parimi i matjes me gjatësimatës elektro-optik (E.Isufi)

Bazuar në këto tre pjesë, distancmatësi mund të prodhojë dritë infra të kuqe të modeluar.

4.3.2. Klasifikimi i gjatesimatësve sipas llojit të gjatësisë elektromagnetike

Gjatësimatësit elektronik përdorin valë elektromagnetike për të matur distancën ndërmjet dy pikave. Në këtë mënyrë, ata ndahen në dy kategori kryesore: gjatësimatësit që përdorin mikrovalë dhe ata që përdorin dritën e dukshme të spektrit elektromagnetik.

Gjatësimatësit mikrovalorë janë të ndjeshëm ndaj variacioneve në kushtet atmosferike që ndikon në përhapjen e mikrovalëve. Këta instrumente përdorin valë me gjatësi më të madhe, por përhapja e valëve mund të rezultojë në devijime që ndikojnë në saktësinë e matjeve për shkak të ndërveprimit të valëve me objektet përreth. Ndikimi i lagështisë së ajrit është gjithashtu i rëndësishëm, por këta gjatësimatës janë më të qëndrueshëm në kushte të dukshmërisë së kufizuar si re ose mjegull. Për matjet e gjata, për shkak të shpërndarjes së rrezes, përdoren reflektorë aktivë për të përmirësuar saktësinë e matjeve.

Nga ana tjetër, gjatësimatësit elektrooptik përdorin valë me gjatësi më të shkurtër dhe janë më të ndjeshëm ndaj shpërndarjes së rrezes në atmosferë. Për këtë arsye, ata përdorin reflektorë pasivë për të pasuruar saktësinë e matjeve. Aktualisht, në fushën e gjeodezisë, gjatësimatësit elektrooptikë janë më të zakonshëm për matjen e distancave.

4.3.3 Ndarja e gjatesimatësve sipas matjes së kohës

Për të matur distancën ndërmjet dy pikave, është e nevojshme të dimë dy vlera: shpejtësinë e valës elektromagnetike (c) dhe periudhën e kohës (Δt). Ndërsa shpejtësia e valës është e njohur, periudha e kohës është shumë e vogël dhe duhet të matet me saktësi të lartë. Problemi qëndron në përcaktimin e momentit kur instrumenti dërgon dhe merr përsëri sinjalin.

Për të adresuar këtë problem, përdoren dy matje: njëra për sinjalin që udhëton drejt dhe nga objekti dhe tjetra për sinjalin referent brenda instrumentit. Ekzistojnë metoda të ndryshme për matjen e gjatësive që përdorin teknologji të ndryshme, përfshirë laser, interferometrike dhe fazore. Pra, gjatësimatësit elektrooptik ndahen në tre grupe kryesore bazuar në metodën e matjes:

- *Gjatësimatësit me laser,*
- *Gjatësimatësit interferometrik,*
- *Gjatësimatësit fazorë.*

4.4. Metoda Laserike me gjatësimatësin laserik

Gjatësimatësit laserik përdorin rrezet e dritës për matjen e distancës, ku drita krijon impulsa të shkurtra. Impulsi është një dridhje e shkurtër e dritës, zakonisht në formën e drejtkëndëshit ose trekëndëshit, me kohëzgjatje rreth 10 ns, që korrespondon me një gjatësi të afërt prej 3 m.

Parimi i matjes me gjatësimatësit laserik është i thjeshtë. Ai bazohet në matjen e kohës që kërkohet për qëndrimin e impulsi të dritës që udhëton nga instrumenti te reflektori dhe kthehet përsëri. Drita kalon dy herë distancën që matet, dhe instrumenti e regjistron këtë kohë direkt. Përdorimi i shpejtësisë së dritës lehtëson llogaritjen e distancës me këtë ekuacion:

$$D = \frac{c\Delta t}{2}$$

Koha e udhëtimit të impulsi është shumë e shkurtër, dhe duhet të matet me saktësi të lartë. Saktësia e matjes së kohës mund të llogaritet si:

$$\Delta t = \frac{2D}{c}$$

Saktësia e matjes së kohës nuk varet nga distanca, por nga saktësia e kërkuar në matjen e distancës. Për shembull, për një saktësi prej ± 5 mm në matjen e distancës, duhet të përcaktohet një saktësi e kohës prej $\pm 0,033$ ns. Teknologjia komerciale ka qenë e kufizuar në arritjen e kësaj saktësie për një periudhë të gjatë. Gjatësimatësit impulsivë, për shkak të kësaj, kanë qenë më pak të përdorur në matjet gjeodezike deri në vitet 1990, kur teknologjia është përmirësuar nga Fennel dhe Wild. Gjatësimatësit impulsivë zakonisht përdorin dioda lazer galiumarsenide (GaAs) që emeton dritë infra të kuqe me gjatësi vale prej 860 nm. Impulsi i dritës krahasohet me një sinjal kohor të ndryshëm (300 MHz ose 15 MHz), dhe matjet bëhen duke krahasuar sinjalin e dritës të kthyer me sinjalin referent. Ky proces përfshin dërgimin e impulsit të dritës drejt reflektorit dhe ndjekjen e kthimit të tij për matjen e kohës.

4.4.1. Përparësitë e Gjatësimatësve laserik

Arrijnë saktësi të krahasueshme me ata fazorë, por koha e matjes është më e shkurtër.

Përdorin distanca më të gjata (deri në 15 km).

Sigurojnë rezultate të qëndrueshme dhe saktësi të lartë.

Konstruksioni i tyre është më i thjeshtë dhe më i lehtë se ata fazorë.

Falë intensitetit të lartë të dritës, mund të masim në distanca më të shkurtra pa nevojën e reflektorëve.

Eliminon disa gabime sistematike që ndodhin në gjatësimatësit fazorë.

4.4.2. Mangësitë e Gjatësimatësve laserik

Saktësia zvogëlohet në mungesë të reflektorëve, pasi ndikuar nga ndikimet atmosferike.

Forca e impulsit nuk mund të rritet pafundësisht pa ndikuar në saktësinë e matjes.

Në tabelën bashkëngjitur (Tabela 2), është dhënë një përmbledhje e gjatësimatësve me laser me të dhënat kryesore teknike.

Tabela 2. Karakteristikat teknike të gjatesimatesve me laser

Karakteristikat teknike	Geo-Fennel Pulsar	Leica Geosystems Wild Di 3000 S	Leica Geosystems Wild DIOR 3002	Zeiss Eldi 10
Impulsi lazer	0.905 μm	0.860 μm	0.860 μm	0.905 μm
Divergjencia e rrezes	1 mrad \approx 1 m për 1 km	2' 26" (0.75 m për 1 km)	7' 13" (2.1 m për 1 km)	0.9 m për 1 km
Frekuenca e matjes	-	15 MHz	15 MHz	rreth 15 MHz
Kushtet referuese	20°C, 1.0002815, 1013.25 hPa	12°C, 1.0002815, 1013.25 hPa	12°C, 1.0002539, 938 hPa	20°C
Distanca e matjes	8 km / 1 prizëm, 10 km / 2 prizma, 100 m	9 km / 1 prizëm, 11 km / 11 prizma, 19 km / 11 prizma	6 km / 1 prizëm, 8 km / 11 prizma, 350 m	6 km / 1 prizëm, 10 km / 3 prizma, 16 km / 19 prizma
Koha e matjes	0.2 - 1 s	0.8 - 3.5 s	0.8 - 3.5 s	0.5 - 2 s
Devijimi standard	5 mm; 5 ppm	3 mm; 1 ppm	10 mm; 1 ppm**	5 mm; 3 ppm
Pesha	3.8 kg	1.7 kg	1.7 kg	1.5 kg
Çmimi [EUR]	5,500	12,600	15,000	7,000

Gjatësimatësit me laser për matjen e distancave të gjata filluan të përdoren në mesin e shekullit XX. Ata funksiononin në fushën e valëve radio me parimin e radarit. Distancat e matura varionin nga 60 deri në 800 km, dhe stacionet matëse ndodheshin në aeroplan. Këto matje ishin shumë të shtrenjta, por justifikoheshin ekonomikisht në rastet kur duhej të vëzhgoheshin zona të mëdha ose të lidheshin rrjetet gjeodezike të kontinenteve dhe ishujve të largët. Saktësia relative e matjeve për shkak të distancave të gjata ishte e kënaqshme për kohën.

Kjo metodë e matjes ka pushuar së zbatuari me ardhjen dhe zhvillimin e teknologjisë së përcaktimit të pozitës së pikave në Tokë përmes satelitëve artificialë. Përdorimi i gjatësimatësve me laser për matjet gjeodezike të distancave më të shkurtra filloi në vitin 1983 dhe mbetet një metodë shumë e përdorur edhe sot.

4.5. Gjatësimatësit Interferometrikë

Gjatësimatësit interferometrikë përdorin fenomenin fizik të interferencës së dritës për të matur gjatësitë. Ky fenomen është thelbësor për funksionimin e këtyre instrumenteve dhe është burimi i emrit të tyre. Kur dy rreze të koherente dritës kombinohen, ato krijojnë një model interferometrik që është i ndikuar nga ndryshimi i fazës ndërmjet rrezeve. Nëse rrezet janë në fazë, ato përforcojnë njëra-tjetrën dhe rezultati është një intensitet më i lartë dritës. Përkundrazi, kur diferenca e fazës është e barabartë me π , rrezet janë në kundërshtim dhe përmbysja e amplitudave shkakton zhdukjen e dritës.

Për të arritur koherencën e nevojshme, përdoret një lazer si burim drite dhe një ndarës i dritës. Lazerët më të përdorur janë He-Ne (Helium-Neon) me gjatësi vale prej 0.632 μm . Ndarësi i dritës ndan rrezën e lazerit në dy rreze: një rreze referente dhe një rreze matëse. Rrezja referente ka një fazë konstante që kapet nga fotodetektori, ndërsa faza e rrezes matëse ndryshon në përputhje me pozicionin e prizmit matës.

Për të shpjeguar parimin e funksionimit të interferometrit të Michelson: një prizëm referent ndahet rrezën e ngushtë të dritës, duke e drejtuar atë drejt fotodetektorit në instrument, ndërsa rrezja matëse vazhdon drejt prizmit matës, që e thyen dhe e kthen në drejtim të kundërt. Rrezet e kthyer takohen në receptor ku ndodhin interferencë dhe krijohet model interferometrik. Saktësia e matjes varet nga pozicioni i prizmit matës dhe është e mundur vetëm nëse ky prizëm lëviz vazhdimisht përgjatë gjatësi matëse. Ndërprerjet e rrezave gjatë matjes nuk janë të lejueshme.

Saktësia e gjatësimatësve interferometrikë ndikohet nga kushtet e ambientit. Për gjatësi deri në 0.1 m, saktësia relative është afërsisht 0.01 ppm, ndërsa për gjatësi deri në 50 m, është 0.5 ppm. Për gjatësitë më të mëdha se këto, interferometra nuk përdoren.

Megjithatë, kjo metodë ka disa mangësi:

Procedura e matjes është shumë e ndërlikuar dhe kërkon instrumente me kosto të lartë.

Matja e gjatësisë është e mundur vetëm nëse mund të sigurohet lëvizja e vazhdueshme e prizmit matës nga pika e fillimit në pikën e shënjestruar.

Përdoren kryesisht për matjet laboratorike dhe për matjen e sakta të zhvendosjeve dhe deformimeve deri në 50 m.

4.6. Gjatësimatësit Fazorë

Në matjet gjeodezike, metodat fazore të matjes kanë qenë të rëndësishme për zhvillimin e matjes elektronike të gjatësisë, duke qenë se matja direkte e kohës është e pamundur. Metoda fazore

zgjdh këtë problem duke përdorur matjen e diferencës fazore ndërmjet sinjalit të transmetuar dhe atij të pranuar për të përcaktuar intervalin kohor në mënyrë indirekte. Burimi i dritës emeton një rrymë të vazhdueshme të energjisë së dritës që kalon përmes një modulatori. Modulatori është një qark elektronik që modifikon valën transmetuese. Ky proces i modulimit përfshin bashkimin e dy ose më shumë valëve të njëjtit lloj, të cilat mund të përkojnë në fazë ose frekuencë, ose të kenë ndryshime në këto elementë.

Modulatori kontrollohet nga një oshilator, i cili realizon frekuencat e modulimit dhe krijon sinjalin matës për matjen e gjatësisë. Vala e moduluar emetohet përmes sistemit optik përgjatë gjatësi së matës. Ajo reflektohet nga një reflektor pasiv në fund të gjatësi dhe kthehet në sistemin optik të instrumentit përmes fotodetektorit, i cili është pjesë e matësit të diferencës fazore. Sinjali optik konvertohet në sinjal elektrik dhe krahasohet me sinjalin krahasues nga i njëjti oshilator. Kjo krahasim krijon një sinjal në dalje, madhësia e të cilit varet nga ndryshimi fazor i sinjaleve hyrëse. Ky proces është kompleks dhe do të mbetet i paspecifikuar në këtë përshkrim.

Në aspektin e saktësisë, gjatësimatësit fazorë ndahen në dy grupe:

Grupi i parë: Gjatësimatësit me saktësi normale, ku devijimi standard i gjatësive është afërsisht $\sigma_D = \pm (3 \text{ mm}; 2 \text{ ppm})$. Këta instrumente përdoren për shumicën e punëve gjeodezike dhe janë pjesë integrale e takiomtrave elektronikë. Ata prodhohen nga të gjithë prodhuesit e instrumenteve gjeodezike elektronike terestrike.

Grupi i dytë: Gjatësimatësit fazorë preciz (me saktësi të lartë), zakonisht janë instrumente të pavarura që ofrojnë saktësi prej $\sigma_D = \pm (0.2 \text{ mm}; 0.2 \text{ ppm})$. Këto instrumente janë më të shtrenjta dhe përdoren në punët gjeodezike që kërkojnë saktësi të lartë. Numri i tyre në treg është i kufizuar.

Përparësitë e gjatësimatësve fazorë:

Procedura e matjes është e provuar dhe mirë e testuar për matjen e gjatësive me gjatësimatësit elektrooptik.

Instrumentet janë relativisht të lirë.

Matja është e pandikueshme ndaj ndërprerjeve afatshkurtra të sinjalit.

Gjatësimatësit fazorë më të avancuar mundësojnë matjen e gjatësive më të shkurtëra pa përdorimin e reflektorëve.

Mangësitë e gjatësimatësve fazorë:

Kohëzgjatja e matjes mund të jetë më e gjatë.

Mund të shfaqen gabime specifike ciklike të fazës.

Për matjen e gjatësi më të mëdha kërkohen frekuenca më të shumta modulare, që mund të ndikojnë në saktësinë e matjes.

Krahasuar me gjatësimatësit me impuls, gjatësimatësit fazorë kërkojnë optikë më komplekse dhe burim më efikas të tensionit elektrik.

Tabela 3. Karakteristikat teknike të disa gjatësimatësve fazorë

Modeli	Nikon DTM-550	Nikon C-100	PENTAX ATS101	SOKKIA MM 100	SOKKIA SET 1000
Burimi i dritës	Diodë IC	Diodë IC	Laser (klasa 3A)	Diodë IC	Diodë IC
Valëmbajtësi	0.850 µm	0.850 µm	0.815 µm	-	0.860 µm
Divergjencia e rrezes	-	-	-	23 cm / 100 m	-
Frekuenca e matjes	74.92 MHz / 2 m	14985520 Hz/10m	15 MHz	-	29970884 Hz / 5 m
Kushtet referuese	1013 hPa, 20 °C	1013 hPa, 20 °C	1013 hPa, 15 °C	1013 hPa, 15 °C	1013 hPa, 15 °C
Distanca maksimale	2.7 km / 1 prizma	0.7 km / 1 prizma, 1.0 km / 3 prizma	2.6 km / 1 prizma	3.0 km / 1 prizma, 100 m pa reflektor	2.7 km / 1 prizma, 120 m me fletë reflektive
Koha e matjes	deri në 3 sekonda	4 sekonda	-	rreth 4 sekonda	4 sekonda
Devijimi standard	2 mm ; 2 ppm	5 mm ; 5 ppm	2 mm ; 2 ppm	3 mm ; 3 ppm, 20 mm ; 3 ppm (pa reflektor)	2 mm ; 2 ppm, 4 mm ; 3 ppm (me fletë)
Pesha	5.5 kg	6.7 kg	7.0 kg	0.5 kg	5.6 kg
Çmimi [EUR]	10.800*	5.000*	14.400*	7.100	15.500*

5.0. Takiometrat

Pozita e pikës në rrafsh përcaktohet me dy madhësi. Në sistemin koordinativ kënddrejtë këto janë apscisa dhe ordinata (x, y), ndërsa në sistemin polar këto janë gjatësia dhe këndi polar apo drejtimi i orientuar (D, α). Për pozitën hapësinore është e nevojshme edhe koordinata e tretë d.m.th lartësia mbi nivelin e sipërfaqes së detit (z). Nëse përcaktohen dy koordinata atëherë flasim apo kemi të bëjmë me 2D matje/përcaktim të koordinatave, ndërsa nëse përcaktohen tri koordinata atëherë flasim për 3D.

Metoda klasike e rilevimit të terrenit është metoda ortogonale; matet apscisa dhe ordinata fitohet pasyrimi 2D i terrenit. I njëjti rezultat fitohet edhe me metodën polare, mirëpo metoda polare mund të përdoret edhe për përcaktimin e koordinatave 3D. Mundësia e përcaktimit të koordinatës së tretë apo lartësisë së pikës e mundson krahas drejtimit horizontal dhe këndit vertikal pikërisht matja e gjatësisë së pjerrtë me ndihmën e takimetrit³⁷.

Instrumentet që mundësojnë matjen e këndëve horizontale (ndryshimi i drejtimeve), këndëve vertikale si dhe gjatësive të pjerrta (H, V, D) quhen **t a k e o m e t r a** (greq. matës të shpejtë).

Në epokën moderne të elektronikës dhe teknologjisë së avancuar, instrumentet matëse, përfshirë ato gjeodezike, janë duke u zhvilluar me shpejtësi të jashtëzakonshme. Teodolit, si një nga instrumentet kryesore gjeodezike, ka përjetuar ndryshime të mëdha për shkak të integritimit të ndihmesave moderne. Këto ndihmesa kanë ndihmuar për të zëvendësuar ose lehtësuar ndjeshëm punën e matësit. Disa prej këtyre ndihmesave përfshijnë: lavjerrësin optik, lazerin, libelën elektronike, kompensatorin, gjatësimatësin elektronik, sistemin për lexim automatik të këndeve, sistemin për kërkimin dhe shënjestrimin automatik, dhe sistemet për ruajtjen e të dhënave të matura në medime të përshtatshme. Kur këto ndihmesa integrohen në një instrument, ai quhet takimeter mates.

Takiometrat janë instrumente që mundësojnë matjen e drejtpërdrejtë të drejtimeve horizontale dhe vertikale, si dhe gjatësive, për të përcaktuar pozitat e pikave të reja në terren. Për shumicën e

³⁷ Kabashi, I.: Instrumente gjeodezike

takiometrave, diferenca në lartësi e pikave matet ose llogaritet me metoda direkte. Takiometri përbëhet nga dy njësitë kryesore: njësia për matjen e këndeve (teodolit) dhe njësia për matjen e gjatësisë (gjatësimatësi). Në varësi të ndihmesave që përdoren, kemi dy grupe themelore të takiometrave:

- *Me Gjatësimatës Optik*
- *Me Gjatësimatës Elektronik*

Nëse njësia matëse e gjatësimatës është elektronike, atëherë takiometri quhet elektronik, sepse ndihmesa elektronike përcakton karakteristikat themelore të instrumentit.

5.1. Takiometrat optik

Takiometrat optik janë ndërtuar mbi bazën e një teodoliti optik dhe një gjatësimatësi optik. Takiometri optik më i thjeshtë është teodolit optik, i cili ka pikat gjatësimatëse në diafragmën e dylbit. Ky instrument ofron një saktësi më të ulët dhe kërkon që të bëhen reduktime të gjatësisë dhe të llogaritet diferenca në lartësi. Për shumë vite, deri në shfaqjen e takiometrave të parë elektronike, u përdorën takiometrat optik vetë-zvogëlues, të cilët matnin drejtpërdrejt gjatësinë horizontale dhe shpesh edhe dallimin në lartësi. Fusha e matjes së takiometrave optik është e kufizuar nga kapacitetet e gjatësimatësve dhe zakonisht varion nga 150 m në 200 m.

5.1.1. Takiometrat autoreduktor me fije

TK autoreduktues me fije janë teodolitë që karakterizohen nga një strukturë e veçantë e dylbinit. Njësia e gjatësimatësit bazohet në parimin e gjatësimatësit të Reichenbach, por për të shmangur llogaritjen e gjatësisë së zvogëluar, distanca midis fijeve të gjatësimatësit zvogëlohet automatikisht kur dylbi është i përkulur. Kjo arrihet në dy mënyra:

Me aplikimin e kthesave të veçanta në fushën e shikimit të dylbinit. Takiometrat me diagram kanë kthesa të veçanta ose diagrame të hartuara në mënyrë optike në fushën e shikimit të dylbinit. Këto kthesa lejojnë leximin e pjesës përkatëse në latën matëse për të matur gjatësinë e zvogëluar, si dhe dallimin në lartësi. Ky koncept u propozua në vitin 1894 nga Prof. Hammer dhe u realizua nga kompania Zeiss në vitin 1919, me modelin DAHLTA, e më pas nga kompania Wild me modelin RDS, i cili është shumë i ngjashëm në konstrukcion me ata të mëparshëm.

Duke aplikuar hapësirën e fijeve të matësve të gjatësisë me anë të transmetimit optik ose mekanik. Kompania Kern zhvilloi modele të tilla, si K1-RA dhe DK-RV.³⁸



Fig.26. Takeometri a) K1-RA, dhe b) DK-RV

5.1.2. Takiometrat autoreduktiv me foto të dyfisht

Takiometrat me imazhe të dyfishta ndodhin duke vendosur një pajisje shtesë, si një pykë optike, para objektivit të dylbinit të teodolitit. Këto instrumente kanë konstruksione të ndryshme, të cilat ndahen në dy kategori kryesore, varësisht nga pozita e bazës së trekëndëshit paralaktik: në shënjestër ose në trekëmbëshin e instrumentit.

Takiometrat me Bazë në Shënjestër:

Konstruksioni: Këta takiometra kanë një bazë të ndryshueshme në shënjestër dhe përdorin një pykë të gjatësimatësit për matjen e gjatësisë. Konstruksioni është më kompleks për shkak të përdorimit të pajisjeve të zvogëlimit, të cilat rrotullohen në drejtim të kundërt për të eliminuar rrezet e dritës dhe për të reduktuar këndin paralaktik.

Funksionimi: Pykat mbulojnë një pjesë të objektivit të dylbinit dhe, gjatë rrotullimit të dylbinit, ato rrotullohen në të njëjtin kënd në drejtim të kundërt, duke zvogëluar automatikisht këndin paralaktik dhe duke përmirësuar matjen e gjatësisë. Takiometrat e këtij lloji përfshijnë modelet si Zeiss REDTA dhe Wild RDH.³⁹

³⁸ Panić, D. (2010): *Geodetski instrumenti i metode merenja*. Građevinski fakultet, Beograd.

³⁹ Panić, D. (2010): *Geodetski instrumenti i metode merenja*. Građevinski fakultet, Beograd.

Takiometrat me Bazë në Trekëmbësh:

Konstruksioni: Këta instrumente përdorin një prizëm pentagonal dhe një lineal 30 cm të gjatë. Gjatësia e pjerrët matet duke shumëzuar leximin fillestar të linealit me një konstantë të caktuar.

Funksionimi: Gjatësia horizontale mund të matet automatikisht kur butoni i sistemit të zvogëlimit është i ndezur. Modelet e këtij lloji përfshijnë Zeiss BRT-006 dhe TË-BRSS.

Këto ndryshime në konstruksion dhe metodologji ndihmojnë në përmirësimin e saktësisë dhe efikasitetit të matjeve gjeodezike, duke i përshtatur nevojave të ndryshme të përdoruesve dhe kushteve të matjes.



Fig.27. Takeometri Zeiss BRT-006

5.2. Takiometrat elektronik

Teodolitët janë instrumente gjeodezike që përdoren për matjen e këndeve horizontale dhe vertikale. Takiometri është një avancim i teodolitit, duke integruar një njësi gjatësimatësi për matjen e gjatësive. Deri në paraqitjen e gjatësimatësve elektrooptikë, gjatësitë mateshin optikisht me një takiometri, i njohur si takiometri optik. Pas shfaqjes së gjatësimatësve elektrooptikë në vitin 1950, përkatësisht GEODIMETER 1, ndodhi një ndryshim i rëndësishëm në metodën e matjes së gjatësive.



Fig.28. Takeometri GEODIMETER 1

Gjatësimatësit elektrooptikë matën gjatësitë duke dërguar rrezet e dukshme ose të padukshme të dritës. Gjatë matjes, është e nevojshme vëzhgimi optik i instrumentit dhe i pikës së shënjestruar. Në shënjestër vendoset një reflektor pasiv që kthen sinjalin në instrument. Duke matur shpejtësinë e sinjalit dhe diferencën e kohës midis sinjalit të dërguar dhe atij të pranuar, merren parametrat bazë për llogaritjen e distancës dhe të gjatësisë.

Fillimisht, gjatësimatësit elektrooptikë nuk u integruan në teodolitë për shkak të madhësisë dhe peshës së tyre të madhe, si modeli GEODIMETER 2A që pesonte 150 kg.



Fig.29. Takeometri GEODIMETER 2A

Modelet më të reja kanë zvogëluar madhësinë dhe peshën, duke përmirësuar funksionalitetin dhe saktësinë. Për shembull, modeli 6 i vitit 1964 kishte një peshë prej 16 kg dhe gabim mesatar prej $\pm (10 \text{ mm}; 2 \text{ ppm})$. Në fillim, për integrimin e gjatësimatësve elektrooptikë, u përdor një adapter për të vendosur gjatësimatësin në një teodolit optik, duke krijuar një instrument të integruar të quajtur takimetri elektrooptik.

Me zhvillimet më të fundit në teknologjinë e gjatësimatësve elektrooptikë, elektronikës dhe lazerëve, është bërë e mundur integrimi i vërtetë në teodolitë. Vetëm pas integrimin të sistemit për leximin automatik të këndeve horizontale dhe vertikale dhe ruajtjen e të dhënave të matura, instrumenti merr karakteristikat e një "Takiometri."

Takiometri i parë elektronik, i quajtur "Takiometer" Reg Elta 14, u prodhua nga kompania Zeiss në vitin 1970, duke ofruar leximin elektronik të gjatësive dhe këndeve horizontale dhe vertikale. Një tjetër takimeter, AGA Geodimeter 700, u prodhua në vitin 1971. Gjenerata e dytë e instrumenteve (më të vogla dhe më të lehta) u shfaq në treg në vitet 1977 dhe 1978 (Hewlett-Packard HP3820A, Wild TC1, Zeiss Elta 2, Zeiss Elta 4). Që nga viti 1985, të gjitha kompanitë kryesore të instrumenteve gjeodezike prodhojnë takimetra elektronikë me mundësinë e ruajtjes dhe përpunimit të të dhënave.



Fig.30. Takeometri a) Hewlett-Packard HP3820A, b) Wild TC1, c) Zeiss Elta, 2 d) Zeiss Elta 4

Takiometri i parë elektronik me motor, Geodimeter 140, u zhvillua nga AGA në vitin 1983. Një version i veçantë, Geodimeter 140T, kishte aftësinë për të ndjekur prizmin lëvizës. Përparimet më të fundit kanë çuar në zhvillimin e takimetrave elektronikë robotikë, të cilët mund të kontrollohen nga distanca dhe mund të ndjekin dhe gjejnë automatikisht prizmat.

5.2.1. Ndërtimi i takimetrave elektronik

Sot, takimetra elektronikë janë sisteme me shumë sensorë. Gjenerata e fundit e këtyre instrumenteve mund të përcjellë automatikisht sinjalin reflektues. Vlerat e maturuara, si distanca horizontale, këndet vertikale dhe gjatësitë e pjerrta, janë rezultat i kombinimit të të dhënave të mbledhura nga disa sensorë të ndryshëm. Këta sensorë përfshijnë: sensorin për inklinimin, sensorin për detektimin e shënjestrës dhe distancën nga shënjestra, sensorin e këndit, sensorin e gjatësisë, sensorin e temperaturës dhe sensorin e presionit.⁴⁰

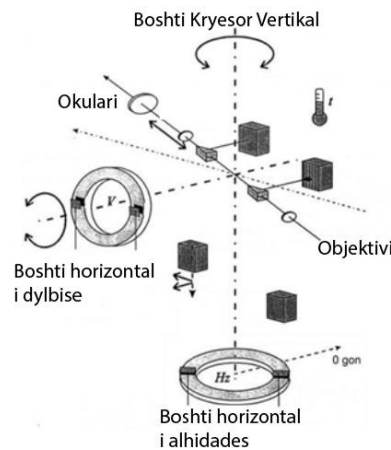


Fig. 31. Struktura e takeometrave elektronik

Instrumentet më të avancuara ofrojnë nivele të ndryshme shërbimesh, duke mundësuar një ekzekutim më të efektshëm të detyrave. Nuk është gjithmonë e nevojshme të përdoren matjet e papërpunuara (Hz, V, D). Shumë përdorues punojnë direkt me koordinatat Karteziane. Disa instrumente nuk tregojnë vlerat origjinale të maturave, siç janë ato që i marrim me instrumentet optiko-mekanike, por ofrojnë vlerat e korrigjuara. Ndaj, mund të mos kemi gjithmonë qasje në informacionin për korrigjimet që janë aplikuar.

⁴⁰ Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike*. Universiteti i Prishtinës.

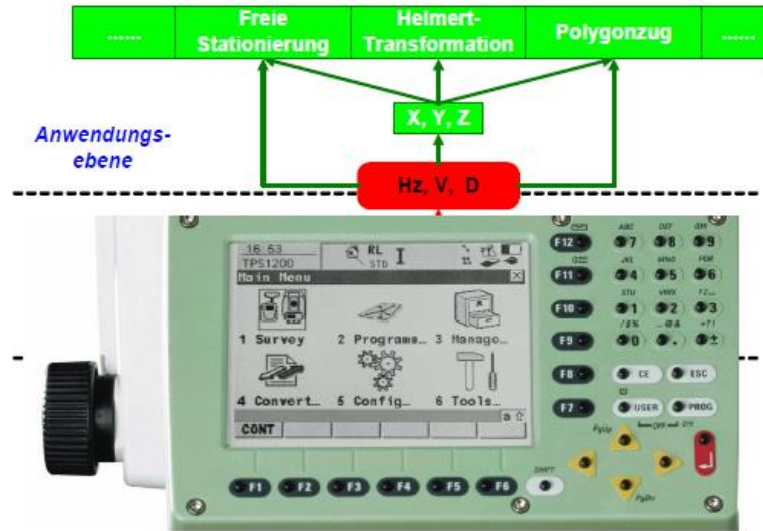


Fig.32. Nivele të ndryshme të shërbimeve të takimetrave (Kabashi, 2010)

5.2.2. Përmirësimi teknik i takimetrave elektronik

Sipas konstruksionit, takimetra elektronik mund të ndahen në:

Takimetra Gjysmë-Elektronik: Takimetra me limbe vizuale dhe matje elektronike të gjatësisë quhen takimetra gjysmë-elektronik ose EDM teodolitë. Brenda kësaj ndarje, kemi një ndarje tjetër që bazohet në metodën e matjes së distancave horizontale:

Gjatësimatës të thjeshtë: Gjatësia e pjerrët matet, dhe matja e gjatësisë horizontale nuk është e mundur.

Takimetra reduktues: Matet gjatësia e pjerrët; kur llogaritet gjatësia horizontale, këndi vertikal i matur manualisht mund të përfshihet në llogaritje.

Takimetra vetë-reduktues: Matet gjatësia e pjerrët dhe këndi vertikal. Nga këto masa, fitohet distanca horizontale. Për dallim nga takimetra, me këto instrumente, drejtimet horizontale mund të maten vetëm manualisht.

Takimetra elektronik: Takimetra elektronik që maten këndet dhe gjatësitë në mënyrë elektronike në komunitetin gjeodezik njihen jo zyrtarisht me emrin stacione totale.⁴¹

Takimetra elektronik konsiderohen të jenë takimetra që i përkasin vetëm grupit të fundit. Produktiviteti i takimetrave elektronik pasqyrohet në karakteristikat e mëposhtme: gama e matjes

⁴¹ Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike*. Universiteti i Prishtinës.

së gjatësisë, saktësia e matjes së këndeve dhe gjatësive, kohëzgjatja e secilës matje veç e veç, funksionaliteti i softverit të aplikuar, kapaciteti i memorjes dhe kapaciteti i baterisë (numri i matjeve derisa bateria të zbrazet).

Zhvillimi i mëtejshëm teknik solli mundësi të reja. Takiometra modern të motorizuar posedojnë këto funksione dhe mundësi:

- *Gjetja automatike e prizmes:* Kjo veçori përshpejton punën në terren. Dylbini e ndjek reflektorin automatikisht, pa ndërhyrjen e operatorit.
- *Ndjekja automatike e objektivit (reflektorit):* Takeometri ndjek lëvizjen e shënjestrës. Këtu bëjmë dallimin midis matjes kinematike dhe matjes me metodën "stop and go." Në metodën e parë, koordinatat e pikës së shënjestruara përcaktohen gjatë lëvizjes së objektivit. Në metodën e dytë, matjet kryhen ndërsa objektivi pushon dhe sipas asaj marrim koordinatat e pikave.

5.2.3. Klasifikimi i takimetrave elektronik

Takiometrat elektronik me gamë deri në 2000 m klasifikohen në kategoritë e mëposhtme:

Me gabim mesatar drejtimi ≤ 0.5 mgon

Me gabim mesatar drejtimi nga 0.5 mg në 2.0 mgon

Me gabim mesatar drejtimi > 2.0 mgon (ku 1 mgon = 3.24")

Për të gjitha këto kategori, devijimi standard i gjatësive të matura në mënyrë të njëanshme është (5 mm; 5 ppm). Në këtë ndarje, është marrë në konsideratë vetëm saktësia e matjes së drejtimit, ndërsa saktësia e matjes në distancë është konsideruar si konstante. Po ashtu, këtu nuk është analizuar funksionimi dhe pajisja e instrumentit.⁴²

5.2.3.1. Klasifikimi modern i takimetrave

Për dallim nga ndarjet e mëparshme, të cilat bazoheshin në saktësinë e matjes së drejtimit, në këtë klasifikim, përveç saktësisë së përmendur, merren parasysh gjithashtu të gjitha pajisjet dhe funksionaliteti i instrumentit. Këtu dallojmë katër klasa themelore:

⁴² Kogoj, D. (2006): *Mjerenje duljine elektroničkim tahimetrma*. Građevinski fakultet, Sarajevo.

- *Takiometrat e thjeshtë elektronik (ET)*: Këto janë instrumente për matje lokale me saktësi më të ulët. Gjatë zhvillimit të këtyre instrumenteve, është kushtuar vëmendje lehtësisë së përdorimit. Zakonisht kanë mbrojtje nga pluhuri dhe uji dhe plotësojnë standardet e duhura.
- *Takiometrat standard elektronik (ST)*: Këta janë takimetri jo-motorikë, që dallojnë nga grupi i mëparshëm për saktësinë e lartë dhe aplikimin e një softueri të ndërlikuar. Të gjitha detyrat statike mund të zgjidhen duke përdorur këto instrumente.
- *Takiometrat elektronik universal (UT)*: Këta janë takimetri të motorizuar që nuk janë më të saktë se takimetri standard, por automatizimi i tyre mundëson zgjidhje më të shpejta të detyrave me shpenzime më të vogla. Gjithashtu, është e mundur të kryhen matje në objektet në lëvizje.
- *Takiometrat preciz elektronik (PT)*: Këto instrumente janë të dedikuara për detyra që kërkojnë saktësi të lartë.⁴³

5.2.4. Takiometrat elektronik të thjeshtë

Ekran i këtyre instrumenteve është i qartë dhe përmban vetëm disa butona. Simbolet grafike në ekran udhëzojnë operatorin gjatë përdorimit të instrumentit.

5.2.5. Takiometrat standard elektronik

Këta instrumente ndryshojnë nga njëri-tjetri kryesisht në nivelin e saktësisë, shpesh për sa i përket saktësisë së matjes së këndeve. Saktësia e matjes së gjatësive është zakonisht e njëjtë brenda një linje produkti. Instrumentet janë të pajisura me monitorë që mundësojnë operacione kontrolli për të dy pozitat e dylbinit dhe kanë softuer që lehtëson zgjidhjen e detyrave. Ata zakonisht kanë një kompensator biaksial për horizontalizim. Për këto instrumente janë të disponueshme disa programe për matjen e gjatësisë, duke përfshirë:

- Matjen standarde: Ofron një kompromis të mirë midis saktësisë dhe kohës së matjes.

⁴³ **Barković, Đ. (1998):** *Integrirani sustavi geodetskog mjerenja - totalne stanice.* Geodetski list, Zagreb.

- Matja e saktë (precize): Përdoret për matje individuale që kërkojnë saktësi të lartë.
- Matja e shpejtë: Ka një tendencë më të madhe për gabime në krahasim me matjen standarde dhe precize, për shkak të numrit të vogël të matjeve individuale.
- Matja e vazhdueshme: E shpejtë dhe mund të përfshijë matje të përafërta.
- Matja pa reflektorë: Kryhet pa përdorimin e reflektorëve.
- Takiometrat elektronik universal
- Këta takimetra janë të motorizuar dhe dallojnë në disa aspekte të konstruksionit, përfshirë:
 - Motorizimin: Automatizimi i funksioneve të ndryshme të instrumentit.
 - Matje të gjatësisë pa reflektorë: Mundësia për matje pa përdorimin e reflektorëve.
 - Kërkimi automatik i shënjestrës: Gjetja automatikisht e shënjestrës.
 - Ndjekja automatike e shënjestrës (ATR): Ndjekja automatikisht e lëvizjes së shënjestrës.
 - Kontroller: Kontrolli i instrumentit nga distanca.

Në varësi të aftësive dhe funksionalitetit të instrumentit, mënyra e punës në terren ndryshon ndjeshëm. Mundësitë përfshijnë:

- Menaxhimi klasik i instrumenteve: Personi mban reflektorin në pikë, ndërsa operatori qëndron te instrumenti. Me një shkallë më të lartë automatizimi, procesi i punës përshejtohet.
- Telekomandimi: Instrumenti drejtohet nga distanca nga një njësit i kontrollit, ndërsa personi mban shkopin me reflektor në pikë. Operatorët nuk kanë nevojë të jenë pranë instrumentit.
- Një operator pranë instrumentit: Instrumenti kontrollohet me telekomandë nga njësia e kontrollit në shkopin e reflektorit, ndërsa operatori mban reflektorin dhe kontrollon instrumentin në të njëjtën kohë.

Tabela 4. Kriteret për përdorimin e takiomtrave të ndryshëm

Kriteri	Niveli I saktësisë	Çmimi	Njohuritë e kërkuara	Frekuenca e përdorimit	Përdoret si	Aplikimi
Takiometra të thjeshtë (ET)	Niveli i ulët	I ulët	Njohuri bazë mbi teknikat matëse	Rrallë	Mjet	Matje lokale të thjeshta
Takiometra standard (ST)	Niveli mesatar	I moderuar	Arsimim në teknikat matëse (teknik, inxhinier)	Rregullisht	Instrument kryesor	Matje të thjeshta dhe komplekse
Takiometra universal (UT)	Niveli i lartë	I lartë	Çdo lloj njohurie	Shpesh	Instrument kryesor	Si shtesë për matjet e pavarura dhe matjet e objekteve në lëvizje
Takiometra preciz (PT)	Niveli i lartë	I lartë	Çdo lloj njohurie	Rregullisht	Instrument preciz	Teknikat matëse industriale, premjerim bazë, matje të deformimeve

Në tabelën 4 janë cekur kritere të ndryshme siç janë çmimi, njohuritë e kërkuara për të përdorur instrumentin, aplikimi i instrumentit, etj.

5.2.6. Takiometrat elektronik preciz

Në takiometrat elektronik preciz, saktësia e matjes është thelbësore. Racionalizimi i regjistrimit dhe përpunimi i mëtejshëm i të dhënave ka rëndësi dytësore për këto instrumente.

Tabela 5. Karakteristikat teknike të takiometrave elektronikë

Kategoria e takiometrave	Tipi	Ofrimi i këndit (mgon)	Saktësia e këndit (mgon)	ISO 17123-5	Gjatesia e matjes me 1 prizëm (m)	Saktësia e gjatësisë
Takiometra të thjeshtë	Leica TC 302	-	0.6	3000	2 mm; 2 ppm	1 s
Takiometra standard	Leica TC 702	-	0.6	3000	2 mm; 2 ppm	1 s
	Nikon DTM 850	0.1	0.3	2400	2 mm; 2 ppm	1 s
Takiometra universal	Leica TCA 1101	0.1	0.5	3000	2 mm; 2 ppm	1 s
	Zeiss Elta S10	0.01	0.3	2500	1 mm; 2 ppm	<4 s
Takiometra preciz	Leica TC2003	0.01	0.15	2500	1 mm; 1 ppm	-

Tabela 5 ofron një pasqyrë të takiometrave elektronik dhe karakteristikat e tyre teknike, duke përfshirë saktësinë e këndit, domenën e matjes, saktësinë e gjatësisë dhe kohën e matjes.

5.3 Takiometrat e avancuar dixhital

Takiometri i avancuar dixhital (ne komunitetin e gjeodezise perdoret me shume stacion total si term universal se sa takometer) përbën një pajisje që kombinon funksionet e teodolitit optik dhe distancëmaturit brenda një instrumenti të vetëm. Nga pamja e jashtme, ruan ngjashmëri me formën tradicionale të teodolitëve klasikë, por kryen matjen e distancave të pjerrëta, drejttimeve horizontale dhe këndeve zenitale përmes teknologjisë elektronike. Takiometrat dallohen nga veçori të tilla si struktura e ndërtimit, regjistrimi i të dhënave, diapazoni i matjeve, saktësia, koha e matjes, kapaciteti i memories dhe koha e funksionimit me një bateri të vetme. Ato funksionojnë përmes rrotullimit në dy boshte kryesore mekanike:

- boshti vertikal, që mundëson rrotullimin e plotë të instrumentit në horizont;
- boshti horizontal, që lejon rrotullimin e dylbisë në zenit.⁴⁴



Fig.33. Përbërësit kryesorë të Takiometrit

⁴⁴ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

Një veçori kryesore që dallon takimet nga instrumentet tradicionale është prania e ekranit dixhital, butonave të kontrollit dhe porteve për lidhje me pajisje të jashtme për transferimin e të dhënave në pajisje kompjuterike. Sa i përket ndërtimit të brendshëm, këto pajisje kanë ndryshime të dukshme krahasuar me teodolitët klasikë, duke qenë se teknologjia elektronike e integruar u mundëson transformimin e të dhënave optiko-mekanike në të dhëna dixhitale. Këto të dhëna shfaqen në ekran dhe mund të menaxhohen përmes butonave të operimit.⁴⁵

Edhe pse takimetri shihet si një revolucion teknologjik i teodolitit optiko-mekanik, në thelb mbetet një instrument gjeodezik shumë praktik, i përdorur gjerësisht për rilevime të detajuara. Me ndihmën e tij mund të përcaktohen tri koordinata (X, Y, Z) për çdo pikë të matur, në të cilën është pozicionuar prizmi ose rrezja lazer.

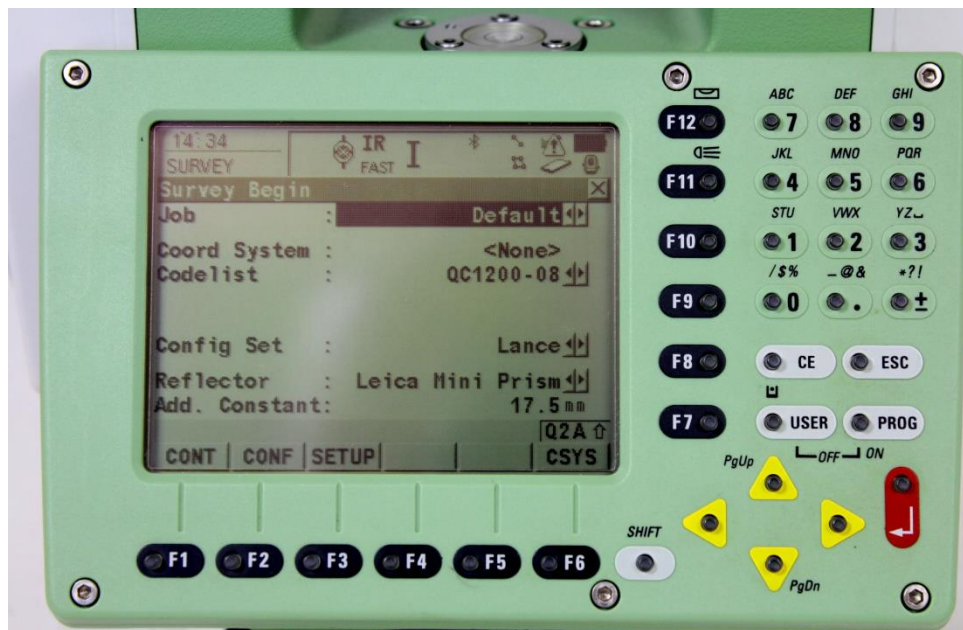


Fig.34. Ekran i alfa-numerik i Takimetrit

⁴⁵ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*

Softuerët e integruar në këto instrumente lejojnë përpunimin e të dhënave të marra nga terreni, zgjidhjen e problemeve planimetrike dhe piketimin, në varësi të modelit të përdorur. Në disa raste, këto instrumente ofrojnë edhe mundësinë e programimit direkt përmes tastierës së tyre.

Prodhues të shumtë, si TopCon, Sokkia, Leica, Trimble dhe të tjerë, janë të njohur për krijimin e takimetrove. Edhe pse takimetrot kanë një strukturë dhe funksionalitet bazë të ngjashëm, ato dallohen sipas disa veçorive të caktuara, si:

- kompania prodhuese,
- saktësia e matjes së këndeve dhe distancave,
- metodat e matjes së distancave,
- softuerët e integruar,
- kapaciteti i memorjes dhe përpunimi i të dhënave,
- mënyrat e komunikimit dhe kontrollit me reflektorin,
- ndërfaqja me sistemet kompjuterike.

Për shembull, TopCon ka zhvilluar një distancëmatur të veçantë që kombinon disa veçori kyçe, përfshirë:

- një distancëmatur lazer të klasit 1 (të padukshëm) për matje të sigurt në kantiere ose ambiente publike,
- një vijëzues lazer të klasit 2 (të dukshëm) për vizimin e pikës së matjes,
- distanca matjeje të pakufizuar, varësisht nga modeli i instrumentit.⁴⁶

⁴⁶ Isufi, E. *Gjeodezia e Përgjithshme 1*



Fig.35. Zhvillimi gradual i Sistemit 1200 deri në Takiometer

Imazhi paraqet evolucionin teknologjik të instrumenteve matës të përdorur në gjeodezi nga viti 1921 deri në vitin 2020, duke treguar një seri të pajisjeve kyçe që kanë luajtur një rol të rëndësishëm në përcaktimin e standardeve të industrisë për më shumë se një shekull.

- Faza e Hershme (1921 - 1983): Evolucionin fillon me TPS T7 (1921), një teodolit analog që përdorej për matjet tradicionale të këndeve. Më vonë, në vitin 1968, u zhvillua modeli D110, që përfaqëson një përmirësim të mëtjshëm të instrumenteve matës, duke vazhduar me modelin TCL1 (1978) dhe T2000 (1983), të cilët kanë avancuar në aspektin e saktësisë dhe lehtësisë së përdorimit.
- Faza e Mesme (1984 - 1999): Në vitin 1984, u prezantua instrumenti WM101, që shënoi një hap të rëndësishëm drejt modernizimit me shtimin e kapaciteteve elektronike. Kjo fazë gjithashtu përfshin zhvillimin e TCA1100 (1993) dhe GPS500 (1999), ku filloi integrimi i teknologjisë GPS në instrumentet gjeodezike, duke lejuar matjet më të sakta dhe efikase.
- Faza e Avancuar (2004 - 2008): Në vitin 2004, Leica Geosystems prezantoi System 1200, i cili shënoi fillimin e integrit të plotë të teknikave GPS dhe TPS. Ky integrim u zhvillua më tej me modelet SmartStation & SmartRover (2005) dhe SmartPole & GLONASS (2006), të cilët përfshijnë përdorimin e teknologjisë satelitore për matjet gjeodezike. Kulmi

i këtij zhvillimi teknologjik u arrit me modelin TPS1200+ (2007), një takimeter i avancuar që kombinon të gjitha teknologjitë moderne të matjes në një instrument të vetëm.

Ky imazh përmbledh rrugën e gjatë të zhvillimit të instrumenteve matës gjeodezike, duke ilustruar përmirësimet e vazhdueshme në saktësinë, funksionalitetin dhe efikasitetin e tyre, nga teknikat tradicionale deri tek teknologjitë më të fundit që përdoren sot në fushën e gjeodezisë.

Takimetra perfeksionohen vazhdimisht, sot është arritur matja e largësive deri në 2000m pa përdorimin e prizmit ose reflektorit, si rrjedhojë e përdorimit të rrezeve lazer.

5.3.1. Puna me Takimeter

Ne kemi theksuar se Takimetri ka aftësinë të përcaktojë koordinatat e pozicionit të instrumentit përmes modelit RTK, që siguron përcaktimin e pozicionit në kohën më të shkurtër me saktësi të lartë. Regjistrimi i detajuar i pikës mund të kryhet më tej me metodën e incizimit polar duke përdorur takimetrin. Për ta arritur këtë, duhet të përmbushen dy parakushtet e mëposhtme: së pari, duhet të kemi një stacion referent që të dërgojë parametrat e korrigjimit, dhe së dyti, është e nevojshme të kaloni nga sistemi EGS84 në sistemin lokal.

Transmetimi i parametrave të korrigjimit mund të realizohet në dy mënyra. Një mënyrë është përmes stacionit tuaj referent, dhe mënyra tjetër është duke përdorur shërbimet e rrjetit të stacioneve referente. Mënyra e parë përfshin kostot të larta investimesh, ndërsa metoda e dytë kërkon një rrjet të zhvilluar të infrastrukturës së stacioneve referente, siç është rrjeti SAPOS në Gjermani dhe ascos. SAPOS ofron katër shërbime të ndryshme, me disa veçori dhe saktësi të ndryshme. Për shembull, për pozicionimin me precizion të lartë (HEPS), që arrin një saktësi prej 1-2 cm, transferimi i të dhënave bëhet përmes GSM dhe shërbimi kushton nga 0,16 deri në 0,25 Euro për minutë, në varësi të llojit të pakos. Tarifat në ascos për shërbime mujore variojnë nga 0,16 Euro për minutë, ndërsa për shërbime vjetore nga 0,11 Euro për minutë. Pako të tjera për përdoruesit që kërkojnë shërbime për periudha të shkurtra kanë çmim prej 0,65 deri në 0,70 Euro për minutë.

Kushti i dytë është lidhja e koordinatave GPS dhe TPS. Rezultatet e matjeve GPS janë koordinata në elipsoidin EGS 84, ndërsa koordinatat e marrë me TPS janë në elipsoidin përkatës lokal. Prandaj, është e nevojshme të kryhet një transformim nga elipsoidi EGS 84 në elipsoid lokal. Ky transformim është një transformim Helmert me 7 parametra dhe kryhet përmes softuerit LGO.

5.3.1.1. Vendosja dhe orientimi me Takiometer

Përcaktimi i koordinatave të pozicionit mund të realizohet shumë shpejt. Pas aktivizimit të instrumentit, nevojiten vetëm 2 minuta për të filluar regjistrimin e detajuar. Gjatë kësaj periudhe, instrumenti mbledh të dhëna nga satelitët dhe pozicionohet në mënyrë horizontale, pastaj zgjedhim projektin përkatës. Smart Stacioni ofron opsionet e mëposhtme për vendosje (setup):

Vendosja në një pikë të njohur dhe shikimi pas një pike të njohur:

Përcaktimi i koordinatave të një pike duke përdorur RTK GPS dhe duke synuar një pikë të njohur (një ose më shumë). Nëse është e nevojshme, mund të hiqet mbajtësi i GPS RTK nga takimetri dhe të përdoret si rover GPS RTK për matje individuale.

Matja e të gjitha pikave nga stacioni aktual dhe më pas kalimi në një pikë tjetër të përshtatshme ose të panjohur.

Vendosja në një pikë të panjohur dhe synimi në një pikë tjetër të panjohur:

Përcaktimi i koordinatave të stacionit fillestar duke përdorur RTK GPS dhe duke synuar në një pikë tjetër të panjohur. Regjistrimi i detajuar i të gjitha pikave nga stacioni aktual.

Zhvendosja e Takeometrit në një pikë tjetër të panjohur dhe përcaktimi i koordinatave të saj me RTK GPS.

Shikimi pas në pozicionin e mëparshëm; orientimi llogaritet dhe të gjitha matjet përditësohen për të llogaritur koordinatat e reja.

Vazhdimi i regjistrimit të detajuar nga stacioni aktual.

Në rastet kur përmatja topografike e një zone të largët është e vështirë për shkak të bimësisë së dendur, përdorimi i GPS mund të jetë i kufizuar. Në këto raste, GPS përdoret kryesisht për vendosjen e kontrollit para se të rifillojë matja nga takimetri. Për të studiuar një zonë të tillë me teknika konvencionale të RTK GPS, përdoren për të matur një seri pikash kontrolli. Koordinatat e këtyre pikave transferohen më pas në takimetrin. Një pikë kontrolli e vendosur rishtas përdoret si stacioni i parë për takimetrin, dhe pamja kthehet në një pikë të dytë kontrolli të vendosur rishtas. Të gjitha pikat e detajuara regjistrohen nga stacioni i parë përpara se të transferohen në një stacion të ri.

Kur përdoret Takiometri, procedura është si më poshtë: Takiometri vendoset në një lokacion të përshtatshëm dhe koordinatat e pozicionit përcaktohen me RTK GPS. Pastaj, kthehet në një pikë tjetër të panjohur, për të cilën koordinatat ende nuk janë përcaktuar. Regjistrimi i detajuar i të gjitha pikave kryhet para se Takiometri të zhvendoset në një tjetër pikë. Kur vendoset në një pikë të re, koordinatat përcaktohen përsëri me RTK GPS. Pas verifikimit të pozicionit të mëparshëm, mund të vazhdohet regjistrimi i detajeve nga ky stacion në sistemin e kërkuar të koordinatave.

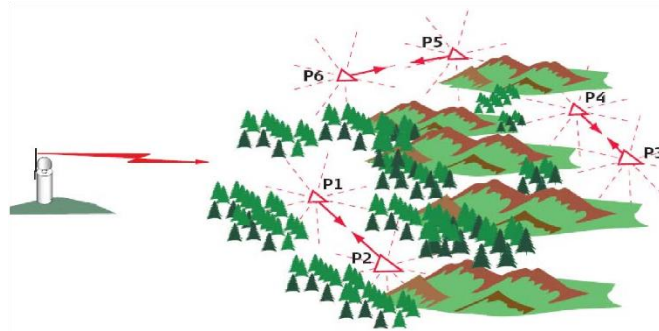


Fig.36.Regjistrimi i një zone të lmadhe me një SmartStation

5.3.1.2. Zona rurale – Rilevimi i kufinjëve të ngastrës

Në zonat rurale, ku pikat e kontrollit mund të jenë të shpërndara deri në 5 km larg, përdorimi i një takimetri mund të kërkojë tërheqjen e një vargu stacionesh, një proces që është kohëkonsumues dhe i prirur ndaj gabimeve. Në rastet e poligonëve të mbyllur, koha e nevojshme për këtë proces mund të dyfishohet. Pas ngritjes së rrjetës në parcelë, regjistrimi i kufijve mund të vazhdojë duke ndjekur rrjetin rreth kufijve të parcelës dhe duke regjistruar të dhënat nga terreni.

Me ST, vendosim stacionin në një lokacion të përshtatshëm afër kufirit të parcelës. Pasi RTK GPS përcakton koordinatat e pozicionit dhe është verifikuar me një pikë tjetër të njohur ose të panjohur,

mund të fillojmë regjistrimin e kufijve. Nëse është e nevojshme, ST mund të zhvendoset në një stacion tjetër për të vazhduar regjistrimin e kufijve të parcelës.

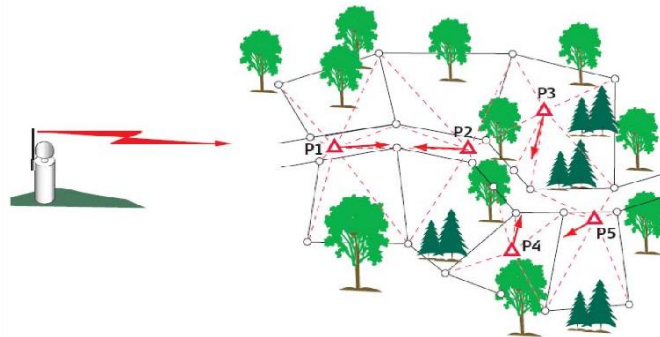


Fig.37.Regjistrimi i kufijve të ngastrave me ST

5.3.1.3. Piketimi në vendpunishte

Në zonat e ndërtimit, shpesh kërkohet një numër i madh pikash kontrolli, të cilat mund të jenë të mbuluara nga makineri dhe materiale ndërtimi dhe shpesh shkatërrohen gjatë procesit të ndërtimit. Projekti ndikon në nevojën për të piketuar një numër të madh pikash në një kohë të shkurtër, duke kërkuar efikasitet të lartë në detyrat gjeodezike.

Përdorimi i takimetrit për shenjzim në këto kushte mund të jetë i vështirë dhe kohëkonsumues. Vendosja e stacionit në një lokacion të përshtatshëm dhe përcaktimi i koordinatave dhe orientimit të tij kërkon një procedurë të saktë dhe të ndjeshme ndaj shkatërrimit të pikave të kontrollit dhe gjeometrisë së ndërlikuar.

Me ST, procesi bëhet më i thjeshtë dhe më i shpejtë. Zgjedhim një vend të përshtatshëm për stacionin dhe e vendosim atje, përcaktojmë koordinatat dhe shikojmë në një pikë të kontrollit për të përcaktuar orientimin. Pasi kjo është bërë, shenjzimi mund të vazhdojë pa pengesa.

Përparësitë e Takimetrit:

- Vendosja e thjeshtë e instrumentit në një lokacion të përshtatshëm.
- Pengesat në vendin e ndërtimit nuk paraqesin vështirësi; shenjzimi është i shpejtë.
- Përfundimi i punimeve të ndërtimit në kohë më të shkurtër.

5.3.1.4. Përparësitë e Takiometrit

Për matjet me takiometer, është e nevojshme të krijohen poligone me pika që do të shërbejnë si stacione. Gjithashtu, shpesh duhet të drejtojmë trenin e poligonit në zonat ku do të kryhen matjet për të siguruar saktësinë e tyre. Nga ana tjetër, teknologjia GPS RTK mund të përcaktojë pozitat e pikave me saktësi në centimetra në një kohë të shkurtër, duke përdorur të dhëna nga një stacion referimi deri në 50 km larg. Megjithatë, për të përdorur GPS, është e nevojshme të kemi sinjal satelitor, i cili nuk është gjithmonë i disponueshëm në zona të banuara, në vende ndërtimi, apo në terrene të mbingarkuara.

Në krahasim me matjet GPS, takiometrat mund të përdoren në lokacione ku GPS nuk është i disponueshëm. Kështu, secila metodë ka aplikacionet dhe përparësitë e saj. Përdorimi i Smart Stacionit ofron një zgjidhje të kombinuar që maksimizon përfitimet e të dy metodave. Ky instrument mund të përdoret për çdo lloj detyre, përfshirë matjet kadastrale, hartografike, dhe shenjzimin në sipërfaqet e ndërtimit. Kohëzgjatja e punimeve është ndjeshëm më e shkurtër në krahasim me metodat tradicionale, duke ulur ndjeshëm kostot.

Investimi në Smart Stacion na lejon të kryejmë çdo lloj detyre me një instrument të vetëm, duke kursyer para, pasi blerja e një takiometri dhe një GPS RTK rover si instrumente të ndara do të ishte më e shtrenjtë.⁴⁷

5.3.2. Smartpole

Si vazhdim i zhvillimit të suksesshëm të Serisë 1200, Leica Geosystems ka krijuar një instrument të ri – SmartPole, i cili ofron një fleksibilitet më të madh dhe një efikasitet më të lartë në terren. SmartPole është një njësi kompakte që integrohet me Sistemin 1200. Ai mund të kombinohet me një TPS 1200 për të formuar një SmartStation, me një kontrollues RX 1250 si SmartRover, ose me

⁴⁷ Meyer, T. H. (2010). *Introduction to Geometrical and Physical Geodesy*.

një reflektor 360 dhe një kontrollues RX 1250 për të krijuar një SmartPole. Ky integrim ndihmon në uljen e kostove dhe rrit fleksibilitetin e pajisjeve.

SmartPole lejon përcaktimin e koordinatave dhe orientimit gjatë matjeve, duke përdorur teknologjinë TPS ose GPS dhe modelin e matjes "On the Fly". Kjo qasje kursen kohë, pasi eliminon nevojën për planifikim të detajuar në zyrë dhe gjetjen e pikave të kontrollit për të marrë orientimin përkatës para matjeve të hollësishme. Matjet kryhen thjesht duke përdorur modelin "On the Fly". Nëse një pikë mund të matet me GPS dhe TPS, atëherë ajo konsiderohet si pikë kontrolli "Në fluturim - On the Fly".

SmartPole ofron mundësinë për të vendosur takimet në çdo vend të përshtatshëm. Kur përdoret ky instrument, nuk është më e nevojshme të drejtoni trenin, sepse për secilën ndalesë të takimet, koordinatat dhe orientimi ndaj një pike të re mund të përcaktohen duke përdorur SmartPole GPS. Pas përcaktimit të orientimit dhe koordinatave, të gjitha matjet rikalkulohen automatikisht. Me SmartPole, matjet TPS dhe GPS mund të kryhen në çdo kohë, duke na lejuar të zgjedhim metodën më të përshtatshme për secilën detyrë. Për shembull, nëse matjet GPS nuk janë të mundshme për shkak të bllokimit të sinjalit, përdorim metodat e matjes TPS. Ndërsa, nëse nuk kemi ndëshkim midis instrumentit dhe reflektorit, përdorim metodën e matjes GPS.



Fig.38. SmartPole Leica TS16 P 5'' R500

6.0. Sistemet Laserike Terestrike

Përshkrimi dhe paraqitja tre-dimensionale (3D) e vetive të objekteve reale në mjedisin tonë, si dhe ruajtja e tyre në formë digjitale, janë bërë një realitet në shumë fusha të veprimtarisë njerëzore. Përparimi i vazhdueshëm në teknologjinë kompjuterike dhe shtrirja e saj kanë krijuar kërkesa për rritjen e cilësisë dhe sasisë së të dhënave të detajuara, veçanërisht në lidhje me hapësirat dhe objektet që na rrethojnë. Për shkak të kompleksitetit dhe diversitetit të tyre, sidomos nga aspekti gjeometrik, për të pasur një paraqitje cilësore kërkohet një sasi e madhe të dhënash të matura. Mbledhja e kësaj sasive të të dhënave me paisje matëse që kërkojnë kontakt fizik me çdo pikë të objektit do të ishte jashtëzakonisht e vështirë dhe joefikase. Për këtë arsye, gjatë gjithë shekullit të

kaluar, fotogrametria është përdorur si një metodë efikase dhe cilësore e vrojtimit dhe matjes pa kontakt të drejtpërdrejtë me objektin (Kabashi, I, 2017).

Në dy dekadat e fundit, teknologjia e skanimit laserik të hapësirës ka marrë rëndësi si një metodë automatike dhe efikase për mbledhjen e të dhënave hapësinore. Kjo teknologji është e njohur zakonisht si **LiDAR** (Light Detection and Ranging), megjithëse është sugjeruar edhe termi **LaDAR** (Laser Detection and Ranging) për të theksuar përdorimin e rrezeve laserike.

Në përgjithësi, LiDAR konsiderohet një metodë plotësisht e automatizuar dhe aktive për mbledhjen optiko-mekanike të të dhënave gjeohapësinore, e cila realizohet nga një stacion fotografues.⁴⁸

Është me rëndësi të theksohet se LiDAR-i nuk përdoret vetëm për skanimin hapësinor, por edhe për monitorimin e proceseve fizike në atmosferë, pasi siguron matje shumë të sakta të shpejtësisë, drejtimit të lëvizjes dhe dendësisë së grimcave në atmosferë. Kjo teknologji është e njohur si **DIAL** (Differential Absorption LiDAR).

Parimi i matjes dhe skanimit laserik bazohet në drejtimin e rrezeve laserike në dy drejtime kryesore, me ndihmën e lëvizjes motorike të pjesëve mekanike dhe optike. Në bazë të rrotullimit të pasqyrës dhe gjatësisë së matur, përcaktohen koordinatat Y, X dhe Z për çdo pikë të skanuar. Përveç këtyre koordinatave, regjistrohet edhe intensiteti i sinjalit të reflektuar të laserit, i cili varet nga shkalla e reflektimit të sipërfaqes dhe orientimi i saj hapësinor në raport me drejtimin e rrezeve laserike. Në formatin e rasterit fitohet një imazh hapësinor dhe një imazh i intensitetit të shpërndarjes, duke krijuar kështu një koncept të njohur si skanimi laserik 4D.

⁴⁸ **Kabashi, I. (2017):** *Skanimi laserik terestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup

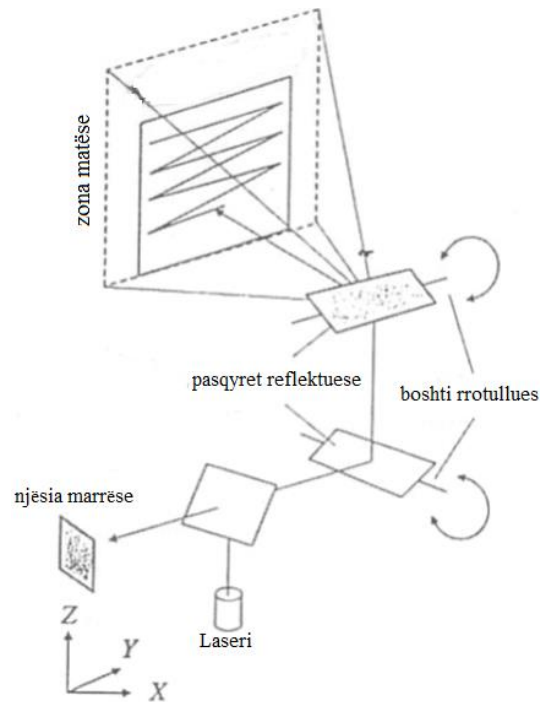


Fig.39. Parimi i skenimit laserik (Kabashi, 2017)

Skenimi laserik është një metodë e avancuar për mbledhjen e të dhënave hapësinore të objekteve në mjedis, duke përdorur teknologjinë e rrezeve lazer.

Kjo teknologji përfshihet në dy kategori kryesore:

- **TLS** – Skenimi Laserik Tokësor (Terrestrial Laser Scanning), që kryhet nga toka.
- **ALS** – Skenimi Laserik nga Ajri (Airborne Laser Scanning), që realizohet nga ajri, zakonisht duke përdorur avionë si platforma për bartjen e skanerëve.

Zonat e gjera shpesh skanohen me avionë që mbajnë pajisjen skanuese, ndërsa zona më të kufizuara, si sipërfaqet e pjerrëta të terrenit, guroret, ose modelet e detajuara të ndërtesave, urave, tuneleve dhe objekteve kulturore e historike, janë më të përshtatshme për skenim me stacione fikse të rilevimit. Megjithatë, skenimi laserik nuk është një zëvendësim i teknikave tradicionale gjeodezike, por një shtesë që mund të përdoret në shumicën e projekteve të rilevimit.⁴⁹

⁴⁹ Kabashi, I. (2017): *Skenimi laserik terestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup

Procesi i skanimit funksionon përmes regjistrimit të këndeve dhe distancave deri te një pikë specifike në hapësirën e rlevimit. Rezultati i këtij procesi është një grumbull pikash tre-dimensionale (3D), me koordinatat X, Y, Z, të cilat formojnë një "re pikash" (point cloud).⁵⁰

Dendësia e pikave në këtë re varet nga afërsia e objektit dhe specifikimet teknike të pajisjes. Shumica e skanerëve modernë mund të krijojnë pika shumë të afërta, duke mundësuar një distancë mes pikave fqinje prej vetëm një milimetri (1mm x 1mm). Përveç koordinatave, këto pika mund të përmbajnë edhe informata për intensitetin dhe ngjyrën (RGB) e sipërfaqeve të reflektuara. Për shembull, nëse rrezet lazer reflektohen nga një fletë gjelbër në një pemë, atëherë pika përkatëse do të përmbajë informacione për ngjyrën dhe intensitetin e reflektimit të saj.

Duke pasur parasysh që skanimi laserik mund të mbledhë miliona pika nga një stacion i vetëm, është e panevojshme të mbahet një skicë manuale, pasi vetë grumbulli i pikave ofron informata të mjaftueshme për identifikimin e objekteve dhe për përpilimin e hartës së situacionit. Një shembull ilustrues i kësaj është skanimi i një rruge, ku edhe detajet më të vogla, si emri i shkruar në një pllakë, mund të identifikohen lehtë nga grumbulli i pikave falë formës dhe ngjyrës së fituar (p.sh., shkronjat e bardha në një pllakë të kaltër).

Skanerët laserik ndahen në tri kategori bazuar në mënyrën e skanimit:

1. **Skneri Kamerë:** Ka një fushë të kufizuar të skanimit (FOV) p.sh. 40°x40°, si kamerat fotogrametrike. Ky lloj skaneri përdor dy pasqyra për të drejtuar rrezet laserike, por ka një distancë veprimi të madhe (më shumë se 1000 metra), duke kompensuar fushën e ngushtë të skanimit (p.sh. Cyra 2500 ose Iliris 3D).
2. **Skneri Hibrid:** FOV horizontal është 360° dhe vertikal rreth 60°. Ky skaner përdor një prizëm rotullues që skanon një brez nën këndin vertikal dhe horizontal prej 360°, duke ofruar pamje më të gjerë (p.sh. GX ose LMS Z 360). Ky lloj është më i përdorshëm në praktikë për shkak të shumëllojshmërisë së tij.
3. **Skneri Panoramë:** Ky lloj skanon me FOV vertikal 310° dhe horizontal 360°, duke përjashtuar bazën ku ndodhet skaneri. Përdoret zakonisht në interiere për shkak të largësisë

⁵⁰ Kabashi, I. (2017): *Skanimi laserik terrestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup

së kufizuar të skanimit, por është i shpejtë dhe mbulon zona të mëdha (p.sh. IMAGER 5003 ose HDS4500).

Çdo skaner ka avantazhe dhe disavantazhe të veta, dhe zgjedhja e tij varet nga kërkesat specifike të projektit.⁵¹

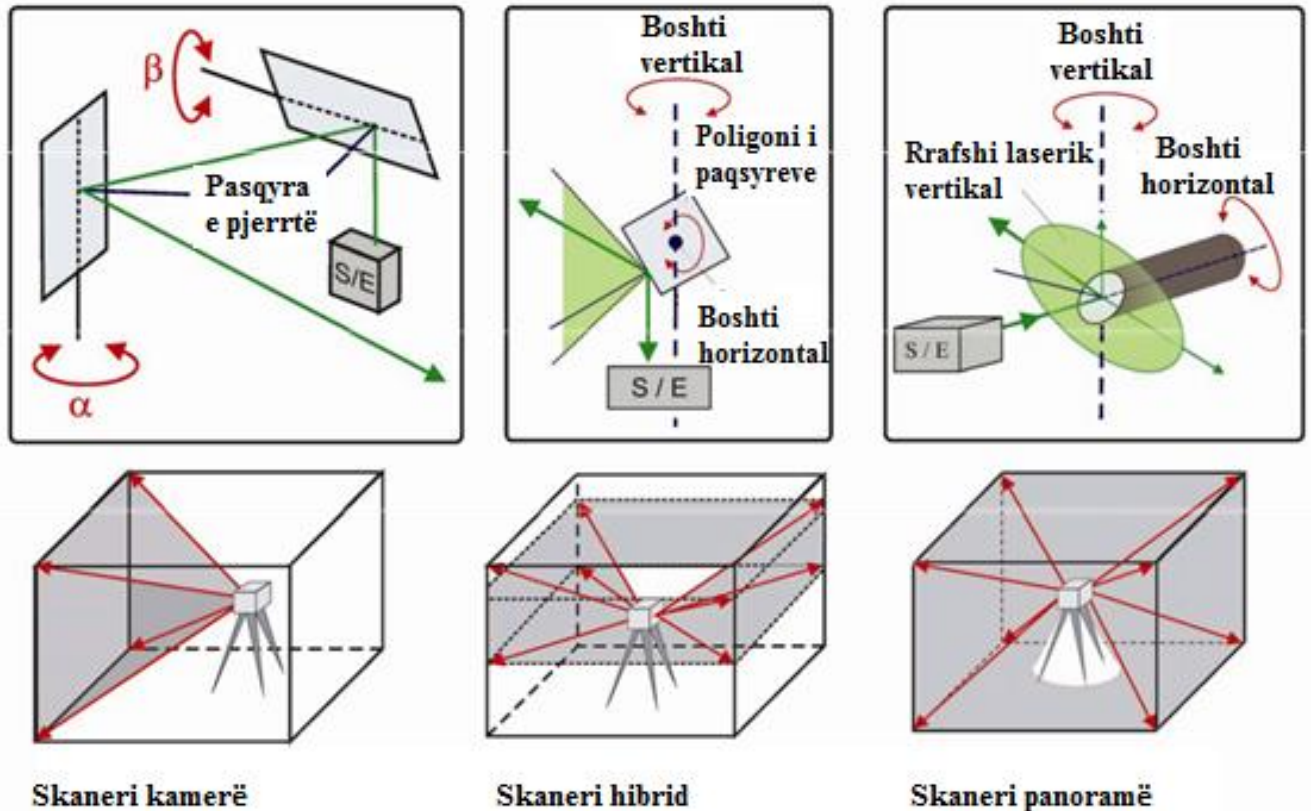


Fig.40. Paraqitja skematike e tri llojeve të zakonshme të skenerit sipas mënyrës së skenimit (Kabashi, 2017)

⁵¹ Kabashi, I. (2017): *Skanimi laserik terestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup



Fig.41. Shembuj: (a) skener kamera, (b) skeneri panoramike, (c) skeneri hibrid dhe (d) stacioni i përgjithshëm robotik (Kabashi, 2017)

6.1. Ndarja e skenerit sipas mënyrës së matjes së distancës

Skenerat laserik terestrik mund të klasifikohen bazuar në teknologjinë që përdorin për matjen e distancave. Teknologjia e përdorur ndikon drejtpërdrejt në saktësinë dhe rrezën e skanimit. Aktualisht, ekzistojnë tri metoda të ndryshme të matjes së distancave me skener laserik: metoda impulsive, metoda fazore dhe metoda triangulative.

Këto metoda zakonisht përdoren të pavarura nga njëra-tjetra, por mund të kombinohen për të krijuar sisteme të avancuara skanimit. Klasifikimi i skenerëve laserikë terestrikë sipas mënyrës së matjes së distancave përfshin:

1. **Metoda impulsive (Time of Flight - TOF):** Kjo metodë bazohet në matjen e kohës ndërmjet dërgimit dhe kthimit të një sinjali. Distanca e veprimit mund të kalojë 1 km, por përparësia e mbulimit të një largësie të gjatë vjen me kompromisin e një saktësie më të ulët. Kjo metode ka disa përparësi ndaj metodës fazore:
 - Kohëzgjatje e shkurtër e matjes

- Konsistencë në matjen e distancës
 - Kërkon më pak energji për transmetim
 - Nuk kërkon reflektor të veçantë në objektin e matjes
2. **Metoda fazore (Phase):** Kjo metodë bazohet në matjen e ndryshimit të fazës ndërmjet sinjalit të dërguar dhe atij të pranuar. Saktësia e saj mund të arrijë disa milimetra, por disavantazhi kryesor është kufizimi në largësitë deri në disa qindra metra.
3. **Metoda triangulative (Triangulation):** Kjo metodë përdor parimin e triangulacionit optik. Rrezja laserike drejtohet drejt objektit dhe regjistrohet nga një sensor që ndodhet në një distancë të njohur nga burimi. Rregullimi i kamerës dhe transmetuesit në një kënd të caktuar krijon një trekëndësh projeksioni. Ndryshimi i këndit në fushën pamore të kamerës përshkruan ndryshimin e distancës nga objekti. Kjo metode ka një saktësi të lartë në nivel mikrometër, por kufizohet në distanca të shkurtra, duke e bërë atë të papërshtatshme për matjet gjeodezike në distanca të gjata.⁵²

Në përgjithësi, metoda impulsive përdoret më shpesh për matjet laserike terestrike. Distancat e fituara kombinohen me matjen e këndeve hapësinore (horizontal dhe vertikal) për të llogaritur koordinatat tridimensionale.

Saktësia e këtyre instrumenteve ndryshon në varësi të modelit dhe mund të variojë nga ± 0.5 mm për distanca deri në 5 m, deri në ± 50 mm për distanca deri në 1000 m. Skanuesit lazer të parë u prezantuan në vitin 1999. Ndërsa këta skanues janë më të shpejtë në matje krahasuar me takimet elektronike të motorizuar, ata nuk arrijnë të kenë saktësinë e këtyre të fundit. Në krahasim me teknikat e tjera si fotogrametria, remote sensing, dhe ndonjëherë imazhe satelitore, skanuesit lazer ofrojnë një mënyrë të ndryshme matjeje që mund të jetë më efikase për disa aplikime të veçanta.

Aplikimi i skenerit laserik terestrik

⁵² Kabashi, I. (2017): *Skanimi laserik terestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup

Zbatimi i skenerëve laserik terestrik ka njohur një rritje të madhe falë fuqisë në rritje të kompjuterëve modernë për përpunimin e sasive të mëdha të të dhënave. Kjo përparësi hap çdo ditë mundësi të reja për aplikime në fusha të ndryshme. Të dhënat 3D hapësinore të mbledhura nga skanimi laserik janë shumë të sakta dhe të detajuara, duke u ofruar përdoruesve një përparësi të madhe në krahasim me teknologjitë tradicionale të matjes, të cilat janë të kufizuara në dy dimensione.

Me këto të dhëna, mund të krijohen modele digjitale që plotësojnë nevojat specifike, ndërsa të dhënat origjinale mbeten si një burim i pasur për informacione. Kjo aftësi për të përpunuar dhe analizuar shpejt të dhënat e mbledhura në terren ofron një qasje të shpejtë dhe të detajuar mbi objektin e skanuar apo sistemin e vrojtuar.⁵³

a) **Matja topografike**

Skenerët laserik janë shumë të përdorshëm në matjet e detajuara topografike, duke përfshirë edhe gërmimet arkeologjike, ku kërkohet saktësi dhe dendësi e lartë të dhënash për dokumentim. Gjithashtu, ata përdoren për krijimin e modeleve digjitale të terrenit në miniera.

b) **Matja në objekte**

Skenerët laserik gjejnë përdorim të gjerë në skanimin e strukturave si ura, rrugë, ndërtesa dhe tunele. Edhe pse mbledhja e të dhënave në terren mund të jetë relativisht e thjeshtë, përpunimi i këtyre të dhënave për modelimin e detajuar të objekteve kërkon një volum të madh pune.

c) **Matja dhe monitorimi i deformimeve**

Në krahasim me metodat e tjera gjeodezike si matjet tradicionale ose GPS, skanimi laserik është shumë më i avancuar për monitorimin e deformimeve strukturore. Ai ofron mundësinë për të

⁵³ **Kabashi, I. (2017):** *Skanimi laserik terestrik*. Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”, Shkup

“Evoluimi tekniko teknologjik i paisjeve gjeodezike per matje terestrike”

Atdhe Buzhala

ndjekur jo vetëm pika të veçanta, por edhe sipërfaqen e plotë të objektit, duke e bërë atë ideal për monitorimin e strukturave të mëdha ndërtimore.

d) Matjet industriale

Skenerët laserik kanë gjetur përdorim në shumë industri, përfshirë atë të aviacionit, projektimin e trenave, anijeve dhe në shumë fusha të tjera që kërkojnë mbledhjen e të dhënave të sakta 3D në shkallë të madhe.

e) Matja e objekteve të trashëgimisë kulturore

Në restaurimin dhe dokumentimin e objekteve të trashëgimisë kulturore, skanimi laserik është i pazëvendësueshëm. Ai ofron një përshkrim të detajuar dhe të saktë të fasadave dhe pjesëve të tjera të ndërtesave të vjetra. Kur kombinohet me teknologjinë e fotogrametrisë ose përdoret i vetëm, skanimi laserik siguron një raport të shkëlqyer midis kostos së investimit dhe rezultateve të fituara. Një model digjital i saktë i një ndërtese do të ndihmojë jashtëzakonisht shumë në procesin e restaurimit të objekteve të trashëgimisë kulturore.

Ketë vit kompania Faro ka hudhur në treg dhe në përdorim edhe skanerin terestrik mobil - Faro Orbis mobile laser scanner- përshkrimin të cilit në këtë temë diplome do ti kushtohet rëndësi e veçantë dhe do të behët në kapitullin vijues.

6.3. Lazer skaneri mobil Faro Orbis

Faro Orbis është një skaner laserik mobil i dorës që ofron një zgjidhje të avancuar për kapjen e të dhënave 3D me shpejtësi dhe precizion të lartë. Ky instrument është i projektuar për të balancuar nevojën për shpejtësi dhe saktësi në matjet 3D, duke integruar teknologjitë më të fundit të skanimit dhe përpunimit të të dhënave.⁵⁴

Karakteristikat Kryesore:

⁵⁴ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

- Shpejtësia e Skanimit: Faro Orbis është deri në 10 herë më i shpejtë se metodat tradicionale të matjes, duke mundësuar kapjen e të dhënave në një gamë prej 100 deri në 1000 pikë për sekondë. Kjo shpejtësi e lartë ndihmon në kapjen e tërë vendit të punës në mënyrë efikase dhe me minimum ndërprerjesh.
- Saktësia e Lartë: Skaneri ofron një saktësi që varion nga ± 0.5 mm për 5 m deri në ± 50 mm për 1000 m, duke siguruar të dhëna të sakta dhe të besueshme për aplikacione të ndryshme.
- Përdorimi i Lehtë: Dizajni kompakt dhe funksionaliteti intuitiv i Orbis e bëjnë të lehtë për përdoruesit të kapin të dhëna me cilësi të lartë. Përdorimi i aplikacionit FARO Stream për kontrollin e skanerit dhe vizualizimin e të dhënave në kohë reale thjeshton procesin e kapjes dhe përpunimit.
- Përpunimi dhe Ruajtja e të Dhënave: Faro Orbis është i integruar me FARO Sphere® XG për përpunimin dhe ruajtjen në cloud të të dhënave, duke ofruar mundësi të avancuara për ndarjen dhe bashkëpunimin në projektet.
- Skanimi Dinamik dhe Flash: Përdorimi i skanimit dinamik dhe Flash mundëson kapjen e të dhënave të detajuara të zonave komplekse dhe të vështira për tu skanuar. Flash skanimi i mundëson përdoruesit të kapë skanime të detajuara në vetëm 15 sekonda.
- SLAM i Avancuar: Teknologjia e avancuar SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) e përfshirë në Orbis siguron një besueshmëri të lartë për kapjen e të dhënave në kushte të ndryshme të ambientit, duke e bërë të përshtatshëm për projekte të ndryshme dhe ambient të ndryshëm.⁵⁵

⁵⁵ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).



Fig.42. Puna me skanerin laserik mobil Faro Orbis

Faro Orbis është një zgjidhje e fuqishme dhe fleksibël për matjet 3D, duke kombinuar shpejtësinë dhe saktësinë për të ofruar rezultate të jashtëzakonshme në një gamë të gjerë aplikacionesh, duke përfshirë ndërtimin, arkeologjinë, topografinë dhe më shumë.

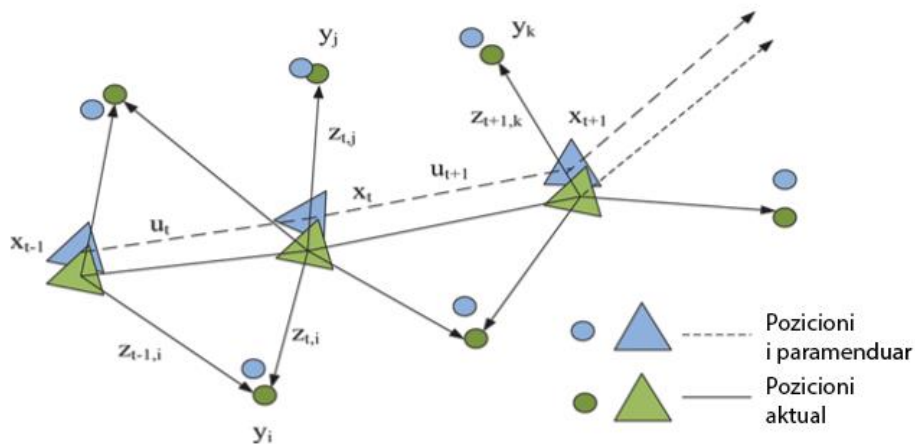


Fig.43. Teknologjia e avancuar SLAM

6.3.1. Performanca e Faro Orbis

Skneri lazer mobil Faro Orbis ofron një performancë të jashtëzakonshme dhe shpejtësi të lartë në kapjen e të dhënave, duke e bërë atë një mjet të fuqishëm për aplikacione të ndryshme në fushën e

matjes dhe monitorimit. Ja disa nga karakteristikat kryesore lidhur me performancën dhe shpejtësinë e këtij skaneri:

- Shpejtësia e Kapjes së Të Dhënave: Faro Orbis është deri në 10 herë më i shpejtë se metodat tradicionale të matjes. Ky shpejtim lejon kapjen e të dhënave në të gjithë sitin me ritmin e operatoreve, duke kursyer kohë dhe para, dhe duke reduktuar ndërlikimet në vendin e punës.
- Kapaciteti i Pikat për Sekondë: Skaneri mund të kapë deri në 640,000 pikë për sekondë, duke siguruar një densitet të lartë të skanimeve dhe një mbulim të gjerë të sipërfaqeve të skanuara. Kjo kontribuon në një përshpejtim të konsiderueshëm të proceseve të matjes dhe dokumentimit.
- Koha e Skanimit: Skanimi i hapësirës mund të kryhet në kohë reale, me kapacitetin për të realizuar skanime të kompleksëve si tubat në vetëm 15 sekonda kur përdoret aksesori të përfshirë si monopodi. Ky nivel i shpejtësisë ndihmon në përmbushjen e kërkesave të larta të projektit dhe përmirëson efikasitetin.
- Saktësia e Skansimit: Faro Orbis ofron saktësi të lartë me një tolerancë precision prej $\pm 5\text{mm}$ për skanimet mobile dhe $\pm 2\text{mm}$ për skanimet statike me Flash. Kjo garanton që të dhënat e marra janë të sakta dhe të besueshme për përdorim të mëtejshëm.
- Përpunimi dhe Transferimi i Të Dhënave: Të dhënat e kapura mund të përpunohen në kohë reale përmes FARO Sphere® XG për përpunim dhe ruajtje në cloud, ose mund të përpunohen lokal në FARO Connect. Ky fleksibilitet në përpunimin e të dhënave ndihmon në ruajtjen e efikasitetit dhe në përmirësimin e bashkëpunimit midis ekipeve. Faro Orbis kombinon shpejtësinë e lartë me performancën e avancuar për të ofruar një zgjidhje të fuqishme dhe të shpejtë për matjet dhe analizat komplekse.

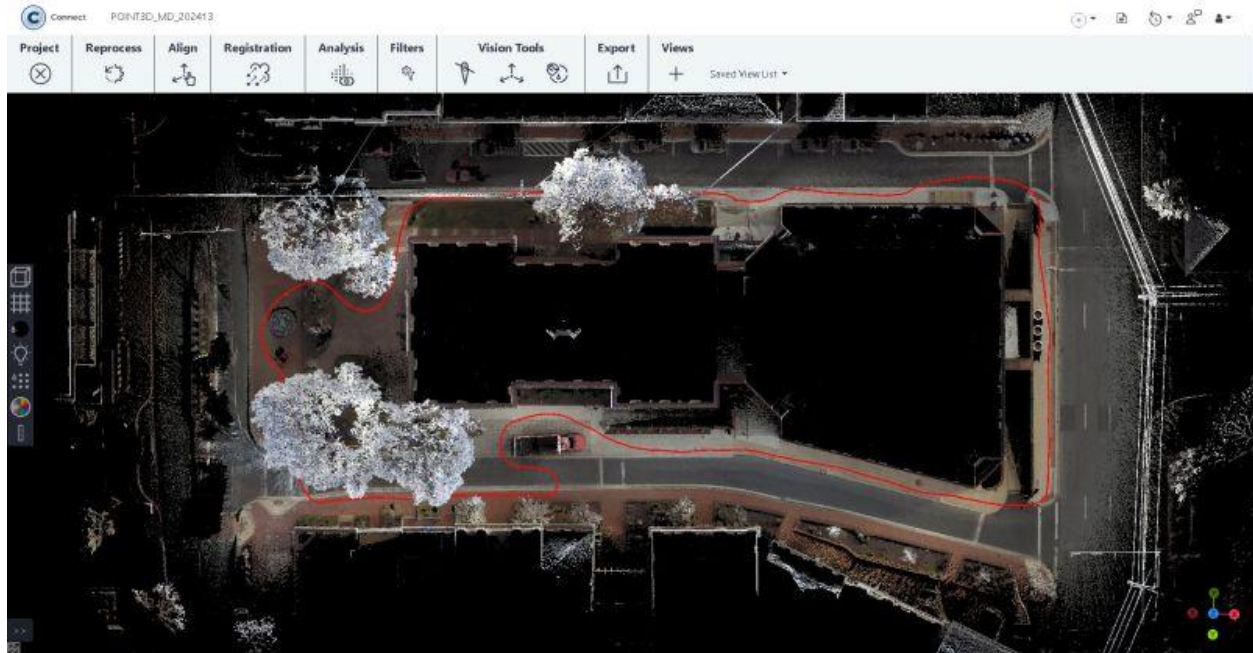


Fig.44. Softueri FARO Connect

6.3.2. Veçoritë e Skanimit dhe Saktësisë

Saktësia e Skanimit:

Precision e Lartë: Faro Orbis ofron një saktësi të jashtëzakonshme me një tolerance precision prej $\pm 5\text{mm}$ për skanime mobile dhe $\pm 2\text{mm}$ për skanime statike me Flash. Kjo mundëson kapjen e detajeve të sakta dhe të besueshme në të gjitha aplikacionet e matjes.

Densiteti i Pikave:

Pikët për Sekondë: Skaneri kap deri në 640,000 pikë për sekondë, duke siguruar një densitet të lartë të të dhënave dhe një mbulim të plotë të sipërfaqeve të skanuara. Ky densitet i lartë ndihmon në krijimin e një model të detajuar dhe të saktë të objektit të skanuar.

Koha e Skanimit:

Koha e Shpejtë e Skanimit: Me kapacitetin për të realizuar skanime në vetëm 15 sekonda për zona komplekse si tubat, Faro Orbis ofron një shpejtësi të lartë të skanimit. Ky nivel i shpejtësisë lejon një kapje të shpejtë të të dhënave dhe përmirëson efikasitetin e punës.

Integrimi i Teknologjisë Flash:

“Evoluimi tekniko teknologjik i paisjeve gjeodezike per matje terrestre”

Atdhe Buzhala

Skanime të Shpejta dhe të Detajuara: Faro Orbis përdor teknologjinë e FARO Flash për të ofruar saktësi të lartë dhe densitet të lartë të skanimeve. Ky integrim i teknologjisë lejon kapjen e detajeve të hollësishme dhe ndihmon në realizimin e skanimeve të shpejta dhe të sakta.

Ngjyrosja Automatike e Pikave të Dëdhënave:

Ngjyrosja e Integruar: Skaneri ka një kamerë të integruar që kap imazhe panoramike dhe përdor një proces automatik për të ngjyrosur të dhënat e pikave. Kjo ofron një përmirësim të vizualizimit dhe ndihmon në krijimin e një modeli të saktë dhe të detajuar.

Filtrimi Automatik i Të Dhënave:

Mjetet e Filtrimit Automatik: Faro Orbis ofron mjetet e filtrimit automatik në FARO Connect për të hequr pikët e padëshiruara, zhurmat e sipërfaqeve dhe pikat kalimtare, duke përmirësuar kështu cilësinë e të dhënave të kapura.

Këto veçori të avancuara të skanimit dhe saktësisë e bëjnë Faro Orbis një mjet të fuqishëm dhe të besueshëm për matjet dhe analizat në një gamë të gjerë aplikacionesh, duke ofruar saktësi dhe efikasitet në çdo hap të procesit të matjes.⁵⁶

6.3.3. Përpunimi softuerik i të dhënave

Faro Orbis ofron një gamë të gjerë opsionesh për përpunimin dhe menaxhimin e të dhënave që ndihmojnë në maksimizimin e efikasitetit dhe saktësisë së projektit tuaj. Ja një pasqyrë e veçorive dhe mundësive të ofruara nga softueri dhe opsionet e përpunimit të të dhënave për Faro Orbis:

Përpunimi dhe Menaxhimi i Të Dhënave:

FARO Connect: Përpunimi lokal i të dhënave bëhet në FARO Connect, i cili ofron mundësinë për regjistrimin e pikave dhe krijimin e imazheve panoramike me një proces automatik. Ky softuer siguron përpunim të përsëritur dhe ruajtje të plotë të të dhënave, duke mbajtur kontroll të plotë mbi të dhënat e kapura.

FARO SCENE: Për përpunim të avancuar dhe regjistrim të të dhënave, FARO SCENE është i disponueshëm për regjistrimin dhe analizën e pikave. Ky softuer ofron mundësi të jashtëzakonshme për regjistrimin e pikave të ndritshme dhe ndihmon në arritjen e një cilësie të lartë të të dhënave.

⁵⁶ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

Opsionet e Përpunimit në Cloud:

FARO Sphere® XG: Për një përpunim të avancuar dhe ruajtje të të dhënave në cloud, FARO Sphere XG është një platformë që ofron mundësinë për përpunim të plotë dhe ruajtje të të dhënave. Ky shërbim cloud mundëson ndarjen dhe bashkëpunimin me palët e treta përmes internetit, duke e bërë të lehtë menaxhimin e projekteve dhe ndarjen e rezultateve.

FARO Stream App: Me aplikacionin FARO Stream, të dhënat mund të ngarkohen direkt në FARO Sphere XG për përpunim dhe ruajtje në cloud ndërsa jeni ende në terren. Ky aplikacion lejon një ndërveprim të thjeshtë me të dhënat dhe ndihmon në sinjalizimin e të dhënave në kohë reale.

Përpunimi i të Dhënave dhe Cilësia e të Dhënave:

Ngjyrosja Automatik e Pikave: Faro Orbis ka një kamerë të integruar për kapjen e imazheve panoramike dhe ngjyrosjen automatike të të dhënave të pikave. Ky proces automatik krijon një dataset të ngjyrosur dhe vizualisht të pasur për analizë dhe përshkrim të saktë.

Filtrimi Automatik i Të Dhënave: Softueri ofron mjetet e filtrimit automatik për të hequr pikët e padëshiruara, zhurmat e sipërfaqeve dhe pikat kalimtare, duke përmirësuar cilësinë e përpunimit të të dhënave dhe duke siguruar rezultate të sakta dhe të përdorshme.

Përpunimi dhe Ruajtja e Të Dhënave:

Ruajtja Lokale: Faro Orbis ka një hapësirë të brendshme ruajtëse prej 512 GB, e cila mund të mbajë deri në 50 orë të të dhënave të vazhdueshme. Ky kapacitet ruajtës lejon një mbledhje të madhe të të dhënave pa nevojën për transferime të shpeshta.

Transferimi i të Dhënave: Për transferimin e të dhënave, FARO Orbis ofron mundësi për transferim përmes WiFi, RJ45 ose direkt me USB stick, duke siguruar fleksibilitet në menaxhimin dhe shpërndarjen e të dhënave.⁵⁷

Në përmbledhje, Faro Orbis ofron një kombinim të fuqishëm të softuerëve dhe opsioneve të përpunimit të të dhënave që ndihmojnë në menaxhimin e efikas dhe të saktë të të dhënave të kapura. Me integrimin e teknologjive të avancuara dhe mundësive të përpunimit në cloud dhe lokal, ky skaner lazer siguron një zgjidhje të plotë për nevojat e matjes dhe analizës.

⁵⁷ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

7.3.4. Funkcionaliteti për analiza dhe menaxhim të projekteve

Faro Orbis është një instrument i avancuar që ofron një gamë të gjerë funksionalitetesh për analizën dhe menaxhimin e projekteve. Ky skaner lazer mobil është projektuar për të maksimizuar efikasitetin dhe për të përmirësuar proceset e menaxhimit të të dhënave. Më poshtë janë disa aspekte kyçe të funksionalitetit dhe ndihmesës që ofron Faro Orbis për analizë dhe menaxhim të projekteve:⁵⁸

- Faro sphere® xg: ky platformë në cloud është thelbësore për menaxhimin e të dhënave dhe analizën e rezultateve. Ajo lejon përdorimin e mundësive të avancuara të analizës dhe ndihmon në ruajtjen dhe ndarjen e të dhënave në një mjedis të sigurt. Përdoruesit mund të aksesojnë, shikojnë dhe bashkëpunojnë me palët e interesuara nga çdo vendndodhje, duke ofruar një perspektivë të unifikuar të projektit.
- Faro connect: ky softuer ofron përpunim lokal dhe mundësinë për të regjistruar dhe përpunuar të dhënat në vend. Ai është i pajisur me mjete për të menaxhuar dhe analizuar të dhënat në mënyrë efikase, duke përfshirë kapjen e imazheve panoramike dhe ngjyrosjen e pikave.
- Përpunimi dhe analiza e të dhënave dhe ngjyrosja automatik e pikave: integrimi i një kamere të avancuar në faro orbis lejon kapjen e imazheve panoramike dhe ngjyrosjen automatikisht të pikave. Ky proces krijon një dataset të pasur dhe vizualisht të saktë, duke ndihmuar në një analizë më të detajuar dhe të besueshme të të dhënave.
- Filtrimi automatik i të dhënave: mjetet e filtrimit automatik në faro connect ndihmojnë në përmirësimin e cilësisë së të dhënave duke hequr pikat e padëshiruara dhe zhurmat e sipërfaqeve. Këto mjete përfshijnë heqjen e pikave të papërshtatshme dhe reduktimin e zhurmave, duke kontribuar në rezultate më të sakta dhe të përdorshme.
- Menaxhimi dhe raportimi i projekteve, përpunimi dhe ruajtja në cloud. Faro sphere xg ofron mundësinë e përpunimit dhe ruajtjes së të dhënave në cloud, duke ndihmuar në menaxhimin dhe ndarjen e të dhënave me palët e tjera të interesuara. Kjo ndihmon në sigurimin e një kontrolli të centralizuar dhe të qasjes në të dhëna nga çdo vendndodhje.

⁵⁸ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

- Raportimi në kohë reale: aplikacioni faro stream lejon ngarkimin e të dhënave direkt në faro sphere xg gjatë procesit të skanimit. Ky funksionalitet ndihmon në ndarjen e shpejtë të të dhënave dhe në bashkëpunimin në kohë reale me ekipet dhe palët e interesuara.
- Mundësitë e analizës dhe menaxhimit: analiza e progresit dhe krahasimi i projekteve. Me ndihmën e përpunimit të avancuar dhe ndarjes në cloud, përdoruesit mund të monitorojnë progresin e projekteve dhe të krahasojnë të dhënat me modelet cad të planifikuara. Kjo mundëson krijimin e dokumentacionit të rregullt dhe ndihmon në menaxhimin e burimeve dhe kohës.
- Menaxhimi i aseteve dhe projekteve: faro orbis ofron një mënyrë të avancuar për menaxhimin e aseteve dhe projekteve, duke mundësuar kapjen e shpejtë dhe të saktë të të dhënave të ndërtimit dhe krahasimin me modelet e planifikuara. Kjo është e dobishme në menaxhimin e ndërtimit dhe në sigurimin e informacionit të detajuar për analizë dhe përmirësim.
- Rrethana dhe ambienti i punës: përshtatshmëria për ambientin e punës. Faro orbis është i dizajnuar për të përballuar kushtet e ndryshme të ambientit të punës, si në ambiente të jashtme ashtu edhe në ambiente të brendshme. Përshtatshmëria për kushte të ndryshme ndihmon në sigurimin e rezultateve të sakta dhe të besueshme në çdo situatë të mundshme.⁵⁹

Në përmbledhje, Faro Orbis ofron një gamë të plotë funksionalitetesh për analizën dhe menaxhimin e projekteve që përfshijnë përpunimin e të dhënave në cloud, raportimin në kohë reale, dhe mundësi të avancuara për analizën e të dhënave. Ky skaner lazer mobil ndihmon në optimizimin e proceseve të menaxhimit të projekteve dhe ofron një zgjidhje të fuqishme për përmirësimin e efikasitetit dhe saktësisë në analizën e të dhënave.

⁵⁹ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

6.3.5. Avantazhet

Faro Orbis është një skaner lazer mobil që ofron një seri përfitimesh dhe avantazhesh që e bëjnë atë një zgjedhje të jashtëzakonshme për aplikime të ndryshme në analizën dhe menaxhimin e projekteve. Më poshtë janë disa nga përfitimet dhe avantazhet kryesore të përdorimit të Faro Orbis:

- **Shpejtësi dhe efikasitet i lartë:**

Faro orbis është deri në 10 herë më i shpejtë se metodat tradicionale të matjes, duke mundësuar kapjen e të dhënave të plotë të siteve në kohën e shpejtësisë së operatorit. Kjo shpejtësi e madhe e skanimit ndihmon në kursimin e kohës dhe parave, duke minimizuar ndërprerjet në vendin e punës dhe duke mundësuar vendimmarrjen në kohë reale.

- **Përshtatshmëri dhe fleksibilitet:**

Me mundësinë për të kapur të dhënat dinamike duke ecur nëpër vendin e punës ose duke përdorur aksesorin monopod për skanimin e zonave kyçe në vetëm 15 sekonda, Faro Orbis ofron fleksibilitet të madh për aplikime të ndryshme në industri si ndërtimi, minierat, dhe planifikimi urban.

- **Saktësi dhe cilësi e lartë:**

Faro orbis ofron një saktësi prej 5 mm për skanimin mobil dhe 2 mm për skanimin e flash, duke siguruar rezultate të sakta dhe të besueshme për aplikime të ndjeshme dhe të detajuara. Kjo saktësi e lartë ndihmon në sigurimin e të dhënave të sakta për analiza dhe planifikime të avancuara.

- **Ndihmesë e avancuar për analizë dhe menaxhim të projekteve:**

Faro orbis ofron mundësinë për të integruar të dhënat e skanuara me platforma të avancuara si Faro Sphere XG për përpunim në cloud dhe Faro Connect për përpunim lokal. Ky integrim ndihmon në analizën e të dhënave dhe menaxhimin e projekteve në mënyrë efektive, duke mundësuar raportim dhe bashkëpunim të lehtë.

- **Proces i automatizuar dhe efikas:**

Faro orbis ofron ngjyrosjen automatik të pikave dhe filtrimin e të dhënave për të përmirësuar cilësinë e rezultateve. Këto funksionalitete automatizojnë proceset e përpunimit dhe ndihmojnë në krijimin e dataset-eve të pasura dhe të sakta.

- **Përshtatshmëri për ambient të ndryshëm:**

Faro orbis është projektuar për të funksionuar në ambient të ndryshëm, si në ambiente të jashtme dhe të brendshme, duke siguruar rezultate të besueshme dhe të sakta në çdo kusht të mundshëm.

- **Menaxhimi i të dhënave dhe bashkëpunimi:**

Faro orbis lejon transferimin e të dhënave në mënyrë të shpejtë dhe efikase përmes wifi, rj45, ose usb, dhe ofron opsione për ruajtje dhe përpunim në cloud për bashkëpunim të lehtë me palët e tjera të interesuara.

Në përmbledhje, Faro Orbis ofron përfitime të shumta që përfshijnë shpejtësi të madhe skanimit, saktësi të lartë, fleksibilitet të madh në përdorim, dhe mundësi të avancuara për analizën dhe menaxhimin e të dhënave. Ky skaner lazer mobil është një mjet i fuqishëm që ndihmon në përmirësimin e efikasitetit dhe saktësisë në projekte të ndryshme.

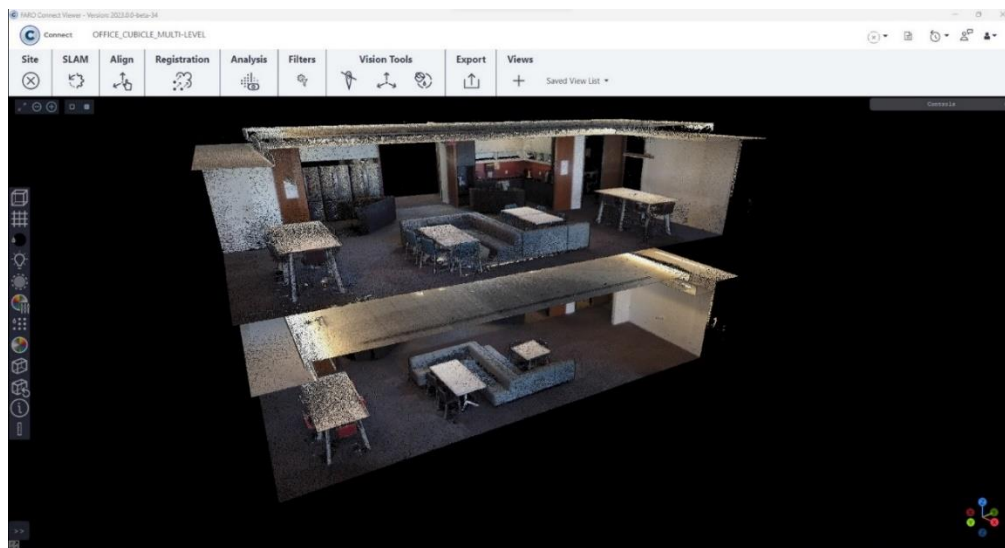


Fig.45. Paraqitja e skanimit në Faro Connect

6.3.6. Specifikimet dhe Karakteristikat Teknike

Faro Orbis është një skaner lazer mobil i avancuar që ofron karakteristika dhe specifikime të nivelit të lartë për matje dhe analizë të saktë. Më poshtë janë disa nga specifikimet dhe karakteristikat kryesore teknike të Faro Orbis:

Rrezja dhe Pikët për Sekondë:

Rrezja Maksimale: 120 metra

Pikët për Sekondë: 640,000 pikë për sekondë

Pajisjet dhe Aksesoret:

- ***Trekëmbështa:*** Për mbështetje të qëndrueshme dhe përdorim në terren të ndryshëm.
- ***Cradle:*** Aksesori i veçantë që mundëson përdorimin e skanerit në shpella të ngushta ose në ambiente të tjera të vështira.

Këto karakteristika e bëjnë Faro Orbis një mjet të fuqishëm dhe fleksibil për një gamë të gjerë aplikimesh në matjet dhe analizat e ndryshme.⁶⁰

⁶⁰ Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).

7.0. Përfundimi

Për të mbetur konkurruese në këtë mjedis të ndryshimeve të shpejta, është thelbësore që gjeodezët dhe kompanitë e tyre të jenë të hapur ndaj risive teknologjike dhe të gatshëm për të adoptuar pajisje dhe metoda të reja. Kompanitë e mëdha, me fuqinë e tyre financiare, kanë mundësinë të investojnë në teknologji të avancuara, të tilla si sistemet matëse robotike, të cilat do të revolucionarizojnë më tej këtë fushë. Nga ana tjetër, kompanitë më të vogla duhet të jenë kreative dhe fleksibile, duke përdorur zgjidhje që janë ekonomikisht të përballueshme, por që gjithashtu përfitojnë nga përparimet teknologjike.

Evolucioni i instrumenteve gjeodezike, nga teodolitët mekanikë deri te teknologjitë dixhitale dhe sistemet matëse robotike, ka sjellë një përparim të madh në fushën e gjeodezisë. Ky punim ka analizuar mënyrën se si këto instrumente dhe metoda të avancuara kanë ndikuar në matjet dhe rilevimet terestrike, duke u përqendruar në rritjen e saktësisë, efikasitetit dhe përdorimit praktik në projekte të ndryshme topografike, ndërtimore dhe inxhinierike. Zhvillimi i teknologjive të reja si skanimi laserik dhe takimetrat dixhitale ka bërë të mundur që gjeodezia të kryejë rilevime komplekse me një shpejtësi dhe saktësi të paprecedentë, duke përmbushur kërkesat gjithnjë e në rritje të projekteve moderne.

Pajisjet moderne si takimetrat dhe gjatësimatësit elektronikë kanë lehtësuar procesin e matjeve dhe kanë përmirësuar ndjeshëm përpunimin dhe analizën e të dhënave. Në të njëjtën kohë, përparimet në teknologjinë dixhitale kanë sjellë integrimin e këtyre të dhënave me softuerë të përparuar, të cilët mundësojnë analiza dhe modelime komplekse të terrenit dhe strukturave.

Sfidat dhe mundësitë e ardhshme

Megjithëse teknologjitë e reja kanë përmirësuar ndjeshëm proceset dhe rezultatet e matjeve, ato paraqesin gjithashtu sfida për industrinë. Një sfidë kryesore është përshtatja me këto përparime teknologjike. Ndërsa kompanitë e mëdha kanë mundësinë të investojnë në sisteme të avancuara robotike, kompanitë më të vogla duhet të tregohen më kreative dhe fleksibile, duke zgjedhur zgjidhje më ekonomike që ende përfitojnë nga përparimet e fundit. Kjo situatë kërkon që profesionistët e fushës të jenë të hapur ndaj inovacioneve, të qëndrojnë të azhurnuar me zhvillimet teknologjike dhe të adoptojnë mjete dhe metoda që rrisin saktësinë dhe efikasitetin e punës së tyre.

Rëndësia e adoptimit të teknologjive të reja

Adoptimi i teknologjive të reja nuk është vetëm një nevojë për të qenë konkurrues, por është thelbësor për të përmbushur kërkesat e reja të tregut dhe të projekteve inxhinierike. Me zhvillimin e infrastrukturave komplekse, ndërtimin e strukturave moderne dhe kërkesat për rilevime të sakta në kohë të shkurtër, vetëm ata që përqafojnë inovacionin do të mund të përparojnë në këtë fushë.

Në përmbledhje, përparimet teknologjike kanë sjellë një revolucion të vërtetë në gjeodezi, duke mundësuar një nivel të ri të saktësisë dhe efikasitetit në matjet terrestrike. E ardhmja e kësaj fushe është e lidhur ngushtë me zhvillimin e teknologjive të reja, dhe gjeodezët që janë të gatshëm të adoptojnë këto përparime do të jenë në gjendje të ofrojnë shërbime më të mira dhe më konkurruese. Me këtë në mendje, është e qartë se teknologjia do të vazhdojë të luajë një rol qendror në të ardhmen e gjeodezisë, duke hapur rrugën për matje dhe rilevime më të sakta, të shpejta dhe të efektshme.

Bazuar në analizën dhe studimin tonë mbi instrumentet gjeodezike, krijuam tabelën e mësipërme për të strukturuar në mënyrë të qartë dallimet kryesore midis tyre. Tabela paraqet klasifikimin e instrumenteve sipas saktësisë, lehtësisë së përdorimit, llojeve të matjeve që kryejnë dhe teknologjive të përdorura. Ky format ndihmon në theksimin e përparësive dhe kufizimeve të secilit instrument, duke mundësuar një krahasim praktik dhe informativ për nevojat e ndryshme teknike dhe profesionale në fushën e gjeodezisë.

Tabela 6. Analizë mbi dallimet e instrumenteve terestrike

Instrumenti	Saktësia	Lehtësia e përdorimit	Lloji i matjeve	Teknologjia e përdorur
Teodoliti mekanik	Precizitet mesatar (≤ 2.0 mgon ose $\sim 6''$)	Kërkon trajnim dhe njohuri teknike	Kënde horizontale dhe vertikale	Sisteme optike dhe mekanike
Teodoliti elektronik	Shumë i saktë (≤ 0.1 mgon ose $\sim 0.3''$)	Më i lehtë falë leximit dixhital	Kënde horizontale, vertikale dhe regjistrim automatik	Komponentë elektronike dhe optike
Nivela optike	Saktësi e lartë për nivelim ($\pm 0.2'' - \pm 0.5''$)	Procedura manuale, kërkon stabilitet	Diferenca e lartësive dhe nivelim	Kompensator i varur për horizontim
Nivela dixhitale	Shumë e saktë (lexim automatik me imazh të latës) $\pm 1\text{mm} - \pm 3\text{mm}$	Shumë e thjeshtë për t'u përdorur	Diferenca e lartësive dhe nivelim	Teknologji dixhitale dhe lazerike
Gjatësimatësi elektronik	Shumë i saktë (varësisht nga lloji i valëve) $\pm 2\text{mm} - \pm 4\text{mm}$	Përdorimi është efikas dhe i thjeshtë	Matje distancash (me ose pa reflektor)	Valë elektromagnetike
Takiometri	Saktësia këndore: $1''$ Saktësia e EDM (me prizëm): $1\text{mm} + 1.5\text{ppm}$	Përdorueshëm, me regjistrim automatik të të dhënave	Distanca, kënde horizontale, vertikale, piktetim, rievim	Kombinim EDM, teodolit elektronik, dhe GPS
Skuesi lazerik 3D	$\pm 2\text{mm} - \pm 5\text{mm}$	Kërkon trajnim për analizë softuerike	Skanim i plotë 3D i objekteve dhe terrenit	Teknologji lazerike dhe SLAM

8.0. Referencat

- Gillings, R. J.** (1972). *Egyptian Mathematics and Geometry*. Dover Publications.
- Lambeck, K.** (1988). *A Short History of Geodesy*. Cambridge University Press.
- Torge, W.** (2001). *Geodesy*. Walter de Gruyter.
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D.** (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics* (13th ed.). Pearson.
- Panić, D.** (2010). *Geodetski instrumenti i metode merenja*. Građevinski fakultet, Beograd.
- Isufi, E.** (2012): *Gjeodezia e Përgjithshme I*. Universiteti Politeknik i Tiranës, Fakulteti i inxhinierisë së ndërtimit; Departamenti i Gjeodezisë. Tiranë 2012 -shembull
- Benčić, D.** (1990). *Kartografske projekcije*. Školska knjiga, Zagreb.
- Mrkić, R.** (1991). *Geodetska metrologija*. Naučna knjiga, Beograd.
- Vodopivec, F.** (1997). *Geodezija II, Altimetrija*. FAGG, Ljubljana.
- Kogoj, D.** (2006). *Mjerenje duljine elektroničkim tahimetrima*. Građevinski fakultet, Sarajevo.
- Barković, Đ.** (1998). *Integrirani sustavi geodetskog mjerenja - totalne stanice*. Geodetski list, Zagreb.
- Solarić, N., Benčić, D., & Nogić, Č.** (1990). *Nivoi nove generacije s automatskim očitavanjem i registriranjem podataka - NA2000 Wild*. Geodetski list, Zagreb.
- Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H.** (2006). *Physical Geodesy*.
- Grafarend, E. W.** (2003). *Geodesy - The Challenge of the 3rd Millennium*.
- Torge, W., & Müller, J.** (2012). *Geodesy*. De Gruyter.
- Xu, P., Liu, J., & Dermanis, A.** (2001). *VI Hotine-Marussi Symposium on Theoretical and Computational Geodesy*.

Hofmann-Wellenhof, B., et al. (1993). *Global Positioning System: Theory and Practice.*

Vaniček, P., & Krakiwsky, E. J. (1986). *Geodesy: The Concepts.* Elsevier.

Featherstone, W. E., & Rizos, C. (2004). *Positioning and Navigation with GPS and Other
Satellite Systems.* Springer

Sansò, F., & Sideris, M. G. (2013). *Geoid Determination: Theory and Methods.* Springer.

Rapp, R. H. (1991). *Geometric Geodesy.* Ohio State University.

Monico, J. F. G. (2008). *GPS and GNSS for Geodesy.* Springer.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2007). *GNSS – Global Navigation
Satellite Systems.* Springer.

Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2017). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis.* Wiley.

Meyer, T. H. (2010). *Introduction to Geometrical and Physical Geodesy.* ESRI Press.

Kabashi, I. (2010): *Bazat e Gjeodezisë Inxhinierike.* Dispencë për studentë, Universiteti i
Prishtinës, Fakulteti i ndërtimitarisë, Departamenti I Gjeodezisë. Prishtinë,
2010

Kabashi, I. (2017): *Skanimi laserik terrestrik.* Dispencë për studentë, Universiteti “Nënë Tereza”
Shkup, Fakulteti i Ndërtimitarisë dhe Arkitekturës, Departamenti i Gjeodezisë
dhe Gjeoinformatikës. Shkup, 2017

Kabashi, I. (2019): *Instrumentet gjeodezike.* Dispencë për studentë, Universiteti i
Prishtinës, Fakulteti i ndërtimitarisë, Departamenti i Gjeodezisë. Prishtinë,
2019

URL dhe WEB faqe tjera:

URL: <http://www.faro.com>

<https://www.faro.com/en/Products/Hardware/FARO-Orbis-Mobile-Laser-Scanner>

<https://www.topconpositioning.com/solutions/technology/infrastructure-products/manual-total-stations>

<https://leica-geosystems.com/products/total-stations>

<https://eu.sokkia.com/de/produkte/optische-instrumente/motorisierrobotik/robotik-totalstation-der-ix-serie>

Faro Orbis Mobile Scanner. (Broshurë).