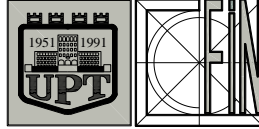




REPUBLIKA E SHQIPËRISË



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I GJEODEZISË**

Copyright

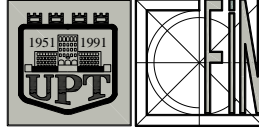
I

Genti Qirjazi

Viti 2021



REPUBLIKA E SHQIPËRISË



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I GJEODEZISË**

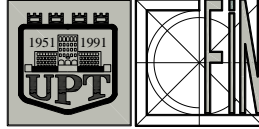
**Udhëheqësi Prof.Asoc. Gëzim Bisha vëteton se ky është version i miratuar i
disertacionit të mëposhtëm:**

**METODIKA MBI KRIJIMIN DHE KOMPENSIMIN E RRJETEVE AKTIVE TË
GPS (VRS dhe CORS)**

Prof. Asoc. Gëzim Bisha



REPUBLIKA E SHQIPËRISË



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I GJEODEZISË**

**METODIKA MBI KRIJIMIN DHE KOMPENSIMIN E RRJETEVE AKTIVE TË
GPS (VRS dhe CORS)**

Përgatitur nga:

Msc. Genti Qirjazi

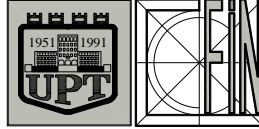
**Disertacion i paraqitur në
Fakulteti i Inxhinierisë së Ndërtimit
Universiteti Politeknik i Tiranës
Në përputhje të plotë
Me kërkesat
Për gradën Doktor.**

Universiteti Politeknik i Tiranës.

Qershor 2021.



REPUBLIKA E SHQIPËRISË



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I GJEODEZISË**

Falenderime

Dëshiroj të falënderoj udhëheqësin e doktoraturës, Prof. As. Gëzim Bisha, për ndihmën dhe udhëzimet e dhëna gjatë hartimit të këtij studimi.

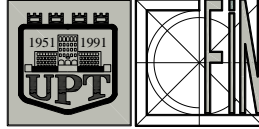
Dua gjithashtu të falënderoj përgjegjësën e Departamentit të Gjeodezisë, Prof. As. Namik Koplaku, për nxitjen dhe mbështetjen e përhershme gjatë gjithë kësaj periudhe.

Falënderoj të gjithë kolegët e Departamentit të Gjeodezisë, për miqësinë dhe mbështetjen që më kanë dhënë prej momentit që u bëra pjesëtar i këtij Departamenti.

Përfundimisht dua të falënderoj bashkëshorten dhe familjen time për dashurinë dhe durimin e treguar gjatë realizimit të këtij studimi.



REPUBLIKA E SHQIPËRISË



**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI INXHINIERISË SË NDËRTIMIT
DEPARTAMENTI I GJEODEZISË**

Deklaratë mbi originalitetin

Genti Qirjazi

Deklaroj se kjo tezë përfaqëson punën time origjinale dhe nuk kam përdorur burime të tjera, përveç atyre të evidentuara nëpërmjet citimeve.

Të gjitha të dhënat, tabelat, figurat dhe citimet në tekst, të cilat janë riprodhuar prej ndonjë burimi tjetër, duke përfshirë dhe internetin, janë pranuar në mënyrë eksplicite si të tilla.

Jam i/e vetëdijshëm (vetëdijshme) se në rast të mospërputhjeve, Senati i UPT-së është i ngarkuar të më revokojë gradën “Doktor”, që më është dhënë mbi bazën e kësaj teze, në përputhje me

“Rregulloren e Programeve të Ciklit të tretë (Doktoratë) në UPT”, dt..... neni 21.

Tiranë, 30.06.2021

Firma

1 PËRMBAJTJA

1	Përmbajtja	6
1.1	Lista e figurave	9
1.2	Lista e Tabelave	10
2	Hyrje	11
3	Sistemi i Pozicionimit Global dhe rrjetet gjeodezike	12
3.1	Sistemet satelitore globale të navigimit (GNSS)	12
3.1.1	GPS	12
3.1.2	GLONASS	13
3.1.3	Galileo	14
3.1.4	GNSS	15
3.2	Orbitat Satelitore	16
3.2.1	Efemeridet e transmetuara nga sistemi GPS	16
3.2.2	Efemeridet e sakta nga IGS	17
3.2.3	Efemeridet e sistemit GLONASS	18
3.2.4	Efemeridet e sistemit Galileo	19
3.3	Vëzhgimet GPS	19
3.3.1	Pseudo-largësitë kod	19
3.3.2	Diferencat fazore	21
3.3.3	Matjet Doppler	23
3.4	Ndikimet e gabimeve në matjet GNSS	24
3.4.1	Efektet jonosferike	24
3.4.1.1	Eliminimi i efekteve joosferike	25
3.4.2	Efektet troposferike	26
3.4.3	Efektet e relativitetit	27
3.4.3.1	Relativiteti special dhe relativiteti i përgjithshëm	27
3.4.3.2	Efektet relativiste në GPS	30
3.4.4	Efektet e baticave tokësore në zhvendosjen e stacioneve GPS	32
3.4.5	Gabimet e orës	34
3.4.6	Efektet “Multi-path”	35
3.4.7	Ndikimet instrumentale	36
3.5	Përshkrim i sistemit të pozicionimit në kohë reale	37

3.5.1	Rrjeti RTK	37
3.5.2	PPP-RTK	39
3.6	Historik i ndërtimit të rrjeteve aktive GNSS në Shqipëri.....	39
3.6.1	Sistemi AlbPOS	39
3.6.2	Rrjeti Shtetëror i Pozicionimit Global Aktiv dhe Pasiv	40
3.6.2.1	Rrjeti Shtetëror Aktiv i Pozicionimit Global (AlbCORS).....	40
3.6.2.2	Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global	42
4	Referencat koordinative në Gjeodezi	43
4.1	Sistemi i koordinatave elipsoidike (gjeodezike) (φ, λ, h)	43
4.2	Sistemi i koordinatave kendraje hapsinore (X,Y,Z) te elipsoidit.....	44
4.3	Sistemet koordinative lidhur me meridianin e pikes.....	44
4.3.1	Sistemi i koordinatave kendraje te elipsit meridional	45
4.3.2	Sistemi me gjeresi gjeodezike (φ)	45
4.3.3	Sistemi me gjeresi gjeocentrike (ψ)	45
4.3.4	Sistemi me gjeresi te reduktuar ose (gjeresi parametrike), (U)	45
4.4	Mardheniet ndermjet sistemeve koordinative te elipsit meridional	46
4.4.1	Lidhja ndermjet gjerese elipsoidike (gjeodezike) φ dhe koordinative kendraje x,y.....	46
4.4.2	Lidhja ndermjet gjerese gjeocentrike ψ dhe asaj gjeodezike φ	47
4.4.3	Lidhja ndermjet gjerese se reduktuar (parametrike) U dhe gjerese gjeodezike φ	47
4.4.4	Lidhja ndermjet sistemeve koordinative hapsinore te elipsoidit	48
4.4.4.1	Lidhja ndermjet koordinatave kendraje (X,Y,Z) dhe atyre gjeodezike (φ, λ, h) . 48	
4.4.4.2	Lidhja ndermjet dhe φ, λ, h dhe X,Y,Z (Lidhja e anasjellte).....	48
4.4.5	Sistemi i koordinatave hapsinore Topocentrike – (horizontale).....	50
4.4.5.1	Kthimi i anasjellte	51
5	Ndërtimi i Rrjeteve Aktive GNSS dhe specifkimet teknike të sistemit të një rrjeti aktiv CORS.....	52
5.1	Implementimi i rrjeteve të përhershme aktive GNSS.	52
5.1.1	Rikonicion në terren për njohjen e pozicionit të monumenteve	52
5.1.2	Ndërtimi i stacioneve ne terren.....	52

5.1.3	Sigurimi i infrastrukturës së nevojshme të çdo stacioni CORS dhe montimi i tyre.	54
5.1.3.1	Pajisjet e stacioneve të rrjetit aktiv të pozicionimit global CORS.....	54
5.2	Pajisjet e stacionit të rrjetit aktiv.....	56
5.3	Sistemet softuer për menaxhimin e rrjeteve aktive.	57
5.3.1	Moduli për operimin, kontrollin, administrimin dhe monitorimin e stacioneve CORS	57
5.3.2	Moduli për kompensimin dhe llogaritjen e të dhënave (korrekturave) në kohë reale (RTK)	57
5.3.3	Moduli për llogaritjen e koordinatave me metodën statike (post-procesim)	58
6	Njohuri mbi kompensimin e rrjeteve të GNSS.	59
6.1	Matjet GNSS.....	59
6.2	Gabimet në matjet GNSS dhe nevoja për kompensim.....	61
6.3	Aplikimi i metodës së katrorëve më të vegjël në llogaritjen e të dhënave GNSS	61
6.4	Llogaritjet paraprake në rrjetet GNSS.....	62
6.4.1	Analiza e matjeve fikse të bazës	63
6.5	Kompensimi i rrjeteve GNSS.	63
7	Përcaktimi i pozicionit të pikave të një rrjeti GNSS duke u mbështetur në rrjetin permanent Europian GNSS EUREF (EPN).....	66
7.1	Përcaktimi i zonës dhe procesi i matjeve	67
7.1.1	Zona e studimit	67
7.1.2	Procesi i matjeve.....	68
7.2	Pikat e referencës dhe të dhënat shtesë për llogaritje.....	69
7.3	Konvertimi i koordinatave në epokën 2011.35.....	73
7.4	Llogaritja e vijë-bazave	74
7.5	Kompensimi i rrjetit	74
7.5.1	Rezultatet e kompensimit	76
8	Gjenerimi i stacioneve Virtuale GNSS duke përdorur metodën VRS të interpolimit për stacionet e rrjetit CORS.....	77
8.1	Ngritja e rrjetit CORS.....	77
8.2	Gjenerimi i VRS për matjet PPK të realizuara	78
8.2.1	Gjenerimi i vëzgimeve VRS.....	78

8.2.2	Metoda e interpolimit Linear	80
8.2.3	Përcaktimi i pozicionit të përdoruesit.....	80
8.2.4	Gjenerimi i observimeve RINEX për stacionin VRS	82
8.3	Krahasimi i matjeve PPK nëpërmjet stacioneve CORS dhe VRS.....	84
8.3.1	Softueri i përdorur për pas përpunim	84
8.3.2	Procesi i pas përpunimit me anë të aplikacionit CamPos.....	87
8.3.3	Krahasimi i matjeve të përpunuara nga bazat CORS me matjet e përpunuara nga baza VRS.....	94
9	Konkluzione	96
10	Referencat	97

1.1 Lista e figurave

Figura 1	- Efekti Doppler.....	23
Figura 2	- transmetimi i rezeve te dritës i trguar në dy sisteme inerciale.....	28
Figura 3	- Sistemi tokë-hënë.....	32
Figura 4	- Gjeometria e efektit "Multi-path"	35
Figura 5	- Parimi i rrjetit RTK (NRTK)	37
Figura 6	- Infrastruktura e rrjetit Aktiv GNSS AlbCORS	40
Figura 7	- Pozicioni i stacioneve CORS të rrjetit AlbCORS	41
Figura 12	- Stacionet e bazave CORS.....	54
Figura 13	- Pajisjet e stacionit CORS.....	56
Figura 14	- Rrjeti gjeodezik GNSS	61
Figura 15	- Skema e vijë-bazës së matur.....	64
Figura 16	- Faqja EUREF permanent GNSS Network.....	66
Figura 17	- Ambienti interaktiv i stacioneve EPN	67
Figura 18	- Skema e rrjetit GNSS	68
Figura 19	- Pozicionimi i marrësve GNSS tek stacionet e rrjetit.....	68
Figura 20	- Vizualizimi i vëzhgimeve të satelitëve.....	69
Figura 21	- Harta interaktive e stacioneve EPN.....	69
Figura 22	- Ndërfaqja estacionit EPN.....	70
Figura 23	- Kalendari i vrojttimeve GNSS	71
Figura 24	- Të dhënat shtesë	72
Figura 25	- Skema e rrjetit GNSS	73
Figura 26	-Shpejtësitë e lëvizjes së stacioneve EPN.....	73
Figura 27	- Rrjeti GNSS i shprehur në mënyrë skematike	75
Figura 28	- Aktivizimi i marrësve GNSS mbi stacionet me koordinata të njohura	77
Figura 29	- Skripti i Gjenerimit të stacionit VRS në formatin RINEX.....	83
Figura 30	- Koka e dokumentit RINEX për stacionin VRS	83
Figura 31	- Pozicionimi i stacionit virtual VRS.....	84
Figura 32	- Programet e softuerit RTKLib	86

Figura 33 – Ndërfaqja e aplikacionit CamPos	86
Figura 34 - Krijimi i projektit të ri në Campos	87
Figura 35 - Ngarkimi i të dhënave të roverit	88
Figura 36 – Përcaktimi i lartësisë së roverit	88
Figura 37 - Ngarkimi i të dhënave të bazës	89
Figura 38 - Informacioni mbi të dhënat e ngarkuara.....	89
Figura 39 - Ndërfaqja e pas përpunimit të vëzhgimeve GPS	90
Figura 40 - Procesi i pas përpunimit nëpërmjet RTKLIB	91
Figura 41 - Trajektorja me koordinatat e përpunuara.....	92
Figura 42 - Gjenerimi i pikave ku jemi centruar.....	92
Figura 43 - Informacioni i pikave detaje	93
Figura 44 - Dosja e projektit	93
Figura 45 – Të dhënat mbi pikat detaje të matura.....	94
Figura 46 - Pikat e përpunuara të shfaqura në Google Earth.....	94

1.2 Lista e Tabelave

Tabela 1 - Frekuencat për secilin konstelacion GNSS [2].....	15
Tabela 2 - Përbërësit e stacioneve bazë të rrjetit aktiv të pozicionimit global CORS	54
Tabela 3 – Vijëbazat e vëzhguara për rrjetin e figures 14	62
Tabela 4 - Koordinatat gjeocentrike të kompensuara të pozicionit të pikave te rrjetit	76
Tabela 5 - Koordinatat gjeografike të kompensuara të pozicionit të pikave te rrjetit.....	76
Tabela 6 - Funksionalitetet e RTKLib [41]	85
Tabela 7 - Tabela e rezultateve të krahasimit të koordinatave të pikave të përpunuara....	95

2 HYRJE

Në ditët e sotme zhvillimi teknologjik në fushën e Gjeodezisë, si në çdo fushë tjetër, ka bërë një ndryshim rrënjësor. Kjo ka çuar në lehtësimin dhe krijimin e mundësive të reja për të shtrirë edhe më tej shkencën e gjeodezisë. Krijimi i sistemit satelitor GNSS ka sjellë një revolucion në metodologjinë e përcaktimit të pozicionit të objekteve të ndryshme në natyrë, pasi metodat e përdorura në këtë rast janë krejtësisht të ndryshme nga metodat klasike të pozicionimit [1]. Edhe sot sistemi GNSS mund të quhet një sistem i konsoliduar, pasi ka disa dekada që përdoret dhe perfeksionohet. Me rritjen e teknologjisë së komunikimit dhe integrimin e saj me sistemin GNSS, pozicionimi (në nivel cm) kryhet në kohë reale [1]. Në procesin e matjes, marrja e një saktësie të mirë dhe të qëndrueshme do të jetë gjithmonë një sfidë e madhe. Për këtë arsye, gjithmonë ekziston nevoja për të krijuar metodologji për të rritur këtë saktësi dhe për ta bërë atë të qëndrueshme në të gjithë territorin e matjes. Ndërtimi i rrjeteve gjeodezike na mundëson krijimin e një rrjeti stacionesh (pika) të njohura që mbulojnë një territor të caktuar ku çdo matje e mbështetur mbi këto pika të forta do të sigurohet brenda saktësisë së rrjetit të ndërtuar.

Disertacioni për fitimin e gradës doktor i shkencave i realizuar me titull “Metodika mbi krijimin dhe kompensimin e rrjeteve aktive GPS (VRS dhe CORS)” paraqet një përpunim origjinal shkencor dhe praktik i cili përmbledh në mënyrë të detajuar proceset që duhen ndjekur në ndërtimin e rrjeteve gjeodezike të përhershme GNSS.

Pjesa teorike fillon me një prezantim të përgjithshëm të Sistemeve Satelitore Globale të Navigimit (GNSS) në të cilin shpjegohen shkurtimisht detajet në lidhje me sistemet e ndryshme të pozicionimit global si: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou. Një rëndësi të veçantë i jepet edhe detajeve teorike mbi Orbitat Satelitore duke u ndalur më gjatë në detajet mbi Efemeridet GPS të transmetueshme si dhe Efemeridet precize të llogaritura nga IGS. Vrojtimet GNSS dhe Influencat e gabimeve që ndikojnë në matjet GNSS është një nën-kapitull në të cilin analizohen gabimet që ndikojnë në matjet GNSS. Kapitulli i parë teorik përmbillet me dy nën-kapituj të rëndësishëm, në të cilët tregohet një përshkrim mbi sistemet e pozicionimit në kohë reale duke shpjeguar në vija të përgjithshme rrjetet e përhershme GNSS si dhe një historik mbi ndërtimin e rrjeteve të përhershme aktive GNSS në Shqipëri.

Jam ndalur më pas tek ndërtimi i rrjeteve aktive GNSS dhe specifikimet teknike të sistemit të një rrjeti aktiv CORS. Këtu është detajuar ana teorike mbi implementimin e rrjeteve aktive GNSS, pajisjet që përdoren në stacionet aktive si dhe sistemet softuerë për menaxhimin e rrjeteve aktive CORS. Tregimi i proceseve të punës është treguar sipas praktikave bashkëkohore dhe standardeve të përdorura për ndërtimin e rrjeteve të përhershme aktive.

Si në çdo rast të ndërtimit të rrjeteve gjeodezike rëndësi të veçantë marrin edhe llogaritjet Kompensuese mbi këto rrjete. Në kapitullin 5 jepet një këndvështrim i detajuar mbi njohuritë e kompensimit të rrjeteve GNSS duke aplikuar parimin e metodës së katrorëve më të vegjël.

Një aspekt i rëndësishëm që vihet në pah është dhe shtjellimi i modeleve të interpolimit të përdorura në rrjetet aktive për përcaktimin e pozicionimit në kohë reale (RTK) duke përdorur tekniken e Stacioneve Virtuale të referimit (VRS) në kapitullin 7. Këtu shpjegohen metodat e ndryshme të interpolimit si dhe tregohet mënyra e përcaktimit të stacioneve virtuale të referimit (VRS).

Bazuar mbi aspektin teorik të punimit të disertacionit kam realizuar një punim praktik ku kam përshtatur në formë eksperimentale një rrjet aktiv GNSS. Procesi fillon me përcaktimin e pozicionit të stacioneve të një rrjeti GNSS duke u mbështetur në rrjetin permanent European GNSS EUREF (EPN) [1]. Këtu është treguar në mënyrë të detajuar nëpërmjet një shembulli konkret procesi i ndërtimit të një rrjeti GNSS. Ky proces fillon me përcaktimin e zonës, materializimin dhe matjen në terren e stacioneve të rrjetit, pikat e referencës EPN dhe të dhënat për llogaritje, Llogaritja e vije-bazave, kompensimi i rrjetit dhe përfundon me ngritjen e rrjetit CORS për stacionet e materializuara në terren. Në fund bazuar mbi pjesën teorike të përcaktimit të stacioneve virtuale (VRS), është bërë e mundur gjenerimi i vrojtimeve Virtuale VRS për pozicionin ku operatori ka kryer matje kinematike. Punimi praktik eksperimental përmbyllet duke realizuar një krahasim të rezultateve të matjeve kinematike nëpërmjet stacioneve VRS dhe CORS.

3 SISTEMI I POZICIONIMIT GLOBAL DHE RRJETET GJEODEZIKE

3.1 Sistemet satelitore globale të navigimit (GNSS)

Sistemi Global i Pozicionimit (GPS) bazohet në teknologjinë satelitore. Baza e pozicionimit përfshin matjen e largësive ndërmjet marrësit në tokë dhe disa satelitëve të vëzhguar njëkohësisht ku pozicionet e satelitëve parashikohen dhe transmetohen së bashku me sinjalin GPS [2]. Duke përdorur pozicionet e njohura të satelitëve (nëpërmjet efemerideve të transmetuara tek marrësi) dhe distancave të matura midis marrësit dhe satelitëve është e mundur të përcaktohet pozicioni i marrësit [2]. Aplikimet më të rëndësishme ku sistemi GPS përdoret janë navigimi dhe pozicionimi. Përmes evolucionit të tij gjatë dekadave të fundit, GPS tani është bërë i njohur edhe nga fëmijët e shkollës. Dobia e tij e gjerë e ka bërë GPS një domosdoshmëri për industrinë, kërkimin, edukimin dhe jetën e përditshme. Për shembull, vrapuesit që dëshirojnë të përcaktojnë vendndodhjen e tyre duke përdorur një orë GPS mund ta bëjnë këtë shumë thjesht, thjesht duke shtypur një buton. Sidoqoftë, parimet themelore të një aplikimi të tillë janë komplekse dhe përfshijnë njohuri të elektronikës, mekanikës orbitale, shkencës atmosferike, gjeodezisë, teorisë së relativitetit, matematikës, rregullimit dhe filtrimit dhe inxhinierisë së softuerit.

3.1.1 GPS

Sistemi Global i Pozicionimit të SHBA u projektua dhe u ndërtua dhe operohet dhe mirëmbahet nga Departamenti i Mbrojtjes i SH.B.A [3]. Sateliti i parë GPS u lëshua në 1978, dhe sistemi ishte plotësisht funksional nga mesi i viteve 1990. Konstelacioni i sistemit GPS është i përbërë nga 24 satelitë, këta të fundit janë të vendosur në gjashtë plane

orbitale, ku në secilin plan orbital ndodhen nga katër satelitë [2]. Nyjet ngritëse të planeve orbitale janë të vendosura në mënyrë të barabartë 60° . Të gjithë satelitët GPS ndodhen në orbita gati rrethore, me një gjysmë bosht të madh prej 26,578 km dhe periudhë rreth 12 orë. Satelitët orientohen vazhdimisht për të siguruar që panelet diellore të qëndrojnë të drejtuara nga dielli dhe antenat e tyre drejt tokës. Stabiliteti afatgjatë i frekuencës së orëve arrin më mirë sesa disa pjesë në 10^{-13} gjatë një dite [4]. Orët atomike në bordin e satelitit prodhojnë frekuencën themelore për bandën kryesore L në 10.23 MHz.

Monitorimi i Satelitëve GPS kryhet nga pesë stacione bazë të vendosura në tokë [2]. Këta stacione janë të pajisur me orë atomike ceziumi si dhe me marrësa në mënyrë që të përcaktojnë ephemeridet e transmetuara dhe modeluar orët satelitore [2]. Ephemeridet dhe rregullimet e orës transmetohen tek satelitët, të cilët nga ana tjetër përdorin këto azhurnime në sinjalet që ata dërgojnë tek marrësit GPS.

Satelitët GPS transmetojnë të dhëna në tre frekuenca kryesore: L1 (1575.42 MHz), L2 (1227.60 MHz) dhe L5 (1176.45 MHz) [2]. Këto frekuenca bartëse L1, L2 dhe L5 përftohen duke shumëzuar frekuencën themelore me 154 (për L1), 120 (për L2) dhe 115 (për L5). Të gjithë parametrat e tjerë të satelitëve si: Kodet PRN, ephemeridat satelitore, modelet jonosferike dhe korrigjimet e orës satelitore, mbivendosen në frekuencat bartëse L1, L2 dhe L5. Koha e matur e transmetimit të sinjaleve që udhëtojnë nga satelitët në marrës përdoren për të llogaritur pseudo-largësitë. Kodi (C/A), i quajtur Shërbimi Standard i Pozicionimit (SPS), është një kod PRN që modulohet në frekuencën L1. Kodi i saktësisë (P), i quajtur nganjëherë Shërbimi i Pozicionimit Preciz (PPS), modulohet në frekuencat L1, L2 dhe L5, duke lejuar heqjen e ndikimeve të jonosferës [2].

GPS u konceptua si një sistem për përcaktimin e pozicioneve të panjohura në tokë dhe det, si dhe në ajër duke filluar nga pozicionet e njohura të satelitëve në hapësirë [2]. Orbitat e satelitëve GPS janë të disponueshme nëpërmjet transmetimi direkt ose nga Shërbimi Ndërkombëtar i Gjeodezisë (IGS). Orbitat e përpunuara nga IGS janë ephemeridat precize të cilat dalin nga përpunimi i të dhënave të marra në kohë reale. Të gjithë marrësit GPS kanë të programuar në softin e tyre një almanak, i cili u tregon se ku është pozicioni i secilit satelit në çdo moment [2]. Almanaku është një skedar që përmban informacion mbi orbitat dhe korrigjimet e orës për secilin nga satelitët [2]. Marrësit GPS kanë mundësinë e zbulimit, dekodimit dhe përpunimit të sinjaleve të marra nga satelitët për të krijuar të dhëna për vëzhgimet satelitore. Kontributi themelor i GPS për përdoruesit e sistemit është t'i informojë ata për vendndodhjen, lëvizjet dhe kohën e tyre. Ndërsa teknologjia GPS është zhvendosur në sektorin civil, aplikimet e saj janë bërë pothuajse të pakufizuara dhe të kuptuarit e GPS është bërë një domosdoshmëri.

3.1.2 GLONASS

GLONASS është GNSS e menaxhuar nga Forcat Hapësinore Ruse dhe operohet nga Qendra e Informacionit Shkencor e Koordinimit (KNIT) e Ministrisë së Mbrojtjes Ruse. Sistemi GLONASS është i ngjashëm me sistemin GPS të SHBA. Sateliti i parë i sistemit GLONASS u lëshua në orbitë në vitin 1982 [2]. Sistemi është i përbërë nga 21 satelitë në

tre plane orbitalë [2]. Secili satelit operon në një orbitë gati rrethore, me një gjysmë-bosht të madh prej 25,510 km. Planet orbitale kanë një kënd të pjerrësisë 64.8 ° dhe secili satelit përfundon një orbitë në afërsisht 11 h 16 min [2].

Në bordin e satelitëve GLONASS përdoren orë ceziomi. Stabiliteti i orëve arrin më mirë sesa disa pjesë në 10^{-13} gjatë një dite. Satelitët transmetojnë sinjale të koduara në dy frekuenca të vendosura në dy banda frekuencash, 1602 – 1615.5 MHz dhe 1246–1256.5 MHz, me një interval frekuence përkatësisht 0,5625 dhe 0,4375 MHz. Satelitët antipodal, të cilët ndahen me 180 ° në të njëjtin plan orbital në argumentin e gjerësisë, transmetojnë në të njëjtën frekuencë. Sistemet koordinative dhe kohore të përdorura në GLONASS janë të ndryshme nga ato të GPS të SHBA, dhe satelitët GLONASS dallohen nëpërmjet ndryshimeve të vogla në frekuencat e transportuesit në vend të kodeve PRN (që përdoren tek GPS). Stacionet e kontrollit tokësor të GLONASS mirëmbahen vetëm brenda territorit të ish-Bashkimit Sovjetik, kjo për arsye historike [2]. Një mungesë e mbulimit global nuk është optimale për monitorimin e një GNSS.

GLONASS dhe GPS nuk janë plotësisht të ngjashëm por gjithësesi, ata janë përgjithësisht të ndërveprueshëm me njeri-tjetrin [2]. Kombinimi i burimeve të GLONASS dhe GPS do të krijojë përfitime për komunitetin e përdoruesve të GNSS jo vetëm në rritjen e saktësisë, por edhe në integritet më të lartë të sistemit mbi baza botërore.

3.1.3 Galileo

Galileo është një GNSS e krijuar nga Bashkimi Evropian (BE) dhe Agjencia Evropiane e Hapësirës (ESA) për të siguruar një shërbim pozicionimi global shumë të saktë, të garantuar nën kontrollin civil [5]. Ndërsa është projektuar si një sistem i pavarur i navigimit, Galileo megjithatë mund të jetë i ndërveprueshëm me dy sistemet e tjera globale të navigimit satelitor, GPS dhe GLONASS. Përdoruesit janë në gjendje të pozicionohen me të njëjtin marrës nga çdo kombinim satelitësh [5]. Galileo do të garantojë disponueshmërinë e shërbimit me saktësi më të lartë. Nyjet ngritëse të planeve orbitale ndahen në mënyrë të barabartë me 120 ° [2]. Planet orbitale janë të pjerrëta 56 °. Secili satelit Galileo është në një orbitë gati rrethore, me një gjysmë bosht të madh prej 29,600 km [5] dhe një periudhë rreth 14 orë. Sateliti Galileo rrotullohet rreth boshtit të tij në mënyrë të tillë që sipërfaqja e rrafshët e paneleve diellore gjithmonë të shikojë nga dielli për të mbledhur energjinë maksimale diellore. Panelet diellore shtrihen rreth 13 m.

Sateliti Galileo ka katër orë, dy nga secila lloj (maser pasiv dhe rubidium me qëndrueshmëri përkatësisht 0.45 dhe 1.8 nano-sekonda në mbi 12 orë). Vetëm një nga secili lloj është aktiv në të njëjtën kohë. Ora e maserit prodhon frekuencën e referencës nga e cila gjenerohet sinjali i navigimit [2]. Nëse ora e maserit do të dështonte, ora e Rubidiumit funksionon menjëherë, dhe dy orët rezervë fillojnë. Ora e dytë maser zë vendin e orës së rubidiumit pas disa ditësh kur të jetë plotësisht funksionale. Ora e rubidiumit vazhdon përsëri në gatishmëri ose kalon në rezervë përsëri. Në këtë mënyrë, sateliti Galileo garantohet të gjenerojë një sinjal navigimi në çdo kohë.

Galileo siguron dhjetë sinjale navigimi në polarizimin rrethor (RHCP) të cilat janë në kufijtë e frekuencës 1164–1215 MHz (E5a dhe E5b), 1215–1300 MHz (E6) dhe 1559–1592 MHz (E2-L1-E1) [6]. Ndërveprimi dhe ngjashmëria e Galileo dhe GPS realizohet duke pasur dy frekuenca të përbashkëta qendre në E5a / L5 dhe L1, si dhe kornizat e duhura të koordinatave gjeodezike dhe referencës kohore.

3.1.4 GNSS

Me zhvillimin e sistemeve Galileo dhe BeiDou, sistemet GPS dhe GLONASS tani përballen me konkurrencë të drejtpërdrejtë. Pa dyshim, kjo ka një ndikim pozitiv në modernizimin e sistemit GPS dhe zhvillimin e mëtejshëm të sistemit GLONASS. GNSS e së ardhmes do të përmbajë në mënyrë të pashmangshme një sistem të kombinuar që përmban një grumbullim të sistemeve GPS, GLONASS, Galileo dhe BeiDou [2]. Një plejadë me qindra satelitë midis katër sistemeve rrit shumë dukshmërinë e satelitëve, veçanërisht në zonat kritike siç janë kanionet urbane. Shumë studime mbi kombinimet multi-GNSS janë kryer vitet e fundit ([7] [8] [9]). Pritet që kombinimet multi-GNSS do të rrisin ndjeshëm numrin e satelitëve të vëzhguar, do të optimizojnë gjeometrinë hapësinore, rritjen e precizionit dhe do të përmirësojnë konvergjencën, saktësinë, vazhdimësinë dhe besueshmërinë. Sidoqoftë, një kërkesë minimale për bashkimin e të dhënave multi-GNSS është kalibrimi i ndikimeve ndërmjet sistemeve [10].

Meqenëse GPS, GLONASS, Galileo dhe BeiDou janë sisteme të pavarura, koha e tyre dhe sistemet koordinuese ndryshojnë. Katër sistemet kohore janë të gjitha të bazuara në UTC, dhe katër sistemet e koordinatave janë të gjitha sisteme karteziiane; prandaj, marrëdhëniet e tyre mund të përcaktohen, dhe çdo sistem mund të shndërrohet nga njëri në tjetrin [2]. Origjina e koordinatave GPS dhe GLONASS janë metra larg njëra-tjetrës. Origjina e koordinatave GPS dhe Galileo ka ndryshime prej disa centimetrash. Koordinatat GPS dhe BeiDou kanë të njëjtën origjinë. Disa frekuenca bartëse përdoren në secilin sistem për heqjen e efekteve të jonosferës [2]. Tabela 1 përmbledh frekuencat e secilës konstelacion të GNSS të përdorur:

Tabela 1 - Frekuencat për secilin konstelacion GNSS [2].

Sistemi GNSS	Banda e Frekuencës	Frekuenca (MHz)
GPS	L1/L2/L5	1575.42/1227.60/1176.45
GLONASS	G1/G2/G3	1602 + n*9/16 1246 + n*716 1202.025 n = -7 ~ +12
Galileo	E1/E5a/E5b/E5 (E5a + E5b)/E6	1575.42/1176.45/ 1207.140/1191.795/1278.75
BDS	B1/B2/B3	1561.098/1207.14/1268.52

3.2 Orbitat Satelitore

Parimi i sistemit GPS është të masë rrugët e transmetimit të sinjalit nga satelitët deri tek marrësit [11]. Në këtë pjesë përshkruhet shkurtimisht teoria bazë e orbitave.

3.2.1 Efemeridet e transmetuara nga sistemi GPS

Për shkak të natyrës së ekstrapolimit, efemeridet e transmetuara nuk kanë cilësi të mjaftueshëm të lartë për aplikime të sakta. Orbitat e parashikuara janë kurba të përshtatura me një grup elementesh kepleriane relativisht të thjeshtë dhe të transmetuara tek përdoruesit.

Mesazhet e transmetimit janë:

$SV-id$	numri i satelitit.
t_c	epoka e referimit të orës satelitore.
a_0, a_1, a_2	koeficientet polinomiale të gabimeve të orës.
t_{oe}	epoka e referimit të efemerideve.
\sqrt{a}	rrënja katrore e gjysmë-boshtit të madh të elipsit orbital.
e	ekscentriciteti numerik i elipsit.
M_0	anomali mesatare në epokën e referimit t_c .
ω_0	argument i perihelit.
i_0	inklinimi i planit orbital.
Ω_0	gjatësia e nyjës ngritëse në një epokë javore.
Δn	diferenca e mesatare e lëvizjes.
C_{uc}, C_{us}	koeficientet e korrektimit (argumentet e gjatësisë gjeografike);
C_{rc}, C_{rs}	koeficientet e korrektimit të distancës gjeocentrike);
C_{ic}, C_{is}	koeficientet e korrektimit (të inklinimit).

Pozicioni i satelitit në epokën t mund të llogaritet si më poshtë:

$$\begin{aligned}M &= M_0 + \left(\sqrt{\frac{\mu}{a^3}} + \Delta n \right) (t - t_{oe}) \\ \Omega &= \Omega_0 + \dot{\Omega}(t - t_{oe}) \\ \omega &= \omega_0 + C_{uc} \cos(2u_0) + C_{us} \sin(2u_0) \\ r &= r_0 + C_{rc} \cos(2u_0) + C_{rs} \sin(2u_0), \\ i &= i_0 + C_{ic} \cos(2u_0) + C_{is} \sin(2u_0) + \dot{i} \cdot (t - t_{oe})\end{aligned}$$

Ek. 1

ku:

$$\begin{aligned}
 E &= M + e \sin E \\
 r_0 &= a(1 - e \cos E) \\
 f &= 2 \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{1+e}}{\sqrt{1-e}} \tan \frac{E}{2} \right), \\
 u_0 &= \omega_0 + f
 \end{aligned}
 \tag{Ek. 2}$$

μ është konstantja gravitacionale e tokës [11]. Pozicioni satelitor në sistemin koordinativ të planit orbital është:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \cos u \\ r \sin u \\ 0 \end{pmatrix}
 \tag{Ek. 3}$$

ku $u = \omega + f$. Vektori i pozicionit mund të rrotullohet në sistemin koordinativ gjeocentrik (ECEF) nëpërmjet $R_3(\Theta)$, ku Θ është koha siderale e Greenwich dhe

$$\Theta = \omega_e(t - t_{oe}) + \omega_e t_{oe}
 \tag{Ek. 4}$$

ku ω_e është shpejtësia këndore e tokës. Vektori i pozicionit satelitor në sistemin koordinativ gjeocentrik (ECEF) është:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}_{\text{ECEF}} = R_3(-\Omega + \Theta) R_1(-i) \begin{pmatrix} r \cos u \\ r \sin u \\ 0 \end{pmatrix}
 \tag{Ek. 5}$$

Ek. 2 është ekuacioni Keplerian, i cili mund të zgjidhet në mënyrë iterative. Është e dukshme se koha t më lart duhet të jetë koha e transmetimit të sinjalit. $(t - t_{oe})$ duhet të jetë diferenca aktuale totale kohore e dy epokave kohore dhe duhet të llogaritet për fillimin dhe fundin e javës [12]. Gabimi i orës satelitore mund të llogaritet nga (duke përcaktuar k si id e satelitit):

$$\delta t_k = a_0 + a_1(t - t_c) + a_2(t - t_c)^2.
 \tag{Ek. 6}$$

Njësia sekonda përdoret për ndryshoren e kohës; gabimi i orës së llogaritur ka njësi prej 10^{-6} s [11].

3.2.2 Efemeridet e sakta nga IGS

Orbitat e sakta satelitore GPS janë të disponueshme nëpërmjet Shërbimit Ndërkombëtar GPS (IGS) në formën e rezultateve të pas-përpunuara [11]. Të dhënat e orbitave të tilla quhen efemeride të sakta IGS. Ato mund të shkarkohen falas nga disa faqe interneti (p.sh., www.gfz-potsdam.de, <https://igs.org/>). Të dhënat IGS jepen në sistemin

koordinativ gjeocentrik (ECEF). Për të gjithë satelitët e mundshëm, vektorët e pozicionit janë dhënë në tre komponente x, y, z (njësi: km), dhe gjithashtu jepen gabimet e orës (njësitë: $10^{-6} s$). Të dhënat jepen në një interval të përshtatshëm kohe ($15 min$) [11]. Polinomiali i përgjithshëm i Lagranzhit është [13]:

$$y(t) = \sum_{j=0}^m L_j(t) \cdot y(t_j) \quad Ek. 7$$

ku:

$$L_j(t) = \prod_{k=0, k \neq j}^m \frac{(t - t_k)}{(t_j - t_k)}, k \neq j \quad Ek. 8$$

ku simboli P është një operator shumëzues nga $k = 0$ në $k = m$, m është rendi i polinomialit, $y(t_j)$ janë të dhëna e dhëna në kohën kur t_j , $L_j(t)$ quhet funksioni bazë i rendit m , dhe t është koha në të cilën të dhënat do të interpolohen. Në përgjithësi, t duhet të vendoset rreth mesit të kohëzgjatjes së kohës (t_0, t_m) nëse është e mundur. Prandaj, m zakonisht zgjidhet si numër tek. Për interpolimin e orbitës IGS, një m standard është zgjedhur si 7 ose 9 nga përvoja [11]. Për Interpolimin e Lagranzhit në distancë të barabartë kemi:

$$\begin{aligned} t_k &= t_0 + k\Delta t \\ t - t_k &= t - t_0 - k\Delta t \\ t_j - t_k &= (j - k)\Delta t, \end{aligned} \quad Ek. 9$$

atëherë:

$$L_j(t) = \prod_{k=0, k \neq j}^m \frac{(t - t_0 - k\Delta t)}{(j - k)\Delta t}, k \neq j \quad Ek. 10$$

ku Δt është intervali i të dhënave.

Në mënyrë që të merret efemeridet e transmetimit GPS në një mënyrë të ngjashme me efemeridet precize IGS, orbita e transmetimit mund të llogaritet fillimisht dhe pastaj të transformohet në të dhëna të ngjashme me IGS për përdorim. Efemeridet e parashikuara të IGS tani janë gjithashtu në dispozicion për t'u shkarkuar falas.

3.2.3 Efemeridet e sistemit GLONASS

Efemeridet e transmetimit GLONASS janë të dhënat e parashikuara ose të ekstrapoluara të orbitave satelitore, të cilat transmetohen nga sateliti tek marrësi nëpërmjet mesazhit të komunikimit. Mesazhet e transmetimit përfshijnë: numrin satelitor, kohën e referimit të

efemerideve, kompensimin relativ të frekuencës, kompensimin e orës satelitore, pozicionin satelitor, shpejtësinë satelitore, përshpejtimin satelitor, korrigjimin e sistemit të kohës në lidhje me UTCSU-në, diferencën kohore midis kohës GLONASS, dhe kohës GPS.

Pozicioni satelitor dhe shpejtësia në kohën e dëshiruar t mund të interpolohet duke përdorur polinomialin e Lagranzhit të diskutuar në seksionin 2.2.2, ku përdoren të dhënat e pozicionit, shpejtësisë dhe përshpejtimit. Efemeridet e sakta GLONASS janë në dispozicion në mënyrë të ngjashme. Të dhënat kanë pothuajse të njëjtin format si ai i GPS dhe përfshijnë mesazhin e diferencave kohore të kohës GLONASS dhe kohës GPS.

3.2.4 Efemeridet e sistemit Galileo

Shërbimi i hapur Galileo përbëhet nga dy mesazhe navigimi: F/NAV dhe I/NAV [11]. Përmbajtja e dy mesazheve ndryshon në specifika të ndryshme; megjithatë, në përgjithësi është shumë e ngjashme me përmbajtjen e mesazhit të navigimit GPS. Por ka objekte në mesazhin e navigimit që varen nga origjina e mesazhit (F/NAV ose I/NAV): Parametrat e orës SV(sateliteve) në fakt përcaktojnë orën satelitore për kombinimin linear për frekuencë të dyfishtë pa ndikimin e jonosferës [14]. F/NAV raporton parametrat e orës të vlefshme për kombinimin e frekuencave E5a-E1 [14].

3.3 Vëzhgimet GPS

3.3.1 Pseudo-largësitë kod

Pseudo-largësia është një matje e distancës midis satelitit dhe antenës së marrësit GPS. Distanca llogaritet nëpërmjet matjes së kohës së transmetimit të sinjalit GPS nga sateliti në antenën e marrësit GPS [15]. Sinjali GPS, gjenerohet nga ora e përdorur në satelitin GPS. Pseudo-largësia e matur është e ndryshme nga distanca gjeometrike midis satelitit dhe antenës së marrësit për shkak të gabimeve të orës dhe ndikimit të mjedisit ku transmetohet sinjali. Mjedisi i transmetimit jo vetëm që vonon transmetimin e sinjalit, por gjithashtu përkul rrugën e tij të transmetimit. Koha e emetimit të sinjalit GPS të satelitit është t_e , dhe koha e pritjes së sinjalit GPS të marrësit është e shprehur nga t_r [15]. Në një mjedis në vakum dhe pa gabime, Pseudo-largësia e matur është e barabartë me distancën gjeometrike dhe mund të paraqitet nga:

$$R_r^s(t_r, t_e) = (t_r - t_e)c \quad \text{Ek. 11}$$

ku c tregon shpejtësinë e dritës, kurse r dhe s tregojnë përkatësisht marrësin GPS dhe satelitin. Në anën e majtë, t_r tregon epokën në të cilën matet pseudo-largësia. t_e dhe t_r konsiderohen si koha e vërtetë e emetimit dhe koha e pritjes së sinjalit GPS [15]. Duke marrë parasysh edhe gabimet e orës satelitore, pseudo-largësia mund të përfaqësohet si:

$$R_r^s(t_r, t_e) = (t_r - t_e)c - (\delta t_r - \delta t_s)c \quad \text{Ek. 12}$$

ku δt_r dhe δt_s tregojnë respektivisht gabimet e orës së marrësit dhe satelitit. Termi gabim i orës satelitore GPS δt_s është me të vërtetë i njohur përmes përcaktimit të orbitës satelitore GPS. Ato janë të përcaktuara së bashku me orbitat e sakta IGS dhe zgjidhjet përfundimtare të tyre publikohen rreth 14 pas datës kur janë kryer matjet. Distanca gjeometrike e termit të parë në anën e djathtë të *Ek. 12* jepet nga:

$$\rho_r^s(t_r, t_e) = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2 + (z_s - z_r)^2} \quad \text{Ek. 13}$$

ku vektori i koordinatave të satelitit (x_s, y_s, z_s) është një vektor i funksionit të kohës t_e , dhe koordinatat e marrësit (x_r, y_r, z_r) është një funksion i kohës t_r [15]. Prandaj, distanca gjeometrike është me të vërtetë një funksion i dy ndryshoreve kohore. Për më tepër, koha e emetimit t_e është e panjohur në praktikë. Duke e identifikuar kohën e transmetimit si Δt , atëherë kemi:

$$\Delta t = t_r - t_e \quad \text{Ek. 14}$$

Për ilustrimin e llogaritjes së kohës së transmetimit, distanca gjeometrike mund të shkruhet në formë të përgjithshme si:

$$\rho_r^s(t_r, t_e) = \rho_r^s(t_r, t_r - \Delta t) \quad \text{Ek. 15}$$

Koha e transmetimit të sinjalit që udhëton nga sateliti GPS në marrës është rreth 0.07 s [15]. Funksioni i distancës gjeometrike në anën e djathtë të *Ek. 15* mund të zgjerohet në një seri të Taylorit në kohën e marrësit t_r në lidhje me kohën e transmetimit nëpërmjet:

$$\rho_r^s(t_r, t_e) = \rho_r^s(t_r) + \frac{d\rho_r^s(t_r)}{dt} \Delta t \quad \text{Ek. 16}$$

ku $d\rho_r^s(t_r)/dt$ tregon derivimin në kohë të distancës radiale midis satelitit dhe marrësit [15]. Termi i dytë në anën e djathtë të *Ek. 16* quhet korrigjimi i kohës së transmetimit. Është e dukshme se koordinatat e antenave GPS zakonisht jepen në sistemin koordinativ gjeocentrik (ECEF). Gjatë transmetimit të sinjalit, marrësi rrotullohet me tokën; prandaj, në llogaritjen e distancës së *Ek. 13*, duhet të konsiderohet i ashtu-quajtur i korrigjimi i rrotullimit të tokës. Duke marrë parasysh efektet jonosferike, efektet troposferike, baticën e tokës dhe duke ngarkuar efektet e baticave, efektet “multi-path” dhe efektet relativiste, modeli i pseudo-largësisë në *Ek. 12* do të plotësohet si më poshtë:

$$R_r^s(t_r, t_e) = \rho_r^s(t_r, t_e) - (\delta t_r - \delta t_s)c + \delta_{ion} + \delta_{tro} + \delta_{tide} + \delta_{mul} + \delta_{rel} + \varepsilon \quad \text{Ek. 17}$$

ku pseudo-largësia e matur është në anën e majtë, ajo është e barabartë me distancën gjeometrike midis satelitit në kohën e emetimit dhe antenës në kohën e pritjes plus ose minus disa korrigjime. Korrigjimet e gabimeve të orës janë shkallëzuar nga shpejtësia e dritës c [15]. δ_{ion} dhe δ_{tro} tregojnë efektet joosferike dhe troposferike të stacionit r . δ_{tide}

tregon efektet e baticave të ngarkimit të oqeanit, δ_{mul} tregon efektet “multi-path”, dhe δ_{rel} tregon efektet relativiste. Gabimet e mbetura janë të shprehura nepërmjet ε .

Lartësia e satelitit GPS është rreth 20,200 km; kështu, koha e transmetimit të sinjalit GPS është rreth 0.07 s. Toka rrotullohet gjatë transmetimit të sinjalit. Shpejtësia këndore e rrotullimit të tokës është rreth 15 arcsec^{-1} . Korrigjimi i rrotullimit të tokës është rreth 1 arcsec ([16] [17]). Efektet e një korrigjimi të tillë varen nga gjerësia gjeografike e stacionit. Në ekuator, rrotullimi 1 arcsec është ekuivalent me rreth 31 m pozicion zhvendosje. Gabimet e orës mund të jenë shumë të mëdha [15]. Ka shembuj ku pseudo-largësitë negative vërehen në praktikë. Modeli pseudo-largësive i diskutuar më sipër është përgjithësisht i vlefshëm si për kodin C/A ashtu edhe për kodin P. Saktësia e matjeve të pseudo-largësive varet nga aftësitë elektronike. Në përgjithësi, nuk është problem në ditët e sotme të matesh me saktësi deri në 1 % të gjatësisë së çipit. Pra, kodi C/A ka një saktësi prej rreth 3 m, dhe kodi P 30 cm [15]. Korrigjimet e përmendura do të diskutohen më vonë me hollësi.

3.3.2 Diferencat fazore

Diferenca fazore konsiston në matjen e fazës së sinjalit satelitor të marrë në raport me fazën e sinjalit të gjeneruar nga marrësi. Matja bëhet duke zhvendosur fazën e gjeneruar nga marrësi për të ndjekur fazën e marrë nga sateliti. Prandaj, matja e fazës realizohet duke matur fazën fraksionale dhe duke mbajtur gjurmët e ndryshimeve në cikle. Kjo është edhe arsyeja pse matja e fazës është më e saktë se ajo e kodit. Një valë e plotë bartëse quhet cikël. Numri i ambiguitetit të cikleve në matjen e fazës quhet ambiguitet [15]. Matja fillestare ka fazë të saktë fraksionale dhe një numër të plotë arbitrar në kohën e fillimit. Një vlerë e tillë fillestare arbitrare do të rregullohet me vlerën e saktë duke e modeluar me parametrat e ambiguitetit. Në një mjedis në vakum dhe në një situatë pa gabime, faza e matur mund të paraqitet nga:

$$\Phi_r^s(t_r) = \Phi_r(t_r) - \Phi^s(t_r) + N_r^s \quad \text{Ek. 18}$$

ku. r dhe s tregon respektivisht marrësin dhe satelitin [15]. t_r tregon kohën e pritjes së sinjalit GPS të marrësit. Φ_r tregon fazën e lëkundjes së marrësit. Φ_s tregon fazën e sinjalit të marrë nga sateliti [15]. N_r^s është ambiguiteti i lidhur ndërmjet marrësit r dhe satelitit s . Ka një karakteristikë interesante të transmetimit të fazës së sinjalit, faza e marrë e sinjalit satelitor në kohën e pritjes është saktësisht e njëjtë me fazën e sinjalit satelitor të dërguar [18], [19], pra:

$$\Phi^s(t_r) = \Phi_e^s(t_r - \Delta t) \quad \text{Ek. 19}$$

ku Φ_e^s tregon fazën e dërgimit nga sateliti dhe Δt është koha e transmetimit të sinjalit GPS. Kjo mund të përfaqësohet nga:

$$\Delta t = \frac{\rho_r^s(t_r, t_e)}{c} \quad \text{Ek. 20}$$

ku $\rho_r^s(t_r, t_e)$ është distanca gjeometrike midis satelitit në kohën e emetimit t_e , dhe antenës GPS në kohën e pritjes t_r , c është shpejtësia e dritës [15]. Pastaj *Ek. 18* mund të shkruhet si:

$$\Phi_r^s(t_r) = \Phi_r(t_r) - \Phi_e^s(t_r - \Delta t) + N_r^s \quad \text{Ek. 21}$$

Supozojmë se koha fillestare është zero dhe sinjali satelitor i marrë dhe transportuesi i referencës së marrësit kanë frekuencën nominale f . Atëherë:

$$\Phi_r(t_r) = f t_r \quad \text{Ek. 22}$$

$$\Phi_e^s(t_r - \Delta t) = f(t_r - \Delta t) \quad \text{Ek. 23}$$

Duke zëvendësuar *Ek. 20*, *Ek. 22*, dhe *Ek. 23* tek *Ek. 21* marrim:

$$\Phi_r^s(t_r) = \frac{\rho_r^s(t_r, t_e)f}{c} + N_r^s \quad \text{Ek. 24}$$

Duke marrë parasysh edhe gabimet e orës satelitore, faza e bartësit mund të përfaqësohet si:

$$\Phi_r^s(t_r) = \frac{\rho_r^s(t_r, t_e)f}{c} - f(\delta t_r - \delta t_s) + N_r^s \quad \text{Ek. 25}$$

ku δt_r dhe δt_s janë respektivisht gabimet e orës së marrësit dhe satelitit [15]. Frekuenca f dhe gjatësia valore λ kanë lidhen nëpërmjet [15]:

$$c = f\lambda \quad \text{Ek. 26}$$

Duke marrë në konsideratë efektet jonosferike, efektet troposferike, baticën e tokës dhe duke ngarkuar efektet e baticave, efektet “multi-path” dhe relativiste si dhe gabimet e mbetura, modeli i fazës bartëse *Ek. 25* mund të shprehet:

$$\Phi_r^s(t_r) = \frac{\rho_r^s(t_r, t_e)}{\lambda} - f(\delta t_r - \delta t_s) + N_r^s - \frac{\delta_{\text{ion}}}{\lambda} + \frac{\delta_{\text{tro}}}{\lambda} + \frac{\delta_{\text{tide}}}{\lambda} + \frac{\delta_{\text{mul}}}{\lambda} + \frac{\delta_{\text{rel}}}{\lambda} + \frac{\varepsilon}{\lambda} \quad \text{Ek. 27}$$

ose:

$$\lambda \Phi_r^s(t_r) = \rho_r^s(t_r, t_e) - (\delta t_r - \delta t_s)c + \lambda N_r^s - \delta_{\text{ion}} + \delta_{\text{tro}} + \delta_{\text{tide}} + \delta_{\text{mul}} + \delta_{\text{rel}} + \varepsilon \quad \text{Ek. 28}$$

ku faza e matur në anën e majtë me një faktor λ është e barabartë me distancën gjeometrike midis satelitit në kohën e emetimit dhe antenës në kohën e pritjes plus ose minus disa korrigjime. Korrigjimet e gabimeve të orës janë shkallëzuar nga shpejtësia e dritës c [15]. δ_{ion} dhe δ_{tro} tregojnë efektet jonosferike dhe troposferike të stacionit r . δ_{tide} tregon baticën e tokës dhe efektet e baticave të ngarkimit të oqeanit [15]. Efektet “multi-path” dhe relativiste si dhe gabimet e mbetura janë të shprehur respektivisht nga δ_{mul} , δ_{rel} , ϵ . Ek. 28 është i përshtatshëm për t'u përdorur, sepse të gjitha termat kanë të njëjtën njësi të gjatësisë (meter). Është e dukshme se shenja e termit jonosferik është negative, ndërsa në modelin e pseudo-largësisë është pozitive.

3.3.3 Matjet Doppler

Efekti Doppler është një fenomen i zhvendosjes së frekuencës së sinjalit elektromagnetik të shkaktuar nga lëvizja relative e emetuesit dhe pranuesit [15]. Duke menduar se sinjali i emituar ka frekuencën nominale f , shpejtësia radiale e satelitit lidhur me marrësin është:

$$V_\rho = \vec{V} \cdot \vec{U}_\rho = |\vec{V}| \cos \alpha \quad \text{Ek. 29}$$

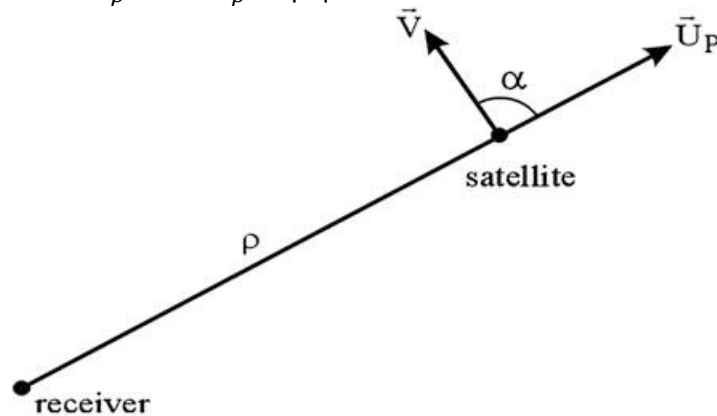


Figura 1 - Efekti Doppler

ku \vec{V} është vektori i shpejtësisë i satelitit i lidhur me marrësin, $V = |\vec{V}|$, \vec{U}_ρ është vektori në drejtim nga marrësi në satelit, α është këndi i projektimit të vektorit \vec{V} deri në \vec{U}_ρ (shih Figura 1) indeksi ρ është distanca nga marrësi në satelit. Pastaj sinjali i marrë ka një frekuencë prej:

$$f_r = f \left(1 + \frac{V_\rho}{c}\right)^{-1} \approx f \left(1 - \frac{V_\rho}{c}\right) \quad \text{Ek. 30}$$

ku c është shpejtësia e dritës. Zhvendosja e frekuencës Doppler është atëherë:

$$f_d = f - f_r \approx f \frac{V_\rho}{c} = \frac{V_\rho}{\lambda} = \frac{d\rho}{\lambda dt} \quad \text{Ek. 31}$$

Numërimi Doppler D është historik i observueshëm i satelitit TRANSIT dhe është integrimi i zhvendosjes së frekuencës gjatë një intervali kohe (1 min). Nëse intervali i kohës është zgjedhur mjaft i vogël, numërimi Doppler është i njëjtë me zhvendosjen e menjëhershme të frekuencave, ose:

$$D = \frac{d\rho}{\lambda dt} \quad \text{Ek. 32}$$

Ndërrimi i përafërt i frekuencave Doppler është i nevojshëm për të marrë sinjalin satelitor. Parashikimi i D është një pjesë e procesit të gjurmimit të sinjalit GPS. D -ja e parashikuar përdoret për të parashikuar ndryshimin e fazës së parë, dhe pastaj ndryshimi i fazës krahasohet me vlerën e matur për të marrë vlerën e saktë të zhvendosjes së frekuencës Doppler. Numëri i plotë i akumuluar i cikleve përftohet nëpërmjet një lidhje polinomiale të një serie ndryshimesh të fazës së parashikuar dhe vlerave të matura [18]. Prandaj, zhvendosja e frekuencës Doppler është një nënprodukt i matjeve së diferencës së fazave [15].

Megjithatë, zhvendosja e frekuencës Doppler është një vëzhgim i pavarur. Vini re se në një mjedis pa gabime, $d\rho/(\lambda dt)$ është i njëjtë me $d\Phi/dt$ dhe Φ është matja e fazës e diskutuar në Seksionin 2.3.2. Pastaj modeli i Ek. 32 mund të përftohet duke diferencuar Ek. 27 në lidhje me kohën t :

$$D = \frac{d\rho_r^s(t_r, t_e)}{\lambda dt} - f \frac{d\beta}{dt} + \delta_f + \varepsilon \quad \text{Ek. 33}$$

ku β është termi i gabimit të orës ($\delta t_r - \delta t_s$), δ_f është korrigjimi i frekuencave të efekteve relativiste dhe ε është gabim. Efektet me specifikat e frekuencës së ulët si jonosfera, troposfera, batica, dhe efektet “multi-path” anulohen.

3.4 Ndikimet e gabimeve në matjet GNSS

Ky kapitull mbulon të gjitha ndikimet fizike të vëzhgimeve GPS, duke përfshirë efektet jonosferike, efektet troposferike, efektet relativiste, baticën e tokës dhe efektet e baticave të ngarkimit të oqeanit, gabimet e orës, efektet “multi-path” dhe ndikimet instrumentale [20].

3.4.1 Efekti jonosferik

Sasia e vonesës jonosferike ose avancimi i sinjalit GPS mund të ndryshojë nga disa metra në më shumë se 20 m brenda 1 dite [20]. Jonosfera është një mjedis shpërndarës, pra efekti jonosferik është i varur nga frekuenca [15]. Kjo veçori përdoret për të projektuar sistemin GPS me disa frekuenca pune të tilla që efektet jonosferike mund të maten ose të korrigjohen.

3.4.1.1 Eliminimi i efekteve joosferike

Kombinim me frekuencë të dyfishtë

Efektet jonosferike në fazë mund te tregohen si [20]:

$$\delta_p = \frac{A_1}{f^2}, \text{ ku } A_1 = \int a_1 ds. \quad \text{Ek. 34}$$

$$\begin{aligned} \delta_p(f_1) &= \frac{A_1}{f_1^2} \text{ dhe} \\ \delta_p(f_2) &= \frac{A_1}{f_2^2} \end{aligned} \quad \text{Ek. 35}$$

Është e qartë se kombinimi i mëposhtëm çon në një eliminim të efektit jonosferik:

$$f_1^2 \delta_p(f_1) - f_2^2 \delta_p(f_2) = 0 \quad \text{Ek. 36}$$

Me fjalë të tjera, nëpërmjet kombinimit linear të vëzhgimeve të fazës GPS, efektet jonosferike mund të eliminohen [20]. Diskutimi i mësipërm është i vlefshëm si për matjet e fazës së kodit ashtu edhe për atë të transportuesit të dy frekuencave, pra:

$$f_1^2 \delta_g(f_1) - f_2^2 \delta_g(f_2) = 0 \quad \text{Ek. 37}$$

Duhet të vihet në dukje se një kombinim i tillë pa jonosferë është me të vërtetë një përafrim i rendit të parë për shkak të mosveprimit të kushteve të efekteve jonosferike të rendit të dytë. Për më tepër, kombinimet e Ek. 36 dhe Ek. 37 duhet të standardizohen duke ndarë $f_1^2 - f_2^2$, në mënyrë që kodi i kombinuar dhe vëzhgimet e fazës të jenë të tilla që t'i përkasin një frekuencë të veçantë. Standardi i fazës pa ionosferë dhe kombinimet e kodit mund të përfaqësohen më pas si [20]:

$$\begin{aligned} \frac{f_1^2 \delta_p(f_1) - f_2^2 \delta_p(f_2)}{f_1^2 - f_2^2} &= 0 \text{ dhe} \\ \frac{f_1^2 \delta_g(f_1) - f_2^2 \delta_g(f_2)}{f_1^2 - f_2^2} &= 0 \end{aligned} \quad \text{Ek. 38}$$

Formalisht vëzhgimet e kombinuara vërehen në frekuencën [20]:

$$f = \frac{f_1^2 f_1 - f_2^2 f_2}{f_1^2 - f_2^2} \quad \text{Ek. 39}$$

e cila ka një gjatësi valore $\lambda = c/f$, ku c është shpejtësia e dritës në vakum [20].

Kombinim i kodit dhe fazës

Efektet jonosferike në matjet e fazës dhe kodit kanë shenja të ndryshme dhe kanë afërsisht të njëjtën vlerë, pra:

$$\delta_p = -\delta_g = A_1/f^2, \text{ ku } A_1 = \int a_1 ds \quad \text{Ek. 40}$$

Pra, një metodë e drejtpërdrejtë për të eliminuar efektet jonosferike është të kombinohen së bashku vrojtimet fazë dhe kod në të njëjtën frekuencë f :

$$\delta_p(f) + \delta_g(f) = 0 \quad \text{Ek. 41}$$

Duhet vënë në dukje se një kombinim i tillë ka saktësi më të ulët se ai i fazës së transportuesit dhe matjeve të kodit [20].

3.4.2 Efektet troposferike

Troposfera është pjesa e poshtme e atmosferës mbi sipërfaqen e tokës. Ndryshe nga jonosfera, troposfera është një mjedis jo-shpërndarës në transmetimin e frekuencave GPS. Pra, efektet troposferike në transmetimin e sinjalit GPS janë të pavarura nga frekuenca e punës. Vonesa troposferike në drejtimin zenit është rreth 2 m, dhe ajo rritet me rritjen e këndit zenital të vijës së shikimit në satelit. Në rastin e një lartësie më të ulët satelitore me disa shkallë, vonesa troposferike e sinjalit GPS mund të jetë disa metra ose më shumë. Prandaj, efekti troposferik është një burim i rëndësishëm gabimi në aplikimet e sakta GPS. Në përgjithësi, vonesa troposferike varet nga temperatura, presioni dhe lagështia, si dhe vendndodhja e antenës GPS [20]. Ngjashëm me vonesën e transmetimit jonosferik, vonesa e transmetimit troposferik mund të shkruhet si:

$$\delta = \int (n - 1) ds \quad \text{Ek. 42}$$

ku n është indeksi i refraksionit të troposferës, integrimi është marrë përgjatë rrugës transmetuese të sinjalit, e cila mund të thjeshtohet si rrugë gjeometrike. Shkalla e anomalisë së indeksit të refraksionit $(n - 1)$ zakonisht bëhet nga [20]:

$$N = 10^6(n - 1) \quad \text{Ek. 43}$$

ku N quhet refraksioni troposferik. N mund të ndahet në zona me lagështirë (rreth 10 %) dhe zona të thata (rreth 90 %):

$$N = N_w + N_d \quad \text{Ek. 44}$$

ku shënimet w dhe d tregon përkatësisht zonat e lagështa dhe të thata. Ato shkaktohen nga avulli i ujit dhe atmosfera e thatë. Prandaj *Ek. 42* bëhet:

$$\delta = \delta_w + \delta_d = 10^{-6} \int N ds \quad \text{Ek. 45}$$

ku:

$$\begin{aligned} \delta_w &= 10^{-6} \int N_w ds \\ \delta_d &= 10^{-6} \int N_d ds \end{aligned} \quad \text{Ek. 46}$$

Nëse integrimet bëhen përgjatë drejtimin të zenitit, atëherë funksionet hartografike duhet të përcaktohen nga:

$$\begin{aligned} \delta_w &= \delta_{wz} F_w \\ \delta_d &= \delta_{dz} F_d \\ \delta &= \delta_z F \end{aligned} \quad \text{Ek. 47}$$

ku indeksi z tregon vonesat troposferike në drejtimin e zenitit, dhe F_w dhe F_d janë funksionet hartografike të lidhura me komponentët e zonave të lagështa dhe të thata [20]. Funksionet hartografike janë të nevojshme për të përcaktuar modelet e vonesave të lidhura në drejtimin zenit. Të gjitha modelet empirike të vonesave të rrugës troposferike kanë funksionet e tyre hartografike.

3.4.3 Efektet e relativitetit

3.4.3.1 *Relativiteti special dhe relativiteti i përgjithshëm*

Relativiteti special i Ajnshtajnit bazohet në dy postulate [20]. I pari quhet parimi i relativitetit: "Nuk preferohet asnjë sistem inertial. Ekuacionet që shprehin ligjet e fizikës kanë të njëjtën formë në të gjitha sistemet inertiale." E dyta quhet parimi i qëndrueshmërisë së shpejtësisë së dritës: "Shpejtësia e dritës është një konstante universale e pavarur nga gjendja e lëvizjes së burimit. Çdo rreze drite lëviz në sistemin inertial të koordinatave me shpejtësi konstante c , qofshin këto të emetuara nga një burim stacionar ose nga një burim në lëvizje." Sigurisht, shpejtësia e dritës i referohet shpejtësisë në një vakum [21]. Konsideroni dy sisteme koordinative inerciale S' dhe S në Figura 2, ku boshti x' përputhet me boshtin x .

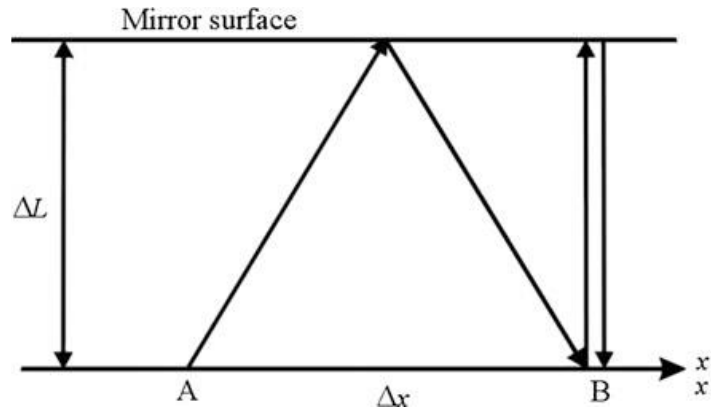


Figura 2 - transmetimi i rezeve te dritës i trguar në dy sisteme inerciale

Distanca perpendikulare e pasqyrës në boshtin x është ΔL [20]. Ta zëmë se një shkrepje e lehtë është e emetuar nga A dhe drita e pasqyruar është marrë në B nga sistemi lëvizës S' . Pastaj koha transmetuese e dritës së matur në sistemin S është:

$$\Delta t = \frac{2\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta x/2)^2}}{c} \quad \text{Ek. 48}$$

Sipas supozimit tonë, marrim $\Delta x = v\Delta t$. Duke e zëvendësuar këtë në Ek. 48, Δt mund të përftohet nga:

$$\Delta t = \frac{2\Delta L/c}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{Ek. 49}$$

Për shkak të postulatit të Ajnshtajnit, shpejtësia e dritës, c , është e njëjtë në dy sisteme. Pra, $2\Delta L/c$ është koha e transmetimit të rezes së dritës në sistemin lëvizës S' , pra $\Delta t' = 2\Delta L/c$, nga kjo nxjerrim:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{Ek. 50}$$

Kjo tregon se intervali i kohës i vëzhguar në sistem në prehje është më i shkurtër se intervali i kohës i vëzhguar në një sistem, i cili po lëviz me shpejtësi v [20]. Përsëri, për shkak të konstantes c në të dy sistemet, njëri mund të thotë $\Delta s = c\Delta t$ dhe $\Delta s' = c\Delta t'$, ku Δs dhe $\Delta s'$ janë gjatësitë rrugës që përshkon rezja e dritës e vëzhguar në të dy sistemet. Shumëzimi me c tek Ek. 50 jep:

$$\Delta s = \frac{\Delta s'}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad \text{Ek. 51}$$

Kjo tregon se gjatësia që shihet në sistemin lëvizës është e zgjatur.

Duke konsideruar lidhjen $c = f\lambda$, ku c është konstante në të dy sistemet, λ është gjatësinë valore, dhe f është frekuenca e lidhur. Për shkak se gjatësia valore λ e parë në dy sisteme është e ndryshme, e treguar nga $\lambda = \Delta s$ dhe $\lambda' = \Delta s'$, marrëdhënia e frekuencave f dhe f' , të cilat shihen në dy sisteme, mund të përftohet duke ndarë c në Ek. 51 [20]:

$$f = f' \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad \text{Ek. 52}$$

Kjo tregon se frekuenca f' e parë në sistemin lëvizës reduktohet në f kur shihet nga një sistem prehjeje.

Duke përdorur zgjerimet matematikore:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} &= 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 \dots \\ \sqrt{1 - (v/c)^2} &= 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 \dots, \end{aligned} \quad \text{Ek. 53}$$

për Ek. 50, Ek. 51 dhe Ek. 52, kemi:

$$\frac{\Delta t - \Delta t'}{\Delta t'} = \frac{\Delta s - \Delta s'}{\Delta s'} = -\frac{f - f'}{f'} = \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2. \quad \text{Ek. 54}$$

Relativiteti i përgjithshëm i Ajnshtajnit inkorporon gravitacionin në bazë të principeve të ekuivalencës. Matematika e relativitetit të përgjithshëm është jashtëzakonisht komplekse [20]. Megjithatë, për trajtimin e efekteve relativiste në GPS, kërkohet vetëm një fraksion i thjeshtuar dhe i vogël i teorisë. Vini re se ana e djathtë e Ek. 54 është me të vërtetë masa njësi e energjisë kinetike ($v^2/2$) e shkallëzuar nga shpejtësia e dritës c (saktësisht $1/c^2$). Pra, efektet speciale të relativitetit mund të interpretohen si efekte të shkaktuara nga energjia kinetike për shkak të lëvizjes [20]. Efektet analoge mund të shkaktohen edhe nga energjia potenciale ΔU për shkak të pranisë së fushës gravitacionale U . Atëherë:

$$\frac{\Delta t - \Delta t'}{\Delta t'} = \frac{\Delta s - \Delta s'}{\Delta s'} = -\frac{f - f'}{f'} = \frac{\Delta U}{c^2} \quad \text{Ek. 55}$$

Formula më sipër përfaqëson marrëdhëniet relativiste në rastin e pranisë së një fushe gravitacionale U . Kështu, efektet relativiste totale mund të formulohen si:

$$\frac{\Delta t - \Delta t'}{\Delta t'} = \frac{\Delta s - \Delta s'}{\Delta s'} = -\frac{f - f'}{f'} = \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\Delta U}{c^2} \quad \text{Ek. 56}$$

Efektet e relativitetit special të rrotullimit mund të diskutohen në mënyrë të ngjashme [21].

3.4.3.2 Efektet relativiste në GPS

Sistemi koordinativ inertial në prehje, origjina e tij e vendosur në qendër të tokës, është marrë si referencë për të parë të gjitha aktivitetet e lidhura me GPS. Për shkak të shpejtësive të mëdha të lëvizjes dhe orbitave relativisht rrethore të satelitit GPS, ndryshimi potencial gravitacional midis satelitit dhe përdoruesve, rrotullimi i tokës dhe efektet relativiste duhet të merren parasysh. Për të lehtësi, mund të imagjinojmë se i gjithë procesi GPS shihet në një referencë inerciale në një pikë ku potenciali gravitacional është i njëjtë me atë të gjeoidit të tokës [20].

Efektet e frekuencave

Nëse të gjithë satelitët GPS janë duke punuar thjesht në frekuencën $f' = f_0$, atëherë ne do të shohim një frekuencë f në pikën tonë të referimit, dhe f nuk është e njëjtë me f_0 për shkak të efekteve relativiste [20]. Për të parë frekuencën themelore $f = f_0$, frekuenca f' e dëshiruar e punës së satelitëve GPS mund të llogaritet duke përdorur Ek. 56 si:

$$-\frac{f_0 - f'}{f'} = \frac{1}{2} \left(\frac{v}{c}\right)^2 + \frac{\Delta U}{c^2} \quad \text{Ek. 57}$$

Kompensimi mund të llogaritet duke përdorur shpejtësinë e mesme të satelitit dhe $\Delta U = \mu/(R_E + H) - \mu/R_E$, ku μ është konstanta gravitacionale e tokës, R_E (ca. 6370 km) është rrezja e tokës, dhe H është lartësia e satelitit mbi tokë (rreth. 20,200 km).

Efektet e shtrirjes së rrugës së transmetimit

Efektet e përgjithshme të relativitetit të sinjalit të transmetuar nga sateliti GPS në marrës mund të përfaqësohen nga modeli [22]:

$$\Delta\rho_{\text{rel}} = \frac{2\mu}{c^2} \ln \frac{\rho^j + \rho_i + \rho_i^j}{\rho^j + \rho_i - \rho_i^j} \quad \text{Ek. 58}$$

ku ρ^j dhe ρ_i janë respektivisht distancat gjeocentrike të satelitit j dhe stacionit i , ρ_i^j është distanca midis satelitit dhe stacionit vëzhgues, dhe $\Delta\rho_{\text{rel}}$ ka njësi në metër dhe një vlerë maksimale të rreth 2 cm [20]. Është e dukshme se me llogaritjen e distancës ρ_i^j , efekti i rrotullimit të tokës gjatë transmetimit të sinjalit duhet të merret parasysh.

Efektet e rrotullimit të Tokës

Të gjitha korrigeimet që lidhen me rrotullimin e tokës quhen korrigeime Sagnac [20]. Duke vëzhguar nga korniza jo rrotulluese, distanca e transmetimit të sinjalit mund të përfaqësohet nga [20]:

$$c\Delta t = |\vec{r}_r + \vec{v}_r\Delta t - \vec{r}_s| \quad \text{Ek. 59}$$

Prandaj, korrigeimi i rrugës së transmetimit për shkak të rrotullimit të tokës mund të paraqitet si:

$$\Delta\rho = |\vec{r}_r + \vec{v}_r\Delta t - \vec{r}_s| - |\vec{r}_r - \vec{r}_s| \quad \text{Ek. 60}$$

Kjo mund të thjeshtohet si [21]

$$\Delta\rho = \frac{(\vec{r}_r - \vec{r}_s) \cdot \vec{v}_r}{c} \quad \text{Ek. 61}$$

Korrigeimi mund të arrijë deri në 30 m dhe duhet të merret parasysh.

Nëse sinjali i transmetimit të kohës Δt është zgjidhur nëpërmjet iteracionit të Ek. 59 atëherë korrigeimi i Sagnacit do të merret automatikisht parasysh.

Ky term i korrigeimit është i vlefshëm edhe për marrësit kinematikë GPS që nuk janë të fiksuar në sipërfaqen e tokës. Vektori i shpejtësisë në Ek. 61 është

$$\vec{v}_r = \vec{\omega}_e \times \vec{r}_r + \vec{v}_k \quad \text{Ek. 62}$$

Korrigeimi Sagnac merret parasysh për satelitët e orbitës së ulët të tokës (P.sh., TOPEX, CHAMP, dhe GRACE), të cilët janë të pajisur me marrës GPS në bord për gjurmimin satelit-satelit (SST) [20].

Efektet relativiste për shkak të ekscentritetit orbital

Formula teorike e korrigeimit të orës së satelitit mund të shkruhet si [21]

$$\Delta t_e = \frac{2}{c^2} \sqrt{\mu a} e \sin E + \text{const.} \quad \text{Ek. 63}$$

Termi i dytë në anën e djathtë është një konstante që nuk mund të ndahet nga korrigeimi i orës [20]. Ky korrigeim total tashmë është marrë parasysh në përcaktimin e orbitave GPS dhe transmetohet në mesazhin e navigimit nga parametrat e polinomialit të gabimit të orës. Prandaj, ky term i korrigeimit duhet të shqyrtohet vetëm në përcaktimin e orbitës satelitore.

Duke përdorur lidhjen $e \sin E = (xv_x + yv_y + zv_z) / \sqrt{\mu a}$. [23], Ek. 63 mund të paraqitet nga pozicioni (x, y, z) dhe shpejtësia (v_x, v_y, v_z) e satelitit. Nxitimi i satelitit

sipas relativitetit të përgjithshëm Korrigjimi standard për nxitimin e satelitit të tokës sipas Sherbimit të rrotullimit të Tokës dhe Sistemeve të Referimit (IERS) [24] është:

$$\Delta \vec{a} = \frac{\mu}{c^2 r^3} \left\{ \left[4 \frac{\mu}{r} - v^2 \right] \vec{r} + 4(\vec{r} \cdot \vec{v}) \vec{v} \right\} \quad \text{Ek. 64}$$

3.4.4 Efektet e baticave tokësore në zhvendosjen e stacioneve GPS

Në përgjithësi, sistemi diell-hënë-tokë mund të ndahet në dy sisteme dy-trupore për të diskutuar respektivisht efektet e diellit dhe hënës në tokë.

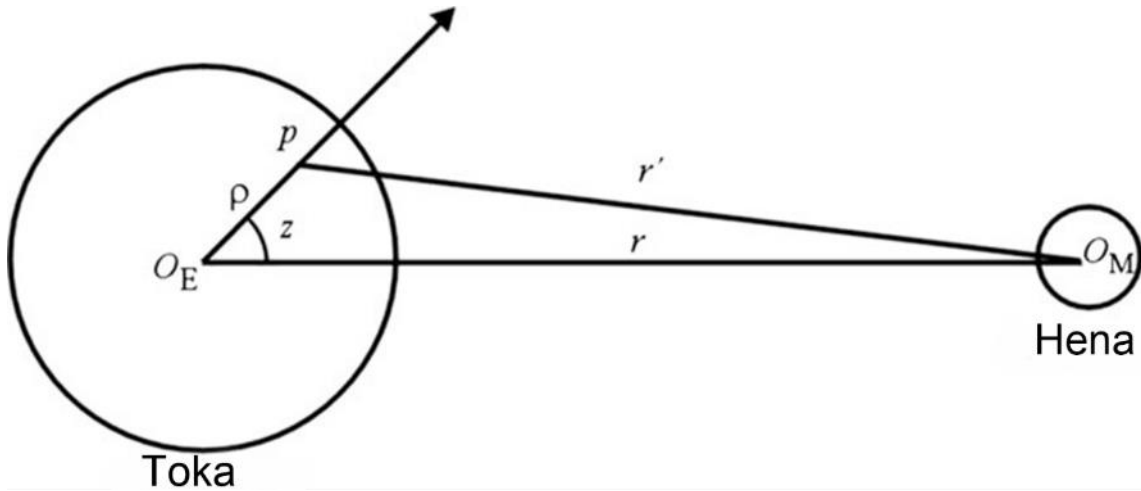


Figura 3 - Sistemi tokë-hënë

Për sistemin hënë-tokë, qendra e masave mund të gjendet sipas përkufizimit. Ajo shtrihet në një vijë të drejtë midis qendrave të tokës dhe hënës dhe ka një distancë në qendër të tokës rreth $0.73R_E$, ku R_E është rrezja e Tokës Figura 3. Për pikën p (me masë njësi) në tokë, potenciali i baticave i gjeneruar nga hëna mund të përftohet si:

$$W_p = \mu_m \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r} - \frac{\rho}{r^2} \cos z \right) \quad \text{Ek. 65}$$

ku r është distanca gjeocentrike e hënës, ρ është distanca gjeocentrike e pikës p , μ_m është konstantja gravitacionale e hënës [20], z është këndi zenital gjeocentrik i hënës, dhe r' është distanca midis pikës p dhe qendrës së hënës. $1/r'$ në Ek. 65 mund të zhvillohet nga polinomi i Legendre, dhe pastaj:

$$W_p = \mu_m \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\rho^n}{r^{n+1}} P_n(\cos z) \quad \text{Ek. 66}$$

ku $P_n(\cos z)$ është polinomiali konvencional i Legendre të gradës n . Duke aplikuar formulën e njohur të astronomisë sferike [25],

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H \quad \text{Ek. 67}$$

në Ek. 66, do të përftohet formula e potencialit të baticave

$$W_p = \mu_m \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\rho^n}{r^{n+1}} \left[P_n(\sin \varphi) P_n(\sin \delta) + 2 \sum_{k=1}^n \frac{(n-k)!}{(n+k)!} P_{nk}(\sin \varphi) P_{nk}(\sin \delta) \cos kH \right] \quad \text{Ek. 68}$$

ku φ është gjerësia gjeografike e pikës së llogaritur p , δ , dhe H janë rënia dhe këndi lokal i orës së hënës, dhe $P_{nk}(x)$ është polinomiali i Legendre të gradës n dhe rendit k . Formula e Laplasit tregon karakteret e rëndësishme gjeometrike dhe periodike të potencialit të baticave. Diskutime të ngjashme mund të bëhen për sistemin tokë-diell, dhe potenciali i lidhur me baticën mund të përftohet duke zëvendësuar konstanten gravitacionale të diellit μ_s dhe distancën gjeocentrike të diellit në Ek. 68 [20]. Potenciali total i baticave është shuma e të dy potencialeve të gjeneruara nga hëna dhe dielli.

Zhvendosja e baticave që rezulton nga potenciali i baticave do të jenë:

$$\begin{aligned} \Delta S_r &= h \frac{W_p}{g} = \sum_{n=2}^{\infty} h_n \frac{W_p(n)}{g} \\ \Delta S_\varphi &= l \frac{\partial W_p}{g \partial \varphi} = \sum_{n=2}^{\infty} l_n \frac{\partial W_p(n)}{g \partial \varphi} \quad \text{and} \\ \Delta S_\lambda &= l \frac{\partial W_p}{g \cos \varphi \partial \lambda} = \sum_{n=2}^{\infty} l_n \frac{\partial W_p(n)}{g \cos \varphi \partial \lambda}, \end{aligned} \quad \text{Ek. 69}$$

ku, ΔS_r , ΔS_φ dhe ΔS_λ janë zhvendosja e baticave në drejtimet radiale, respektivisht veriore dhe lindore; $W_p(n)$ është potenciali i baticave të gradës n , $g \approx \mu/R_E^2$; μ është konstantja gravitacionale e tokës; dhe R_E është rrezja e tokës.

Është e dukshme se potenciali i baticave përfshin një pjesë të përhershme (pra të pavarur nga koha) [20]. Kjo pjesë e baticave tani është përfshirë në përkufizimin gjeoid, i cili është pranuar tashmë nga Shoqata Ndërkombëtare e Gjeodezisë (IAG) në vitin 1983 [26]. Prandaj, një term i tillë duhet trajtuar me kujdes. Shembuj për të lëvizur ose për të mbajtur termin e përhershëm të baticave nga formulat e mësipërme mund të gjenden në standardin IERS [24].

3.4.5 Gabimet e orës

Siç u diskutua në Seksionin. 3.3 në modelet e vëzhgimeve GPS, orët në satelitët dhe marrësit luajnë një rol shumë të rëndësishëm në matjet GPS të saktësisë së lartë. Ndikimet e gabimeve të orës në GPS mund të grupohen në tre lloje. Njëra është e përfshirë në shpejtësinë e dritës, c . Një tjetër është faktor i shpejtësisë së satelitëve. Dhe e treta është e përfshirë në frekuencën e punës.

Ndikimi i llojit të parë të gabimit të orës është i dukshëm. Për matjet e kodit, matet koha transmetuese e sinjalit dhe shumëfishohet koha transmetuese me c për të marrë gjatësinë e rrugës së transmetimit.

Prandaj, në satelitët dhe marrësit duhet të përdoren orë me cilësi të lartë. Ndërkohë, gabimet e orës duhet të modelohen me kujdes. Një model i thjeshtë mund të shprehet si

$$\delta t = b + dt + at^2, \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad \text{Ek. 70}$$

ku b është ndikimi, d është rryma, a dhe është nxitimi i orës që lidhet me të. Intervali i kohës (t_1, t_2) është periudha e duhur e polinomialit të gabimit të orës. Gjatësia e intervalit varet drejtpërdrejt nga qëndrueshmëria e orës [20]. Një model i tillë përshkruan se ora ka një ndryshim dhe nxitim të vogël.

Në rastin e disponueshmërisë selektive, frekuenca e orës në satelit është e manipuluar artificialisht. Me fjalë të tjera, shkalla e orës në satelit nuk është më konstante; Pra, ora nuk është më e qëndrueshme. Një model alternativ i gabimit të orës së satelitit është [20]:

$$\delta t = b_i, \quad t = t_i \quad \text{Ek. 71}$$

Kështu, ndikimi i orës duhet modeluar për çdo epokë matëse. Parametrat e gabimit të orës duhet të përcaktohen ose të eliminohen në mënyrë ekuivalente çdo epokë.

Ndikimi i llojit të dytë të gabimit të orës është pak a shumë i nënkuptuar. Duke kujtuar kodin dhe modelimi i fazave të diskutuara në Seksionin 2.3, ekziston një distancë gjeometrike midis satelitit në kohën e emetimit të sinjalit dhe marrësit në kohën e pritjes së sinjalit. Pozicioni dhe shpejtësia e satelitit janë në funksion të kohës. Prandaj, një gabim i orës shkakton një gabim kompjuterik të pozicionit të satelitit me $\vec{v}_s \delta t$, ku \vec{v}_s është vektori i shpejtësisë së satelitit. Këto gabime kalojnë përmes funksionit të distancës dhe shkaktojnë gabime të distancës së llogaritur. Ky lloj ndikimi është paraqitur në mënyrë implicite në të gjitha modelet e vëzhgimit GPS dhe nuk mund të eliminohet nëpërmjet formimit të diferencave. Megjithatë, ndikimi i gabimit të orës është faktorizuar nga shpejtësia e satelitit (rreth 3 km s^{-1}), kështu që një llogaritje e δt deri në një saktësi të 10^{-6} do të ishte e mjaftueshme për të siguruar saktësinë e kërkuar të pozicionit satelitor të llogaritur. Një vlerësim i tillë zakonisht bëhet nëpërmjet pozicionit të një pike të vetme të çdo stacioni në çdo epokë. Sigurisht, duhet të marrim parasysh edhe efektet relativiste.

Siç u diskutua më sipër, gabimi i orës shkakton një gabim fazë $c\delta t/\lambda$; kjo është ekuivalente me një gabim frekuencë $f\delta t$ [20]. Natyrisht, ky korigjim duhet të merret në konsideratë në përpunimin Doppler të të dhënave.

Sinkronizimi i orës në satelitët dhe marrësit është një parakusht bazë i një matjeje GPS. Modelimi i orës çon automatikisht në sinkronizimin e të gjitha orave.

Një studim i fundit tregon se parametrat e gabimit të orës ishin të lidhur linearisht me parametrat e ambiguitetit.

3.4.6 Efekti “Multi-path”

“Multi-path” është fenomeni me të cilin një sinjal GPS arrin në antenën e një marrësi nëpërmjet më shumë se një rruge. Efekti i përhapjes së “Multipath” ndikon si në vëzhgimet e pseudo-largësive ashtu edhe në matjet e diferencave fazore. Në pozicionimin e saktë statik dhe kinematik GPS, efekti “multi-path” është një burim gabimi që duhet të merret parasysh. Studime të lidhura janë kryer për shumë vite për të reduktuar ose eliminuar efektet “multi-path” ([27], [28], [29], [30]).

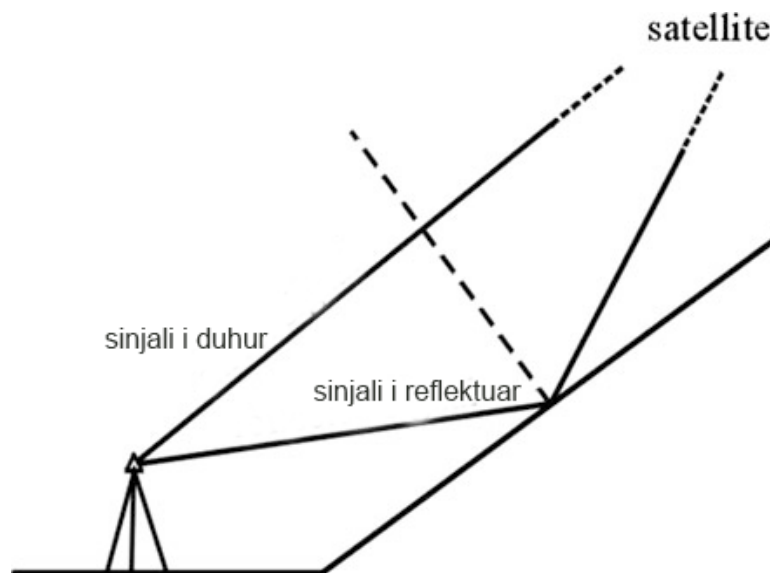


Figura 4 - Gjeometria e efektit "Multi-path"

“Multi-path” është një efekt shumë i lokalizuar, i cili është i varur vetëm nga mjedisi lokal që rrethon antenën. Siç ilustron Figura 4, marrësi mund të marrë njëkohësisht sinjalin direkt të transmetuar ashtu edhe sinjalin e pasqyruar (indirekt). Rruga e tërthortë është qartësisht e varur nga sipërfaqja reflektuese dhe pozicioni i satelitit. Sipërfaqja reflektuese zakonisht është statike dhe është e lidhur me marrësin; Megjithatë, sateliti lëviz me kohën. Prandaj, efekti “multi-path” është gjithashtu një ndryshues i kohës. Efekti “multi-path” është me të vërtetë ndikimi i sinjalit indirekt në vëzhgimet e marrësit. Për shkak se marrësa të ndryshëm përpunojnë sinjalet me mënyra të ndryshme, gabimi “Multi-path” është shumë i varur nga arkitektura e marrësve.

Teorikisht ([27], [28], [29]) efekti “multi-path” mund të arrijë deri në 15 m për matjet me P-code dhe 150 m për matjet me C/A-kod. Për shkak të gjatësisë së çipit, P-code është shumë më pak i ndjeshëm ndaj sinjalit indirekt [20]. Zakonisht, gabimi “Multi-path” i bartjes së fazës është në rendin e disa cm.

Sinjalet GPS janë të polarizuar në mënyrë rrethore (RHCP); prandaj antenat konvencionale GPS janë projektuar si antena RHCP [20]. Kjo veçori ndihmon në refuzimin e sinjalit “Multi-path” sepse sinjali i pasqyruar ka ndryshuar polarizimin e tij. Sinjalet e pastra të pasqyruara të marra nga antena RHCP zakonisht kanë vetëm një të tretën e sinjalit ndaj zhurmës krahasuar me atë të sinjaleve [31]. Kjo mund të përdoret edhe për të zbuluar efektet “Multi-path”. Metoda më e thjeshtë për të shmangur ndikimin e efekteve “Multi-path” është të vendosësh antenën shumë larg sipërfaqeve reflektuese të mundshme. Duke përdorur vetëm matjen e fazës bartëse është ndoshta metoda tjetër. (Kodi zakonisht përdoret për korrigjimin e gabimeve të orës për llogaritjen e koordinatave satelitore; kjo do të ishte mjaft e saktë edhe nëse efektet “Multi-path” ekzistonin në kod)

Një metodë ekzakte që mund të përdoret për efektet “Multi-path” është të detektojmë “Multi-path”-in duke përdorur të dhënat e fazës së kodit dhe pastaj të refuzojmë të dhënat e fazës së lidhur ose të vendosim të dhënat e fazës në një peshë më të ulët për përpunimin e të dhënave të fazës [20]. Duke kujtuar modelet vëzhgimeve të kodit dhe fazave të diskutuara në Seksionin 2.3, ndryshim i fazës së kodit mund të formohet duke përdorur *Ek. 17* dhe *Ek. 28* si:

$$R_r^s(t_r, t_c) - \lambda \Phi_r^s(t_r) = 2\delta_{ion} + \lambda N_r^s + \delta_{mul} + \varepsilon \quad Ek. 72$$

ku $R_r^s(t_r, t_c)$ dhe $\Phi_r^s(t_r)$ janë pseudo-largësia dhe faza e matur, λ është gjatësi valore, t_e është koha e emetimit të sinjalit GPS, dhe t_r koha e pritjes së sinjalit, δ_{ion} tregon efektet joosferike të stacionit r , N_r^s është parametri nr i plotë i ambiguitetit, δ_{mul} është efekti “Multi-path” i matjeve të kodit, dhe ε është gabim i matjeve të kodit. Këtu janë hequr gabimet e fazës dhe frekuencës si dhe të “Multi-path” në matjet e fazës [20]. Duke përdorur formulën e mësipërme, efektet “Multi-path” në matjet e kodit mund të përcaktohen ose të zbulohet. Për shkak të nivelit më të lartë të zhurmës së matjeve të kodit, zbulimi gjatë një periudhe të caktuar është i arsyeshëm në mënyrë që zhurma të mund të zbutet.

3.4.7 Ndikimet instrumentale

Studimi i efekteve joosferike duke përdorur vëzhgimet GPS tregon ekzistencën e ndikimeve instrumentale. Këto janë gabime sistematike, dhe janë të ndryshme nga frekuenca në frekuencë dhe nga kodi në matjet fazë [20]. Megjithatë, ato janë konstante për një frekuencë të dhënë dhe tip të dhënë vëzhgimi si dhe për një instrument të dhënë (marrës ose satelit GPS). Për vëzhgimet kod, fazë, dhe Doppler i marrësit i , satelitit j në frekuencën e punës k , ndikimet instrumentale mund të modelohen si

$$\begin{aligned} &\delta I_c(i, k) + \delta J_c(j, k) \\ &\delta I_p(i, k) + \delta J_p(j, k) \\ &\delta I_d(i, k) + \delta J_d(j, k) \end{aligned}$$

Ek. 73

ku shënimet c, p dhe d tregojnë respektivisht vëzhgimet kod, fazë, dhe Doppler. δI dhe δJ tregojnë të gjitha të dhënat instrumentale të marrësit GPS dhe satelitit GPS [20]. Ndarja e ndikimeve instrumentale dhe ambiguitetit janë të mundshme për shkak se ndikimet e marrësit dhe satelitit janë të pavarura nga njëra-tjetra, ndërsa parametrat e ambiguitetit janë të varura si nga marrësi ashtu edhe nga sateliti.

3.5 Përshkrim i sistemit të pozicionimit në kohë reale.

Dy nga metodat kryesore për pozicionimin e saktë në kohë reale, Rrjeti RTK (NRTK) dhe PPP-RTK.

3.5.1 Rrjeti RTK

Në RTK tradicionale përdoret një stacion i vetëm referimi, dhe stacioni rover duhet të punojë brenda një rreze të shkurtër nga stacioni i referencës për shkak të limitit të distancës së komunikimit radio dhe të gabimeve të varura nga distanca të shkaktuara nga jonosfera orbitale dhe troposfera. Kështu, zona operuese e pozicionit RTK është e varur nga kushtet atmosferike dhe zakonisht është e kufizuar në një distancë prej 10 – 20 km. Rrjeti RTK (NRTK) është një metodë që mund të kapërcejë kufizimin e gamës së kufizuar të RTK-së klasike [32]. Rangu i stacionit në rrjet është zakonisht më pak se 100 km dhe çdo stacion referimi i dërgon vëzhgimet në një qendër përpunimi, ku vëzhgimet janë përpunuar me një rregullim të rrjetit dhe si gabimet dhe korrigjimet e vëzhgimit janë të llogaritura. Pastaj korrigjimet e vëzhgimit u dërgohen përdoruesve nëpërmjet një lidhjes satelitore ose internetit. Përdoruesit në zonën e mbulimit të rrjetit mund të pakësojnë gabimet e tyre të vëzhgimit me këto korrigjime [32].

Qëllimi i Rrjetit RTK është të minimizojë ndikimin e gabimeve të varura nga distanca në pozicionin e llogaritur të roverëve brenda kufijve të rrjetit. NRTK zakonisht kërkon një minimum prej tre stacioneve të referimit për të gjeneruar korrigjime për zonën e rrjetit [32]. Në përgjithësi nuk ka asnjë kufizim lidhur me madhësinë e rrjetit, ai mund të jetë rajonal, kombëtar, apo edhe global.

Në parim, përqsja e rrjetit RTK përbëhet nga katër hapa bazë (Figura 5): grumbullimi i të dhënave në stacionet e referimit; manipulimin e të dhënave dhe gjeneratën e korrigjimeve në qendrën e përpunimit

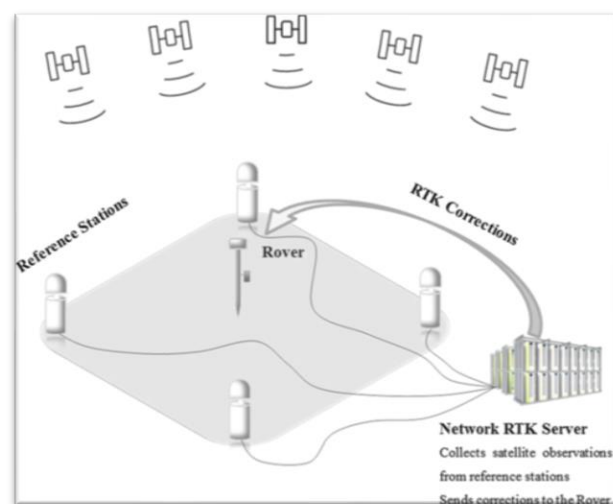


Figura 5 - Parimi i rrjetit RTK (NRTK)

të rrjetit ; transmetimin e korigjimeve, dhe në fund pozicionimin në rover duke përdorur informacione nga NRTK [33]. Distanca mjaft e gjata midis çdo stacioni referimi dhe kërkesës për të ndrequr ambiguitetin në kohë reale e bën këtë hap si sfidën kryesore të Rrjetit RTK.

Normalisht, një sistem server NRTK do të përbëhet nga komponentët e mëposhtëm [32]:

- Një server stacioni lidhet me çdo marrës të stacionit të referimit.
- Një server rrjeti që i merr të dhënat nga serverat e stacionit dhe i dërgon ato në qendrën e përpunimit.
- Një server me cluster që hoston softuerin e përpunimit të rrjetit. Softueri kryen disa detyra duke përfshirë: kontrollin e cilësisë së të dhënave, aplikimin e korigjimeve të qendrës së fazës së antenave, fiksimin e ambiguitetit, modelimin, dhe përçimin e gabimeve sistematike, interpolimin e gabimeve (korigjimet) në disa teknika (p.sh., VRS, PRS) dhe gjenerimin e vëzhgimeve virtuale, ose koeficientët e modelit në teknika të tjera (p.sh., FKP, Mac).
- Një firewall zakonisht është vendosur për të mbrojtur serverat e sipërm nga hyrja nga një përdorues.
- RTK proxy server për t'u marrë me kërkesat nga përdoruesit dhe për të dërguar mbrapsht informacionin e rrjetit.
- Ndërfaqja e përdoruesit për të dërguar/marrë të dhëna nga qendra NRTK [33].

Përparësitë më të rëndësishme të Rrjetit RTK mund të përmbledhet si më pas:

- Krahasuar me stacionin e vetëm të referencës RTK, kostoja dhe puna janë të dyja të reduktuara, pasi nuk ka nevojë për të ngritur një stacion referimi bazë për çdo përdorues.
- Saktësia e pozicioneve të roverit të llogaritur janë më homogjene dhe konsekuente pasi zvogëlimi i gabimeve i referohet një softueri të përpunimit, i cili përdor të njëjtin modelim funksional dhe stokastik dhe përdor të njëjtat të dhëna.
- NRTK ofron besueshmëri dhe disponueshmëri më të lartë të korigjimeve të RTK-së me një tepricë të përmirësuar, të tillë që në qoftë se një stacion vuan nga mosfunksionimi i një zgjidhjeje mund të përftohet ende nga pjesa tjetër e stacioneve të referimit [32].
- Rrjeti RTK është i aftë të mbështesë përdorues dhe aplikime të shumta [32].

Rrjeti RTK ka disa disavantazhe, të cilat janë:

- Kostoja e abonimit me një ofrues NRTK.
- Kostoja e komunikimit “wireless” me rrjetin (zakonisht nëpërmjet një celulari “wireless” duke përdorur për shembull teknologjinë GPRS).

3.5.2 PPP-RTK

PPP është e kufizuar në saktësi pasi kombinimi linear pa jonosferë është aktualisht i detyrueshëm. Modelet jonosferike të sakta në përgjithësi nuk janë në dispozicion [34]. Kufizimet e PPP mund të kapërcehen me rrjetet RTK (Real-Time Kinematic) duke përdorur modelimin shtetëror të hapësirës [34]. Këto rrjete RTK mund të rrjedhin vazhdimisht të gjitha gabimet individuale të GNSS në kohë reale. Informacioni i plotë shtetëror është gati për shpërndarje për përdoruesit në kohë reale. Kështu që përdoruesit janë të aftë të zgjidhin abiguitetin dhe të arrijnë nivelin e njohur të saktësisë së RTK. Ky koncept i pozicionit të saktë të pikës që bën të mundur zgjidhjen e abiguitetit është PPP-RTK [34].

Në një mënyrë PPP përdoren vëzhgime jo të ndryshme dhe gabimet e lidhura me satelitin reduktohen duke përdorur korrigjime të sakta të orës satelitore dhe duke përdorur orbita të sakta për të shmangur gabimet orbitale [33]. Këto produkte të sakta satelitore normalisht sigurohen nga një qendër përpunimi që analizojnë të dhënat globale të tilla si Shërbimi Ndërkombëtar GNSS (IGS). Duke qenë se vetëm një marrës përdoret në PPP, abiguiteti zgjidhet si pjesë e të panjohurave me numra dhjetorë dhe jo fikse. Si rezultat, janë të nevojshme disa minuta të dhëna përpunimi për të arritur një konvergjencë të besueshme të zgjidhjes [33]. Ndërsa abiguiteti zgjidhet si numra dhjetorë, saktësia e PPP-së mund të arrijë vetëm në nivelin e nën-decimetrit.

3.6 Historik i ndërtimit të rrjeteve aktive GNSS në Shqipëri

Në Shqipëri deri më sot janë realizuar dy projekte kryesore për ndërtimin e një rrjeti të përhershëm aktiv kombëtar. Ndërtimi i rrjetit AlbPOS si rrjeti i parë GNSS aktiv kombëtar në Shqipëri dhe AlbCORS rrjeti i ri GNSS aktiv kombëtar i cili ka në vetvete dhe disa nga stacionet e sistemit AlbPOS.

3.6.1 Sistemi AlbPOS

Rrjeti Shqiptar i stacioneve të referencës të përhershëm (ALBPOS) është themeluar në vitin 2009 dhe ishte plotësisht funksional në vitin 2010. ALBPOS atëherë operohej nga Instituti Gjeografik Ushtarak Shqiptar (IGJU). Më 1 gusht 2012, një marrëveshje u bë e mundur ku Zyra e Regjistrimit të Pasurive të Paluajtshme (ZRPP) mori përsipër të gjitha pajisjet ALBPOS të lidhura nga IGJU dhe se funksionimi dhe zhvillimi i rrjetit më tej do të kryhet nga ZRPP.

Sistemi ALBPOS nuk ishte në punë gjatë një periudhe para dhe pas marrjes së tij, por që nga pranvera 2013 puna ka qenë e vazhdueshme për të rivendosur lidhjet me stacionet reference, rindërtimin e qendrës së kontrollit dhe për të lëvizur të gjitha stacionet referente nga pronat ushtarake, në zyrat e ZRPP.

Rrjeti shqiptar i stacioneve të referencës së përhershme GNSS (ALBPOS) ka rifilluar aktivitetin e tij gjatë vitit 2013 nën administrimin e ri nga ZRPP pasi u mbyll për më shumë se një vit. Stacionet e referencës të vendosura në mjediset ushtarake janë zhvendosur në

zyrat vendore të ZRPP dhe koordinata te reja për stacionet ishin të nevojshme për t'u llogaritur.

Te dhënat për shtatë seanca 24-orëshe gjatë periudhës 3-9 mars 2014 (ditë e vitit GPS 062-068) u morën në shqyrtim për llogaritjet. Llogaritjet u kryen në IGB08 dhe pastaj u transformuan në ETRS89 (ETRF2000), në epokën qendrore të periudhës së vëzhgimit 6.3.2014 ose 2014.177).

Pas vitit 2019 sistemi AlbPOS u mbyll dhe 6 nga stacionet e tij u inkuadruan dhe u vunë në punë në sistemin e ri AlbCORS i cili menaxhohet dhe mirëmbahet nga ASIG.

3.6.2 Rrjeti Shtetëror i Pozicionimit Global Aktiv dhe Pasiv

Rrjeti Shtetëror i Pozicionimit Global, i mbështetur në sistemet GNSS, është një rrjet esencial për të mundur kontrollin gjeodezik në Shqipëri [35]. Ky rrjet përfaqëson infrastrukturën mbështetëse gjeodezike, e ndërtuar në dy komponentë:

- Rrjeti Shtetëror Aktiv i Pozicionimit Global (ALBCORS);
- Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global;

3.6.2.1 Rrjeti Shtetëror Aktiv i Pozicionimit Global (AlbCORS)

Rrjeti Shtetëror Aktiv i Pozicionimit Global në territorin e Republikës së Shqipërisë përfaqësohet nga rrjeti ALBCORS, i cili është realizuar në Sistemin Referencë Tokësor të Europës ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) dhe në të njëjtën kohë shërben për mirëmbajtjen e kësaj reference në territorin e vendit tonë [35].

Në përbërje të këtij rrjeti janë 21 stacione CORS të ndërtuara me blloqe betoni, 6 stacione CORS (roof type), të integruara nga sistemi i vjetër ALBPOS, dhe një qendër kontrolli e vendosur në ambientet e ASIG.



Figura 6 - Infrastruktura e rrjetit Aktiv GNSS AlbCORS

Rrjeti Shtetëror Aktiv i Pozicionimit Global, ALBCORS, në varësi dhe të metodës së matjeve dhe kushteve ideale të riveimeve GNSS në terren garanton për përdoruesit e tij saktësinë e mëposhtme:

Për metodën RTK $\pm 2 - 3$ cm;

Shërbimi për metodën RTK merret nëpërmjet link-ut : <http://albcors.asig.gov.al:2101>

Për metodën PP ± 1 cm;

Shërbimi për metodën PP merret nëpërmjet link-ut : <ftp://albcors.asig.gov.al:21>



Figura 7 - Pozicioni i stacioneve CORS të rrjetit AlbCORS

Programi i qendrës së monitorimit të ALBCORS përbëhet nga katër module [35]:

- Moduli për operimin, kontrollin, administrimin dhe monitorimin e stacioneve CORS referencë të rrjetit dhe menaxhimin e përdoruesve.
- Moduli për kompensimin dhe llogaritjen e të dhënave (korrekturave) në kohë reale.
- Moduli për post-procesim GNSS.
- Moduli për faqen WEB.

Programi mundëson gjithashtu:

- Regjistrimin e përdoruesve.
- Shkarkimin e të dhënave të stacioneve me intervale të ndryshme (nga 1-30 sekonda) në formatin RINEX (versioni 2 dhe 3).
- Realizimin e zgjidhjeve RTK në rrjet dhe shpërndarjen e korrekturave në kohë reale tek përdoruesit.
- Paraqitjen grafike të:
 - Rezultateve në mënyre vizuale (në monitor)
 - Pozicionimit të përdoruesve

- Mbulesës satelitore për çdo stacion
- Korrekturat (ephemeris data, ionospher, multipath etj)

3.6.2.2 Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global

Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global përbëhet nga dy rende:

Rrjeti Pasiv i Pozicionimit Global, i Rendit të Parë [35]

Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global, i Rendit të Parë përbëhet nga pika të vendosura në mënyrë të tillë që së bashku me pikat e Rrjetit Shtetëror Aktiv të Pozicionimit Global të sigurojnë një shpërndarje pothuajse uniforme në territorin e Shqipërisë. Këto pika do të jenë pika të përbashkëta për të gjitha Rrjetet e Rendit të Parë të rrjeteve që ka në përbërjen e saj Korniza Referuese Gjeodezike Shqiptare (KRGJSH).

Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global, i Rendit të Dytë [35]

Rrjeti Shtetëror Pasiv i Pozicionimit Global, i Rendit të Dytë shërben për dendësimin e Rrjetit Shtetëror Pasiv të Rendit të Parë. Pjesë e këtij rrjeti do të jenë të gjitha pikat e rrjeteve lokale gjeodezike bazë që do të ndërtohen në qendrat e banuara më të rëndësishme [35].

4 REFERENCAT KOORDINATIVE NË GJEODEZI

Ne gjeodezine matematike perdoren disa lloje sistemesh koordinative, nje pjese e te cileve kane karakter vetem *teorik* ndersa pjesa tjeter kane perdorim te gjere praktik. Per nga natyra e parametrave sistemet koordinative ndahen ne :

- *sisteme koordinative vijeperkuleta*, ku parametrat e sistemit jane harqe te lakuara te rrethit apo elipsoidit,
- *sisteme koordinative kendrejta* ku parametrat e sistemit jane segmente (vija te drejta).

Per nga vendi ku ndodhet qendra e sistemit koordinativ ne lidhje me *elipsoidin tokesor*, dallojme:

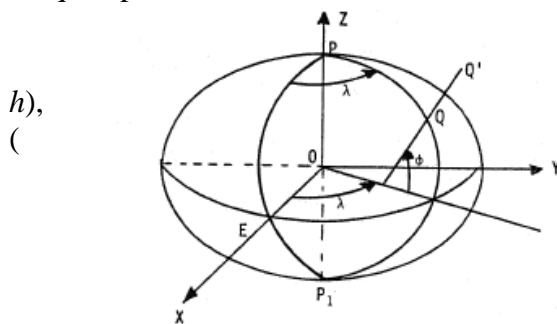
- sisteme koordinatash *gjeocentrike (globale)*
- sisteme koordinatash *topocentrike (lokale)*.

Sistemet *gjeocentrike* te koordinatave e kane qendren e tyre te perputhur me *qendren fizike te masave te tokes*. Deri para daljes se sistemeve satelitore te pozicionimit, sistemet koordinative nuk mund te ishin gjeocentrike .

Sistemet *topocentrike* e kane qendren ne nje *pike te sipërfaqes se tokes*, me pozicion paraprakisht te njohur mbi elipsoid ($\varphi_0, \lambda_0, h_0$ ose X_0, Y_0, Z_0) . Shembull i nje sistemi topocentrik eshte stacioni i matjeve ne gjeodezi.

4.1 Sistemi i koordinatave elipsoidike (gjeodezike) (φ, λ, h)

Ky sistem koordinativ eshte hapsinor (tridimensional), i lidhur me elipsoidin gjeocentrik reference. Eshte sistem *vijeperkulet* sepse parametrat (φ, λ) qe percaktojne pozicionin e pikes Q' mbi sipërfaqen e tokes , (apo projeksionit te saj Q mbi ellipsoid) jane harqe elipsoidike.



Pozicioni i pikes Q' mbi sipërfaqen e tokes percaktohet nga parametrat (φ, λ), qe jane perkatesisht *gjeresia elipsoidike gjeodezike* (φ), *gjatesia elipsoidike (gjeodezike)* (λ) dhe *lartesia elipsoidike h*.

Gjeresia gjeodezike φ - eshte kendi ndermjet normales ndaj sipërfaqes se elipsoidit ne piken Q' dhe rrafshit te

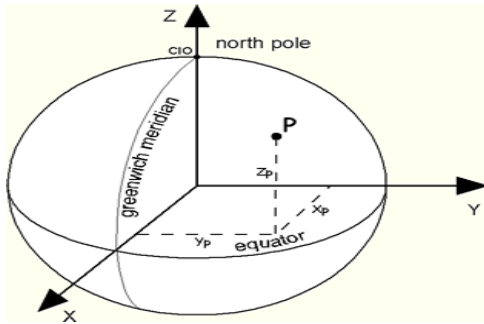
ekuatorit te elipsoidit.

Fig 6 Koordinatat gjeodezike

Gjeresia gjeodezike φ merr vlerat nga 0^0 (ne ekuator) deri $\pm 90^0$ (perkatesisht ne polin e veriut dhe te jugut). Per $\varphi \in [0 \div +90^0]$ kemi *gjeresi veriore* dhe per $\varphi \in [0 \div -90^0]$ kemi *gjeresi jugore*.

Gjatesia gjeodezike λ - është kundi dyfaqesh ndermjet rrafshit te meridianit te pranuar si fillestar (meridiani i Greenwichit, PEP₁) dhe rrafshit te meridianit PQP₁ qe kalon neper piken Q' (Q). Gjatesia gjeodezike merr vlera 0⁰ deri 360⁰. Per vlerat $\lambda \in [0^0 \div 180^0]$ kemi gjatesi gjeodezike lindore dhe per vlerat $\lambda \in [180^0 \div 360^0]$ kemi gjatesi gjeodezike perendimore. Madhesia $h = QQ'$ quhet lartesi elipsoidike. Kur pika ndodhet mbi siperfaqen e elipsoidit (ne piken Q), $h = 0$.

4.2 Sistemi i koordinatave kendrejte hapsinore (X,Y,Z) te elipsoidit



Ky eshte sistem koordinativ hapsinor (tridimensional) linear.

Origjina e sistemit perputhet me qendren e elipsoidit te rrotullimit. Boshti i Z-ve perputhet me gjysemboshtin e vogel te elipsoidit te rrotullimit. Boshti i X-ve fitohet nga nderprerja e rrafshit te meridianit te Greenwich-it (ku

Figura 10 sistemi i koordinatave kendrejte

$\lambda = 0$), me rrafshin e ekuatorit te elipsoidit (ku $\varphi = 0$). Boshti i Y-ve eshte perpendikular me rrafshin e meridianit te Greenwich-it (me rrafshin XZ). Pozicioni i pikes P mbi siperfaqen e elipsoidit, percaktohet nga treshja koordinative (X_P, Y_P, Z_P) , si ne fig. 10. Ky sistem koordinativ eshte global (i pergjithshem) dhe perdoret si reference koordinative e perboteshme

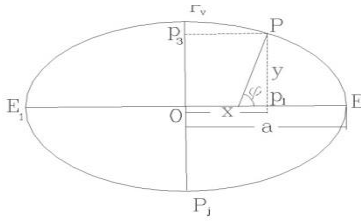
4.3 Sistemet koordinative lidhur me meridianin e pikes

Keto sisteme koordinatash jane te lidhura me elipsin meridional λ , qe kalon neper nje pike te caktuar te siperfaqes se elipsoidit.

Pozicioni i pikes mbi elips, mund te percaktohet me sistemet koordinative vijuese :

- kendrejte (x, y) ,
- me gjeresi elipsoidike (gjeodezike) (φ) ,
- me gjeresi gjeocentrike (ψ) , dhe
- me gjeresi te reduktuar (U) .

4.3.1 Sistemi i koordinatave kendrejte te elipsit meridional



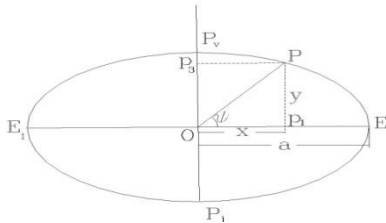
Siç shihet nga pozicioni i nje pike P mbi elipsin e meridianit te pikes eshte plotesisht i percaktuar prej çiftit koordinativ (x,y) , ku $x = \overline{OP_2}$ dhe $y = \overline{P_2P}$

Koordinatat kendrejte te elipsit

4.3.2 Sistemi me gjeresi gjeodezike (φ)

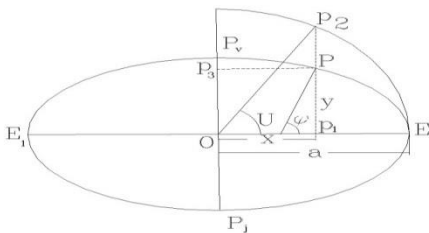
Ne kete sistem gjeresia *gjeodezike* (Fig. 7) eshte kendi ndermjet gjysemboshtit te madh te elipsit (OE) dhe normales se hequr ndaj elipsit qe permban edhe piken P.

4.3.3 Sistemi me gjeresi gjeocentrike (ψ)



Gjeresia *gjeocentrike* ψ eshte kendi ndermjet gjysemboshtit te madh te elipsit, OE dhe rrezes vektore OP e cila bashkon qendren O te elipsoidit me piken P, te elipsit.

4.3.4 Sistemi me gjeresi te reduktuar ose (gjeresi parametrike), (U)

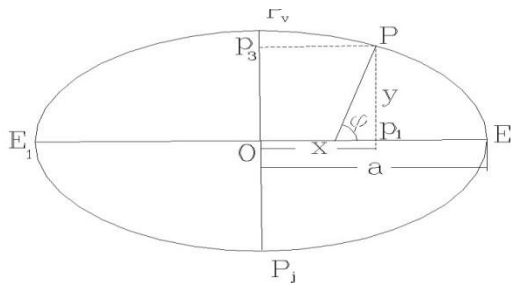


Gjeresia *e reduktuar*, U eshte kendi ndermjet gjysemboshtit te madh te elipsit dhe rrezes OP_2 . Pika P_2 ndodhet ne pikeprerjen e rrethit me rreze sa gjysemboshti i madh a te elipsit dhe te i perpendikualers P_1P

4.4 Mardheniet ndermjet sistemeve koordinative te elipsit meridional

4.4.1 Lidhja ndermjet gjerese elipsoidike (gjeodezike) φ dhe koordinative kendrejte x,y

Nga figura 10 shihet se pozicioni i pikes mbi elipsin e meridianit me gjatesi λ , te sistemit koordinativ kendrejte xoy percaktohet prej absises x dhe te ordinates y .



Meqenese pika P eshte pike e elipsit, koordinatat e saj (x_p, y_p) kenaqin ekuacionin e tij

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

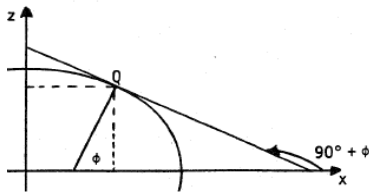
Duke derivuar ekuacionin ne lidhje me x,y marrim:

$$2xdx = -\frac{2ydy}{(1-e^2)}, \quad \text{dhe}$$

$$x = -\frac{1}{(1-e^2)} \frac{dy}{dx}$$

Nga matematika dime se derivati $\frac{dy}{dx}$ eshte i barabarte me kotangjentin e kendit qe formon

tangjentja e hequr ne nje pike (Q) te elipsit, me drejtimin pozitiv te boshtit te absisave x -ve, dmth :



$$\frac{dy}{dx} = \text{ctg}(90 + \varphi) = -\text{tg} \varphi$$

duke zevendesuar gjejme:

$$x = \frac{1}{1-e^2} \text{tg} \varphi$$

Zevendesimi jep:

$$x = \frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}$$

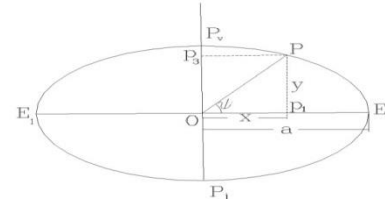
Per te gjetur shprehjen per ordinaten y :

$$y = \frac{a(1-e^2) \sin \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}$$

4.4.2 Lidhja ndermjet gjerese gjeocentrike ψ dhe asaj gjeodezike φ

Nga shohim se : $tg\psi = \frac{y}{x}$

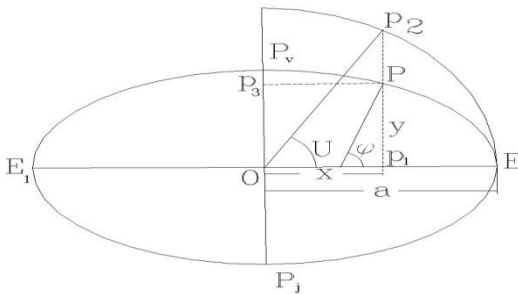
Duke vendosur ne vend te x dhe y te anes se djathte te ekuacionit gjejme lidhjen ndermjet gjereseve ψ dhe asaj φ , si vijon :



$$tg\psi = (1-e^2)tg\varphi$$

$$\psi = \arct g \left((1-e^2)tg\varphi \right)$$

4.4.3 Lidhja ndermjet gjerese se reduktuar (parametrike) U dhe gjerese gjeodezike φ



Nga OP_1P_2 mund te shkruajme

$$y_{P_2} = a \sin U \quad \text{dhe} \quad tgU = \frac{y_{P_2}}{x}$$

$$x = a \cos U$$

Pika P_2 eshte pike e rrethit me reze $r = a$ prandaj koordinatat kendrejte (x_{P_2}, y_{P_2}) te saj kenaqin ekuacionin e ketij rrethi, dmth :

$$x_{P_2}^2 + y_{P_2}^2 = a^2 \quad \text{dhe} \quad y_{P_2}^2 = a^2 - x_{P_2}^2$$

Meqenese pika P ndodhet mbi elips ndersa pika P_2 gjendet mbi rreth, ordinatat e tyre nuk

jane te barabarta, ndersa absisat jane te barabarta. Duhet gjetur lidhja ndermjet ordinates y_{P_2} te pikes P_2 (te rrethit) me ordinaten y_P te pikes P (te elipsit). Per ta gjetur kete lidhje zevendesojme absisen (x) te pikes P_2 , me absisen e pikes P dhe pas veprimeve perkatese marrim:

$$y_{P_2} = a^2 - \frac{a^2 \cos^2 \varphi}{1-e^2 \sin^2 \varphi} = \frac{a^2 - a^2 e^2 \sin^2 \varphi - a^2 \cos^2 \varphi}{1-e^2 \sin^2 \varphi} = \frac{a^2(1-e^2) \sin^2 \varphi}{1-e^2 \sin^2 \varphi} = \frac{b^2 \sin^2 \varphi}{1-e^2 \sin^2 \varphi}$$

ose

$$y_{P_2} = \frac{b \sin \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}$$

Duke vendosur vleren per y_{P_2} marrim:

$$\operatorname{tg} U = \frac{y}{x} = \frac{\frac{b \sin \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}}{\frac{a \cos \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}} = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi = \frac{a \sqrt{1-e^2}}{a} \operatorname{tg} \varphi \quad \text{ose} \quad \boxed{\operatorname{tg} U = \sqrt{1-e^2} \operatorname{tg} \varphi}$$

Ose : $U = \operatorname{arctg}(\sqrt{1-e^2} \operatorname{tg} \varphi)$

4.4.4 Lidhja ndermjet sistemeve koordinative hapsinore te elipsoidit

4.4.4.1 Lidhja ndermjet koordinatave kendrejte (X,Y,Z) dhe atyre gjeodezike (φ, λ, h).

Sipas lidhja ndermjet dy sistemeve vendoset nga barazimet vijuese:

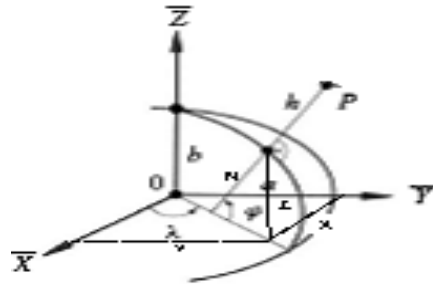
a) Kur pika ndodhet mbi elipsoid ($h = 0$)

$$X = N \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = N \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = (1-e^2)N$$

b) kur pika P ka lartesi $h \neq 0$ prej elipsoidit:



$$X = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = \left[((1-e^2)N + h) \sin \varphi \right]$$

ku $N = a / \sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}$ - do ta shohim se eshte rrezja e lakoresise te vertikalit te pare.

4.4.4.2 Lidhja ndermjet dhe φ, λ, h dhe X,Y,Z (Lidhja e anasjellte)

Njihen dy variantet vijuese te formulave per kthimin e kordinatave kendrejte hapsinore ne koordinata gjeodezike te cila jane:

a) *Formulat me perafrime te njepasnjeshme*

Duke pjestuar dy barazimet e para te dhe duke bere veprimet elementare marrim:

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X}$$

Po te ngreme ne katror te dy anet e te njejtave barazime, dhe duke i mbledhur ane per ane marrim

$$X^2 + Y^2 = (N + h)^2 \cos^2 \varphi,$$

shenojme me $p = \sqrt{X^2 + Y^2}$ dhe marrim:

$$p = (N + h) \cos \varphi$$

Ekuacionin e trete mund ta shkruajme

$$Z = (N + h - e^2 N) \sin \varphi$$

Duke pjestuar ane per ane ekuacionet gjejme:

$$\frac{Z}{p} = \left(1 - \frac{e^2 N}{N + h}\right) \operatorname{tg} \varphi \quad \text{qe nga} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Z}{p} \left(1 - \frac{e^2 N}{N + h}\right)^{-1} \quad \text{ose} \quad \varphi = \operatorname{arctg} \left[\frac{Z}{p} \cdot \left(\frac{N + h}{N(1 - e^2) + h} \right) \right]$$

$$\text{gjejme :} \quad h = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{\cos \varphi} - N$$

Tek ekuacioni (qe sherben per llogaritjen e gjerese gjeodezike φ), shohim se ne anen e djathte ben pjese madhesia N e cila vete eshte funksion i φ -se. Ne kete rast per te gjetur madhesine e kerkuar φ , aplikohet metoda e *perafriemeve te njepasnjeshme* duke filluar nga nje vlere fillestare:

$$\varphi_0 = \operatorname{arctg} \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2} (1 - e^2)}$$

Perafrimet vazhdojne derisa $\varphi_n - \varphi_{n-1} \leq \varepsilon$, (ku n - eshte numri i perafriemeve). Madhesia ε eshte saktesia e deshiruar ne llogaritjen e gjerese, e cila gjykohet nga saktesia qe kerkon detyra konkrete.

b) *Formulat pa perafrieme (Formulat e Bowring-ut).*

Meqenese nxjerrja e hollesishme e ketyre formulave eshte disi e koklavitur, dhe del jashte synimit te tone, prandaj ne vijim po japim vetem formulat perfundimtare per llogaritje qe jane si vijon:

$$\lambda = \operatorname{arctg} \frac{Y}{X} \quad p = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad \theta = \operatorname{arctg} \left[\frac{Z}{p \sqrt{1 - e^2}} \right]$$

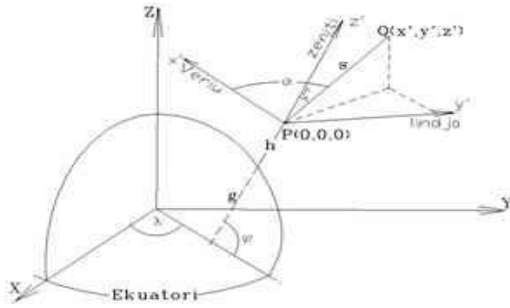
$$\varphi = \operatorname{arctg} \left[\frac{Z + b e^2 \sin^3 \theta}{p - a e^2 \cos^3 \theta} \right] \quad h = \frac{p}{\cos \varphi} - N$$

Ne formulat e sipërme bejne pjese elementet me kuptimet vijuese:

- θ – madhesi ndihmese fillestare analoge me φ_0 tek
- b - gjysemboshti i vogel i elipsoidit mbeshtetes
- e^2 - jashtqendersia e pare e elipsoidit
- e^2 - jashtqendersia e dyte e elipsoidit

Saktesia e llogaritjes se madhesive φ, λ, h me formulat Bowring eshte me e vogel se formulat me perafrieme te njepasnjeshme kur lartesia h eshte e madhe.

4.4.5 Sistemi i koordinatave hapsinore Topocentrike – (horizontale)



zeniti gjeodezik (dmth shtrihet ne rrafshin e meridianit gjeodezik te pikes P),

Fig 16 sistemi i koord topocentrike

Qendra e ketij sistemi eshte ne pike P te siperfaqes se tokes, me koordinata fillestare elipsoidike (Φ_0, Λ_0, h_0) , ose me koordinata kendrejte (X_0, Y_0, Z_0) . Pika P, quhet origjine elipsoidike e sistemit topocentrik.

Boshti z' i sistemit topocentrik eshte vazhdim i normales ndaj siperfaqes se elipsoidit ne piken P, boshti x' drejtohet per nga

ndersa boshti y' (drejtohet per nga lindja, perpendikular me rrafshin e meridianit gjeodezik te pikes P), duke formuar nje sistem koordinativ te majte. Sistemi njihet edhe me emertimin *Sistem i koordinatave horizontale*.

Koordinatat topocentrike te nje pike Q (x', y', z') e siperfaqes se tokes ne sistemin topocentrik, kur matim largesine e pjerret l , azimutin gjeodezik α , dhe largesine zenitale ζ per ne piken Q, jepen me ekuacionin:

$$s = \begin{bmatrix} \Delta x_Q \\ \Delta y_Q \\ \Delta z_Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} l \begin{bmatrix} \cos \alpha \sin \zeta \\ \sin \alpha \sin \zeta \\ \cos \zeta \end{bmatrix}$$

Ku s eshte vektori i pikes Q ne sistemin lokal.

Shihet nga fig. 16 se te dy sistemet kane orjentim hapsinor te ndryshem dhe per tu perputhur me njeri - tjetrin duhen bere rrotullime te boshteve me nje matrice rrotullimi . Shtesat koordinative te vektorit s ne sistemin lokal $(\Delta x_Q, \Delta y_Q, \Delta z_Q)$, duhen transformuar ne shtesat

koordinative

$(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ te vektorit S te sistemit gjeocentrik (elipsoidik) sipas rrotullimeve vijuese:

$$S = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = R_z(180^\circ - \Lambda) \cdot R_y(90^\circ - \Phi) \cdot s = R \cdot s ; \text{ ose } S = R \cdot s$$

ku:

$$R = \begin{bmatrix} -\sin \Phi \cos \Lambda & -\sin \Lambda & \cos \Phi \cos \Lambda \\ -\sin \Phi \sin \Lambda & \cos \Lambda & \cos \Phi \sin \Lambda \\ \cos \Phi & 0 & \sin \Phi \end{bmatrix}$$

eshte matrica e plote e rrotullimit si perberese e matricave te rrotullimit R_z , R_y , rreth boshteve Z dhe Y. Duke zevendesuar madhesite R dhe s gjejme:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = l \cdot \begin{bmatrix} -\sin \Phi \cos \Lambda & -\sin \Lambda & \cos \Phi \cos \Lambda \\ -\sin \Phi \sin \Lambda & \cos \Lambda & \cos \Phi \sin \Lambda \\ \cos \Phi & 0 & \sin \Phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha \sin \zeta \\ \sin \alpha \sin \zeta \\ \cos \zeta \end{bmatrix}$$

Duke kryer shumezimin e matrices R me vektorin s te anes se djathte, marrim shitesat koordinative te vektorit S ne sistemin global , si vijon:

$$\Delta X = l \sin \zeta \left[\cos \Lambda (\cos \Phi - \sin \Lambda) - \sin \Lambda \right] (\cos \alpha + \sin \alpha + ctg \zeta)$$

$$\Delta Y = l \sin \zeta \left[\cos \Lambda (1 + \cos \Phi) - \sin \Phi \sin \Lambda \right] (\cos \alpha + \sin \alpha + ctg \zeta)$$

$$\Delta Z = l \sin \zeta (\cos \Phi + \sin \Phi) (\cos \alpha + \sin \alpha + ctg \zeta)$$

Koordinatat e pikes Q ne sistemin gjeocentrik X,Y,Z te shprehura vektorialisht do te jene:

$$\begin{bmatrix} X_Q \\ Y_Q \\ Z_Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

ku: - $\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$ jane koordinatat e qendres se sistemit lokal ne sistemin elipsoidik gjeocentrik (X,Y,Z).

4.4.5.1 Kthimi i anasjellte

Shprehja per madhesite e matura (l, α, ζ) , si funksione te differencave te koordinatave $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ dhe koordinatave elipsoidike te pikes fillestare (Φ, Λ, h) , eshte si vijon:

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} ,$$

$$\alpha = \arctg \left(\frac{-\sin \Lambda \cdot \Delta x + \cos \Lambda \cdot \Delta y}{-\sin \Phi \cos \Lambda \cdot \Delta x - \sin \Phi \sin \Lambda \cdot \Delta y + \cos \Phi \cdot \Delta z} \right) ,$$

$$\zeta = \arccos \left[\frac{1}{l} (\cos \Phi \cos \Lambda \cdot \Delta x + \sin \Phi \sin \Lambda \cdot \Delta y + \sin \Phi \cdot \Delta z) \right]$$

5 NDËRTIMI I RRJETEVE AKTIVE GNSS DHE SPECIFIKIMET TEKNIKE TË SISTEMIT TË NJË RRJETI AKTIV CORS.

5.1 Implementimi i rrjeteve të përhershme aktive GNSS.

5.1.1 Rikonicion në terren për njohjen e pozicionit të monumenteve

Rikonicioni në terren për njohjen e pozicionit të monumenteve, furnizimin me energji elektrike dhe përcaktimi i pozicionit të vendosjes së infrastrukturës së stacionit, është një nga etapat kryesore gjatë implementimit të rrjeteve aktive GNSS.

Gjatë kësaj faze specialistët do të njihen me pozicionin e monumenteve të stacioneve CORS aktive, për të cilat duhet pasur parasysh:

- Të vendosen në vende të studiuara, si dhe pamja nga qielli rekomandohet të jetë e pakufizuar në të gjitha drejtimet në lartësinë 150 nga horizonti.
- Të eliminohen sipërfaqet e mundshme reflektuese që shkaktojnë "multipath" të sinjalit satelitor.
- Të eliminohen ndërhyrjet e tepruara të frekuencave të radiove.
- Të eliminohen sipërfaqet reflektuese të tepruara.

5.1.2 Ndërtimi i stacioneve në terren

Ndërtimi i stacioneve në terren mund të kryhet duke ndërtuar monumentet ku do të instalohet antena dhe kutia më pajisjet GNSS, ose duke i vendosur të stacionuar nëpër cepat e ndërtesave me fushëpamje të gjerë. Në *Figura 8* e mëposhtme tregohen disa stacione të ndërtuara në rrjetin aktiv në Kosovë.







Figura 8 - Stacionet e bazave CORS

5.1.3 Sigurimi i infrastrukturës së nevojshme të çdo stacioni CORS dhe montimi i tyre.

5.1.3.1 Pajisjet e stacioneve të rrjetit aktiv të pozicionimit global CORS

Infrastruktura e 1(një) stacioni CORS të rrjetit aktiv të pozicionimit global do të përbëhet nga pajisjet e mëposhtme sipas Tabela 2

Tabela 2 - Përbërësit e stacioneve bazë të rrjetit aktiv të pozicionimit global CORS

PËRBËRËSIT E STACIONIT BAZË

1	Marrës GNSS
2	Antenat GNSS
3	Mjetet e komunikimit
4	Sistemet e ushqimit me energji
5	Programe për komandimin e stacionit
6	Pajisje mbrojtëse nga shkarkimet elektrike (rrufe)
7	Kasë (rack) për mbrojtjen e pajisjeve në çdo stacion

Kushtet që duhet të plotësojnë marrësat (GNSS):

- Të jetë i aftë të gjurmojë satelitë deri në lartësinë 0o nga horizonti.

- Të kapin sa më shumë sinjale të satelitëve nga të gjithë sistemet satelitore, (të gjurmohen satelitët e sistemit GPS, GLONASS, GALILEO) si dhe të kenë mundësi azhurnimi për regjistrimin e sinjaleve nga sistemet e reja satelitore.
- Duhet të kapin mundësisht sinjale nga sistemi GPS (L1, L2, L2C & L5), GLONASS (L1, L2), GALILEO (E1, E5a, E5b, E6) të cilat shërbejnë për matjen e fazave dhe kodeve.
- Të ketë të paktën 400 kanale.
- Regjistrimi i të dhënave të bëhet me min. 50Hz interval.
- Të ketë memorie të brendshme për të mundësuar regjistrimin e dhënave deri në 1 javë me interval regjistrimi 1 sekondë dhe 12 satelitë minimumi 32GB.
- Të jetë i pajisur me bateri të brendshme dhe me portë për bateri të jashtme.
- Të ketë porta si: për antenën ChokeRing, komunikimin me pajisjet e kompjuterit (USB etj), internetit, SimCart, Bluetooth, 2 porta për furnizimin me energji të jashtme, portë për transmetimin në kohë reale të të dhënave, tek kompjuteri i monitorimit (nëpërmjet IP).
- Të ketë opsione funksionale: Web Services, NTRIP Server dhe funksionalitete për përdoruesit gjatë matjeve fushore, lidhje online me stacionet referencë në rrjet, monitorim (kontroll) në distancë, llogaritjen dhe shpërndarjen e parametrave të korigjimit në kohë reale.
- Të jetë funksionale për mbajtjen e aparaturës në komunikim në kohë reale me qendrën e monitorimit.
- Të gjenerojë formatet minimalisht: RTCM 2.x dhe RTCM 3.x.
- Të punojë në kushte temperaturash -40 deri 60°C.
- Të sigurojë mbrojtje nga uji, rëra, pluhuri etj. (standardi IP67).

Kushtet që duhet të plotësojnë antenat (GNSS):

- Të jenë të kalibruara në mënyrë absolute individuale sipas standardeve ndërkombëtare (IGS) dhe të shoqëruara me certifikatën e kalibrimit nga subjekte që plotësojnë kërkesat e IGS, kjo për arsye që më pas rrjeti të ketë mundësi që të integrohet sa më kollaj me rrjetin European ETRF apo ndërkombëtar IGS.
- Stabiliteti i qendrës së fazës < 1mm.
- Të jetë e pajisur me mbrojtëse (radome).
- Modeli duhet të jetë "Choke-ring".
- Të jetë e aftë të gjurmohet sinjalet e të gjithë konstelacioneve satelitore GPS (L1, L2, L2C & L5), GLONASS (L1, L2), GALILEO (E1, E5a, E5b, E6) si dhe të kenë mundësi azhurnimi për regjistrimin e sinjaleve nga sistemet e reja satelitore..

Montimi i antenave:

Një pajisje (montues antene CORS) duhet të montohet midis antenës dhe monumentit në mënyrë të tillë që:

- Antena të nivelohet dhe të orientohet nga Veriu;

- Gjatë fazës së ndërtimit të pikës duhet patur parasysh që të realizohet mundësia që antena të montohet dhe çmontohet nga monumenti me precizon 0.1mm sipas rekomandimeve të EUPOS.
- Gjithashtu duhet të përcaktohet distanca midis ARP (Antenna Reference Point) dhe referencës vertikale të pllakës (d.m.th. lartësinë e antenës) për çdo stacion.

Matjet, përpunimi, llogaritja e koordinatave të rrjetit aktiv të pozicionimit global CORS dhe testimi i qëndrueshmërisë së këtij rrjeti, sipas matjeve në terren.

5.2 Pajisjet e stacionit të rrjetit aktiv

- Marrës GNSS
- Antenat GNSS
- Mjetet e komunikimit
- Sistemet e ushqimit me energji
- Programe për komandimin e stacionit
- Pajisje mbrojtëse nga shkarkimet elektrike (rrufe)
- Kasë (rack) për mbrojtjen e pajisjeve në çdo stacion



Figura 9 - Pajisjet e stacionit CORS

5.3 Sistemet softuer për menaxhimin e rrjeteve aktive.

Programi duhet të përbëhet nga module të detyrueshme si më mëposhtë:

- Moduli për operimin, kontrollimin, administrimin dhe monitorimin e stacioneve CORS referencë të rrjetit aktiv të pozicionimit global.
- Moduli për kompensimin dhe llogaritjen e të dhënave (korrekturave) në kohë reale (RTK).
- Moduli për llogaritjen e koordinatave me metodën statike (post-procesim)

5.3.1 Moduli për operimin, kontrollin, administrimin dhe monitorimin e stacioneve CORS

Moduli për operimin, kontrollin, administrimin dhe monitorimin e stacioneve CORS, të rrjetit aktiv të pozicionimit global mundeson:

- Monitorimin dhe administrimin e të gjithë rrjetit aktiv të pozicionimit global
- Monitorimin e stacioneve referencë;
- Monitorimin e influencën se “multipath-it”;
- Kontrollin e kualitetit të performancës të stacioneve (marrësit);
- Vizualizimin në kohë reale të rrjetit dhe rover-ave;
- Dërgimin e të dhënave të matura në program për procesimin e të dhënave dhe llogaritjen e parametrave (korrekturave) në kohë reale;
- Menaxhimin dhe shpërndarjen e shërbimeve për:
- Korrekturat në kohë reale,
- Të dhënat RINEX,
- Protokollin NTRIP (integrated client, server and caster);
- Dërgimi i të dhënave në kompjuter për ruajtje në formatin RINEX;

5.3.2 Moduli për kompensimin dhe llogaritjen e të dhënave (korrekturave) në kohë reale (RTK)

Moduli për kompensimin dhe llogaritjen e të dhënave (korrekturave) në kohë reale (RTK) mundeson:

- Operimin dhe disponueshmërinë e stacioneve CORS referencë, shpërndarjen dhe marrjen e të dhënave RINEX, shpërndarjen e korrekturave.
- Zgjidhja është e përdorshme në aplikimet e përditshme të pajisjeve GNSS që janë të disponueshme gjerësisht në treg;
- Zgjidhje multi-frekuencore RTK në bazë të matjeve fazore (zgjidhje në rrjet),
- Zgjidhje DGPS në bazë të matjeve fazore dhe kodit (zgjidhje në rrjet),
- Statusi i funksionimit dhe operimit të sistemit GNSS në kohë reale,
- Korrekturat në kohë reale (RTCM 2, RTCM 3 etj),
- Llogaritjen e korrekturave në kohë reale në bazë të procedurave të mëposhtme:
 - VRS (Virtual Reference Station),

- FKP (Flächen Korrektu Parameter),
- MAC (Master Auxiliary Concept);

5.3.3 Moduli për llogaritjen e koordinatave me metodën statike (post-procesim)

Moduli për llogaritjen e koordinatave me metodën statike (post-procesim) shërben për:

- post-procesimin e të dhënave të matura Statike dhe RTK;
- Procesim të të dhënave RAW/RINEX;
- Kompensim të rrjetit;
- Kompensim të të dhënave GNSS;
- Eksportim të të dhënave në formatin RINEX.

6 NJOHURI MBI KOMPENSIMIN E RRJETEVE TË GNSS.

6.1 Matjet GNSS

Në thelb, sistemet satelitore globale të navigimit veprojnë duke vëzhguar distancat nga marrësit e vendosur në stacionet tokësore të vendeve të panjohura deri në orbitimin e satelitëve GNSS, pozicionet e të cilëve janë saktësisht të njohura. Midis tyre është procesi i observimit të distancave dhe fakti se stacionet e kontrollit të përdorura në punën e GNSS janë satelitët, të cilët heqin nevojën për shikueshmërinë midis stacioneve [36].

Distancat janë të përcaktuara në vëzhgimin e GNSS duke marrë vëzhgime në këto sinjale satelitore të transmetuara. Përdoren dy procedura të ndryshme vëzhgimi: pozicionimi me pseudo-largësi, dhe pozicionimi nga vëzhgimet e zhvendosjes së fazës. Pseudo-largësia përfshin përcaktimin e distancave midis satelitëve dhe marrësve duke vëzhguar pikërisht kohën që duhet sinjaleve të transmetuara për të udhëtuar nga satelitët në marrësit në tokë. Me shpejtësinë dhe kohën e udhëtimit të sinjaleve të njohura, Pseudo-largësitë mund të llogariten. Së fundi, bazuar në këto shtrirje, pozicionet e stacioneve tokësore mund të llogariten. Për shkak se Pseudo-largësia është e bazuar në vëzhgimin e kodeve të zhurmës pseudo-rastësore (PRN), kjo teknikë e vëzhgimit GPS është gjithashtu shpesh i referuar si procedura e matjes së kodit.

Në procedurën transportuese të zhvendosjes së fazës, sasi të vërejtura janë ndryshimet e fazës që ndodhin si rezultat i valës transportuese që udhëton nga satelitët në pranues. Parimi është i ngjashëm me metodën e zhvendosjes së fazës të përdorur nga instrumentet elektronikë të matjes së distancës [36]. Megjithatë, një ndryshim i madh është se satelitët po lëvizin dhe sinjalet nuk u kthehen transmetuesve për matjet "e vërteta" të ndërrimit të fazave. Në vend të kësaj, ndërrimet e fazës duhet të vërehen tek marrësit. Por për të bërë vëzhgime të vërteta me ndërrim fazash, orët në satelitë dhe pranues do të duhej të sinkronizohen në mënyrë të përkryer, gjë që, natyrisht, nuk mund të arrihet.

Një problem tjetër në bërjen e vëzhgimeve të fazës së bartësit është se vetëm zhvendosja e fazës së ciklit të fundit të valës bartëse është vërejtur, dhe numri i cikleve të plota në distancën e udhëtimit është i panjohur. Megjithatë, duke zgjeruar teknikën e diferencimit në atë që quhet diferencim i trefishtë, ky ambiguitet në numrin e cikleve anulon jashtë zgjidhjes. Diferencimi i trefishtë konsiston në diferencimin e rezultateve të dy dallimeve të dyfishta, dhe kështu përfshin bërjen e vëzhgimeve në dy kohë të ndryshme në dy satelitë nga dy stacione [36].

Në vend që të kryejë një diferencim të trefishtë, një teknikë më e zakonshme e përdorur në softuerin e sotëm për të përcaktuar ambiguitetin, është zhvillimi i rrezeve të mundshme për secilën gamë të ambiguitetit. Këto shtrirje janë analizuar duke përdorur kombinime të ndryshme nga kompensimi i katrorëve më të vegjël. Objektivi përfundimtar është përcaktimi i kombinimit më të mundshëm të shtrirjes që siguron zgjidhjen më të mundshme për pozitën e marrësit.

Në praktikë, kur vëzhgimet janë bërë duke vëzhguar fazat e bartësit, katër ose më shumë satelitë janë vërejtur njëkohësisht duke përdorur dy ose më shumë marrës të vendosur në stacionet tokësore. Kjo prodhon një numër shumë të madh të vëzhgimeve të tepërta, nga të cilat shumë kombinime diferencash mund të llogariten [36].

Nga dy procedurat e vëzhguara GNSS, pseudo-largësia jep një rend disi më të ulët të saktësisë, por ajo është e preferuar për përdorimin e navigimit, sepse ajo jep pozicione të çastit pikë të saktësisë të kënaqshme. Teknika e fazës së bartësit prodhon një rend më të lartë saktësie dhe për këtë arsye është zgjedhja për aplikimet e vëzhgimeve me precizion të lartë. Kompensimi i vëzhgimeve GNSS të fazës bartëse është subjekt i këtij kapitulli.

Teknikat e diferencimit të përdorura në vëzhgimet e fazës së bartësit, të përshkruara shkurtimisht më sipër, nuk japin pozicione direkt për pikat e zënë nga marrësit. Përkundrazi, janë përcaktuar vijë-baza (distanca vektoriale midis stacioneve). Këto vijë-basa janë të përpunuar në terma të komponentëve të tyre të ndryshimit koordinativ ΔX , ΔY , dhe ΔZ . Këto dallime koordinative janë raportuar në sistemin e koordinatave tre-dimensionale drejtkëndëshe [36].

Për të përdorur procedurën e vëzhgimit të fazës së transportuesit GNSS, së paku dy marrës të vendosur në stacione të veçanta duhet të operojnë njëkohësisht [36]. Për shembull, të supozojmë se dy stacione A dhe B ishin të zënë për një seancë vëzhguese, se stacioni A është një pikë kontrolli, dhe se stacioni B është një pikë e pozicionit të panjohur. Sesioni do të japë diferencat koordinativë ΔX_{AB} , ΔY_{AB} , dhe ΔZ_{AB} midis stacioneve A dhe B. Koordinatat X, Y, Z të stacionit B pastaj mund të përftohen duke shtuar komponentët bazë në koordinatat e A, si

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB} \\ Z_B &= Z_A + \Delta Z_{AB} \end{aligned} \qquad \text{Ek. 74}$$

Për shkak se vëzhgimet e fazës së bartësit nuk japin pozicione të pikës drejtpërdrejt, por përkundrazi japin komponente bazë, kjo metodë e vëzhgimit të GNSS-së është referuar si pozicionim relativ. Në praktikë, shpesh më shumë se dy marrës përdoren njëkohësisht në pozicionimin relativ, i cili bën të mundur që më shumë se një bazë të përcaktohet gjatë çdo sesioni vëzhgimi. Në këtë procedurë, të paktën një marrës është lënë në një nga stacionet e okupuara më parë [36]. Duke përdorur këtë teknikë, mund të krijohet një rrjet i pikave të ndërlidhura. Figura 14 ilustron një shembull të një rrjeti GNSS. Në këtë shifër, stacionet A dhe B janë stacione kontrolli, dhe stacionet C, D, E dhe F janë pika të pozicioneve të panjohura. Krijimi i rrjeteve të tilla është një procedurë e zakonshme e përdorur në punën e pozicionit relativ GPS.

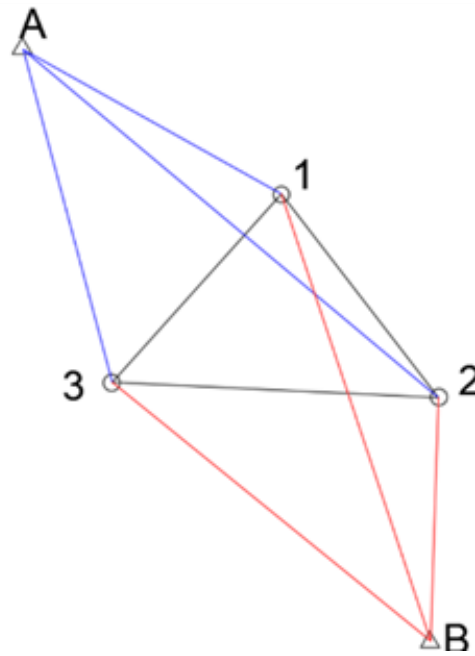


Figura 10 - Rrjeti gjeodezjik GNSS

6.2 Gabimet në matjet GNSS dhe nevoja për kompensim

Si në të gjitha llojet e vrojtimeve, vëzhgimet e GNSS përmbajnë gabime [36]. Burimet kryesore të këtyre gabimeve janë (1) gabimet orbitale në satelitet, (2) gabimet e transmetimit të sinjalit për shkak të kushteve atmosferike, (3) gabimet e marrësit, (4) gabimet “multi-path” (sinjalet që pasqyrohen në mënyrë që ata të udhëtojnë rrugë të tërthorta nga sateliti në marrës), dhe (5) gabimet të antenave pranuese të gabuara mbi stacionin tokësor, dhe në lartësinë e matjes së gabimeve mbi stacionin. Fakti që gabimet janë të pranishme në vëzhgime e bën të nevojshme të analizohen vëzhgimet për pranimin ose refuzimin [36]. Gjithashtu, ngaqë janë bërë vëzhgime të tepërta, ato duhet të rregullohen në mënyrë që të gjitha vlerat e vërejtura të jenë të qëndrueshme.

Në rilevimet GNSS ku vëzhgimet janë bërë duke përdorur fazat bartëse, ka dy etapa ku metoda e katrorëve më të vegjël aplikohet. E para është në përpunimin e vëzhgimeve të tepërta të zhvendosjes së fazës së bartësit për të marrë komponentët e rregulluar të bazës (ΔX , ΔY , ΔZ), dhe e dyta është në rregullimin e rrjeteve të stacioneve ku janë vërejtur komponentët bazë. Ky rregullim i fundit trajtohet më hollësisht më vonë në kapitull.

6.3 Aplikimi i metodës së katrorëve më të vegjël në llogaritjen e të dhënave GNSS

Siç u tha më parë, kompensimi me metodën e katrorëve më të vegjël përdoret në dy etapa të ndryshme në përpunimin e vëzhgimeve GNSS të zhvendosjes fazore [36]. Së pari,

aplikohet në rregullimin që jep komponentet bazë midis stacioneve nga vëzhgimet e fazës së transportuesit të tepërt. Kujtoni se në këtë procedurë përdoren teknikat e diferencimit për të kompensuar gabimet në sistem dhe për të zgjidhur ambiguitetin e ciklit. Në zgjidhje janë shkruar ekuacionet e vëzhgimit që përmbajnë dallimet në koordinatat midis stacioneve si parametra [36]. Për më tepër, shumë vëzhgime të përsëritura merren. Ky sistem ekuacionesh zgjidhet nga metoda e katrorëve më të vegjël për të përfutur përbërësit më të mundshëm ΔX , ΔY , ΔZ të vektorëve të bazës.

Softueri i pajisur nga prodhuesit e marrësve GNSS do të përpunojë ndryshimet e vëzhguara të fazës për të formuar ekuacionet e vëzhgimit diferencues, do të kryejë kompensimin sipas metodës TKV dhe do të nxjerrë komponentët e rregulluar të vektorit bazë.

Faza e dytë ku kompensimi sipas metodës TKV është vënë në funksion për përpunimin e vëzhgimeve të GNSS është në rregullimin e komponentëve vektoriale bazë në rrjete. Ky kompensim bëhet pasi të përfundojë kompensimin sipas metodës TKV të vëzhgimeve bartëse-fazore. Bëhet edhe në sistemin koordinativ gjeocentrik X_e , Y_e , Z_e . Në rregullimet e rrjetit, qëllimi është që të bëhen të gjitha koordinatat X (dhe të gjitha diferencat në koordinatën X) të qëndrueshme në të gjithë figurën. I njëjti objektivi vlen për të gjitha koordinatat Y dhe për të gjitha koordinatat Z. Për shembull, shqyrtojmë rrjetin GPS të paraqitur në Figura 14. Ai përbëhet nga dy stacione kontrolli dhe katër stacione, koordinatat e të cilëve duhet të përcaktohen. Një përmbledhje e vëzhgimeve bazë të përfutura nga kompensimi sipas metodës TKV i vëzhgimeve të zhvendosjeve të fazave për këtë rrjet është dhënë në Tabelën 17.1. Elementet e matricave të kovariances që janë të listuara edhe në Tabelën 17.1 përdoren si pesha të vëzhgimeve [36].

Tabela 3 – Vijëbazat e vëzhguara për rrjetin e figures 14

Vijë-baza		ΔX	ΔY	ΔZ	S_{xx}	S_{xy}	S_{xz}	S_{yy}	S_{yz}	S_{zz}
Fillimi	Mbarimi									
A	1	-113498.5261	113721.0947	81617.3963	5.00E-04	3.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	2.90E-04	6.00E-04
A	2	-117137.3664	114512.8065	85235.2527	6.20E-04	3.00E-04	3.50E-04	3.70E-04	2.70E-04	5.60E-04
A	3	-114334.5047	108659.9868	84389.2870	6.00E-04	3.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	3.00E-04	6.00E-04
B	1	60536.4278	76093.6371	-91950.5832	7.40E-04	3.70E-04	5.00E-04	4.40E-04	2.80E-04	7.40E-04
B	2	56897.6783	76885.3093	-88332.7211	7.80E-04	4.40E-04	4.90E-04	4.90E-04	3.60E-04	6.70E-04
B	3	59700.4335	71032.5333	-89178.6595	7.30E-04	3.90E-04	4.90E-04	4.60E-04	3.00E-04	6.60E-04
1	3	-835.9800	-5061.0972	2771.9076	4.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
2	1	3638.7426	-791.6604	-3617.8595	3.40E-04	1.90E-04	2.30E-04	2.00E-04	1.60E-04	3.10E-04
2	3	2802.7602	-5852.7678	-845.9497	3.50E-04	2.00E-04	2.40E-04	2.10E-04	1.70E-04	3.30E-04

6.4 Llogaritjet paraprake në rrjetet GNSS.

Para se të kompensohen rrjetet GNSS, duhet të ndiqen një sërë procedurash për të analizuar të dhënat për konsistenca të brendshme dhe për të eliminuar gabime të mundshme. Për këto analiza nuk nevojiten pika kontrolli. Në varësi të vëzhgimeve aktuale të marra dhe

gjeometrisë së rrjetit, këto procedura mund të përbëhen nga analizimet (1) dallimet midis komponentëve të fiksuar dhe të vëzhguar bazë, (2) dallimet midis vëzhgimeve të përsëritura të të njëjtit përbërës bazë, dhe (3) mosmbylljet e rrjetit. Pas bërjes së këtyre analizave, zakonisht kryhet një rregullim minimalisht i detyruar që do të ndihmojë në izolimin e çdo mjegulle që mund t'i ketë shpëtuar një sërë analizash të para. Procedurat për bërjen e këtyre analizave përshkruhen në nënseksionet e mëposhtme [36].

6.4.1 Analiza e matjeve fikse të bazës

Dobia e bërjes së këtyre vëzhgimeve është verifikimi i saktësisë si të sistemit vëzhgues GNSS ashtu edhe të kontrollit që mbahet i fiksuar [36]. Është e qartë se më të vogla janë mospërputhjet midis gjatësive bazë të vërejtura dhe atyre të njohura, që do të thotë vëzhgime më të sakta. Nëse mospërputhjet janë shumë të mëdha për t'u toleruar, kushtet që shkaktojnë ato duhet të hetohen përpara se të procedojnë më tej. Për të përpunuar vlerat fikse, koordinatat gjeocentrike X_e , Y_e , Z_e të dy stacioneve të kontrollit përcaktohen së pari nga koordinatat e tyre gjeodezike sipas procedurave të diskutuara në Kap.3. Pastaj janë përcaktuar dallimet ΔX , ΔY , ΔZ midis koordinatave X_e , Y_e , Z_e për dy stacionet e kontrollit [36]. Më në fund dallimet, shprehen në pjesë për milion (ppm). Një përcaktim i pranimit të ppm të llogaritur mund të vlerësohet bazuar në standardet e publikuara si Nënkomiteti Federal i Kontrollit Gjeodezik Standardet dhe Specifikimet e Saktësisë Gjeodezike Gjeometrike për Përdorimin e Teknikave të Pozicionimit Relativ GPS.

6.5 Kompensimi i rrjeteve GNSS.

Një nga metodat që përdoret për kompensimin e rrjeteve GNSS është kompensimi i vektorëve të vijë-bazave të matura ndërmjet pikave të një rrjeti gjeodezik. Një vijë-baze matet duke përdorur metodën statike të pozicionimit, ku përkatësisht në dy pikat e vijës vendosen dy marres GPS. Zakonisht një nga pikat mund të jete pikë e njohur ose e matur për një kohe relativisht të gjatë. Përpara se të realizohet procesi i kompensimit të një rrjeti GNSS ku janë matur vijë-bazat përkatëse midis pikave të rrjetit, duhet që për secilën nga vijë-bazat të realizohet paraprakisht përpunimi i llogaritjeve të vijë-bazave të matura.

Pas llogaritjes së një vijë-baze A-B ku pika A është pikë e njohur do të merret vektori AB i korrigjuar. Përkatësisht do të merren ΔX , ΔY dhe ΔZ të llogaritura. Njëkohësisht nga raporti i përpunimit të llogaritjeve do të merret edhe g.m.k për σ_x , σ_y , σ_z . Duke qenë se vektorët e vijë-bazave në rrjet maten në mënyrë të pavarur g.m.k për ΔX , ΔY dhe ΔZ do të jenë të ndryshme për secilën vijë-bazë.

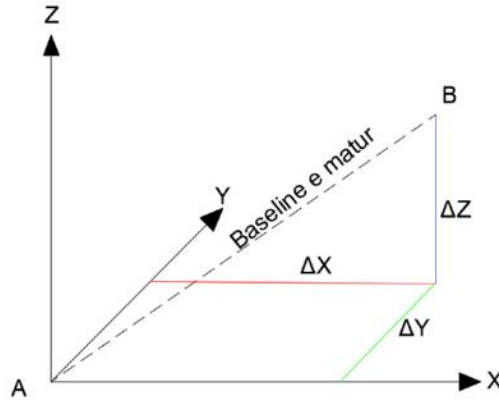


Figura 11 - Skema e vijë-bazës së matur

Kompensimi i rrjetit duhet të kryhet në mënyrë të tillë, që korrigjimet të shpërndahen në mënyrë proporcionale për secilën nga pikat e rrjetit. Forma e ekuacionit të gabimit do të jete e tille [36]:

$$\begin{aligned} X_1 - X_A &= \Delta X_{A-1} + v_{X_{A-1}} \\ Y_1 - Y_A &= \Delta Y_{A-1} + v_{Y_{A-1}} \\ Z_1 - Z_A &= \Delta Z_{A-1} + v_{Z_{A-1}} \end{aligned} \quad \text{Ek. 75}$$

Për çdo vijë-bazë do të na formohen 3 ekuacione. Ekuacionet do të shtrohen për të gjithë vije-bazat e matura. Në rastin konkret do të formohen 18 ekuacione. Në formë matricore ekuacionet e gabimeve do të jenë:

$$W \cdot A \cdot X = W \cdot L + W \cdot V \quad \text{Ek. 76}$$

Ku: W është matrica e peshave të vijë-bazave të matura. Kjo matricë del nga inversi i matricës së koeficientëve të peshave të vektorit të llogaritur për vijë-bazën e matur. Ajo është një matricë katrore (3x3):

$$\Sigma = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{bmatrix} \quad \text{Ek. 77}$$

$$W = \Sigma^{-1} \quad \text{Ek. 78}$$

Bazuar mbi teorinë e katroreve më të vegjël $[WV] = \min$, kalojmë në zgjidhjen e sistemit normal ku gjejmë koordinatat e kompensuar për pikat e rrjetit.

$$X = N^{-1} \cdot A^T \cdot W \cdot L \quad \text{Ek. 79}$$

Ku: vektori X do të na japë përkatësisht koordinatat e kompensuara të pikave të rrjetit tonë GNSS [36].

7 PËRCAKTIMI I POZICIONIT TË PIKAVE TE NJË RRJETI GNSS DUKE U MBËSHTETUR NË RRJETIN PERMANENT EUROPIAN GNSS EUREF (EPN)

Rrjeti i Përhershëm EUREF (EPN) është një rrjet i stacioneve GNSS permanente që janë krijuar në 1995 me qëllimin kryesor për të mbështetur dhe përmirësuar mirëmbajtjen të Sistemit Evropian të Referencës Tokësore (ETRS89) dhe realizimet e tij të njëpasnjëshme [37]. EPN operohet nën ombrellën e EUREF, IAG (Shoqata Ndërkombëtare e Gjeodezisë) nën-komisioni për Evropën, i integruar në nën-komisionin IAG 1.3, Kornizat e Referencës Rajonale [38].

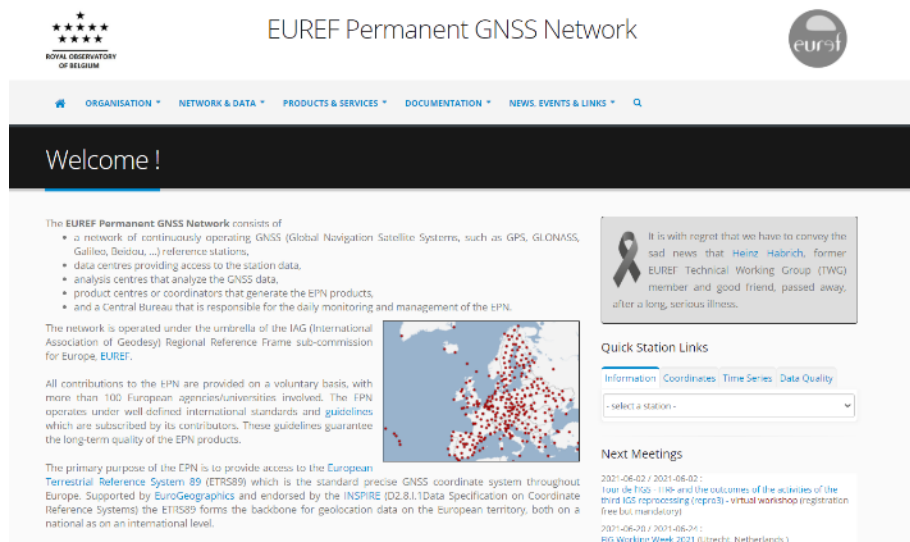


Figura 12 - Faqja EUREF permanent GNSS Network

Ngjashëm me Shërbimin Ndërkombëtar GNSS (IGS) [39], EPN bazohet në kontribute vullnetare. Stacionet EPN ngarkojnë në formatin e shkëmbimit të pavarur RINEX të dhënat në qendrat e të dhënave EPN (DC), të cilat arkivojnë përgjithmonë të dhënat dhe bëjnë ato lirisht të disponueshme për të gjithë përdoruesit [38].

Të dy qendrat rajonale të të dhënave ruajnë të dhëna çdo orë dhe ditore në formatet RINEX 2 dhe RINEX 3 [38]. EPN CB vazhdimisht skanon të dy qendrat rajonale të të dhënave EPN, dhe rezultatet e skanimeve bëhen në dispozicion në faqen e internetit të EPN CB përmes ambienteve interaktive [1].

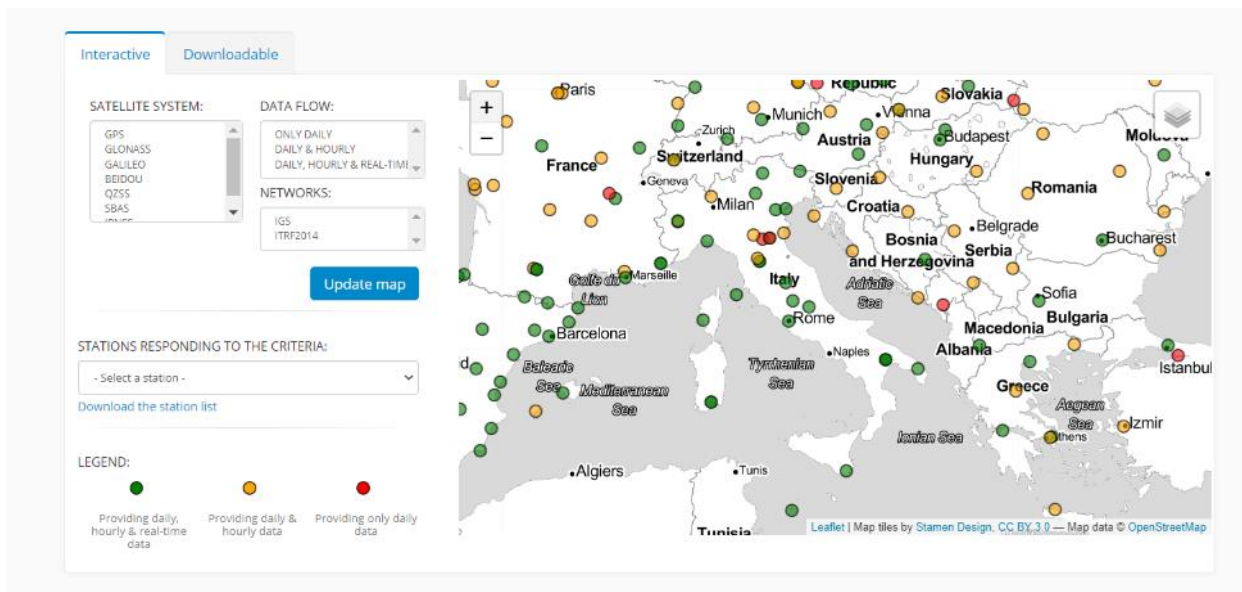


Figura 13 - Ambienti interaktiv i stacioneve EPN

Ambienti interaktiv mundëson që të shfletohet informacioni mbi Stacionet e rrjetit EPN, si dhe të mund të merret informacion i detajuar mbi këto Stacione. Shërbimet e ofruara mund të përmbliidhen si:

- Mundësia e identifikimit të Stacionit duke shfletuar meta-datën e tij.
- Mundësia e shkarkimit të matjeve në formatin RINEX në një nga qendrat e lidhura në rrjet (BKG ose BEV) nëpërmjet shërbimit FTP.
- Mundësia e marrjes së pozicionit dhe shpejtësisë së lëvizjes së Stacioneve në një epoke të caktuar.
- Mundësia e marrjes së informacionit mbi kualitetin e të dhënave në formatin RINEX.

7.1 Përcaktimi i zonës dhe procesi i matjeve

7.1.1 Zona e studimit

Zona në të cilën u krye ndërtimi i rrjetit GNSS mbulon sipërfaqen e qytetit të Tiranës. Për rrjetin tone u vendos që të përcaktoheshin 3 Stacione, përkatësisht në 3 skaje të qytetit të Tiranës:

- Stacioni 1 – pranë liqenit të Tiranës
- Stacioni 2 – afër zonës së ish-kinostudio
- Stacioni 3 – afër Autostradës Tirane- Durrës mbrapa qendrës tregtare Casa Italia.

Stacionet u vendosën në vende të hapura dhe në pozicione të dukshme ku u shënjuan në terren pozicionet ku do të centroheshin marrësit GNSS për të realizuar procesin e matjeve.

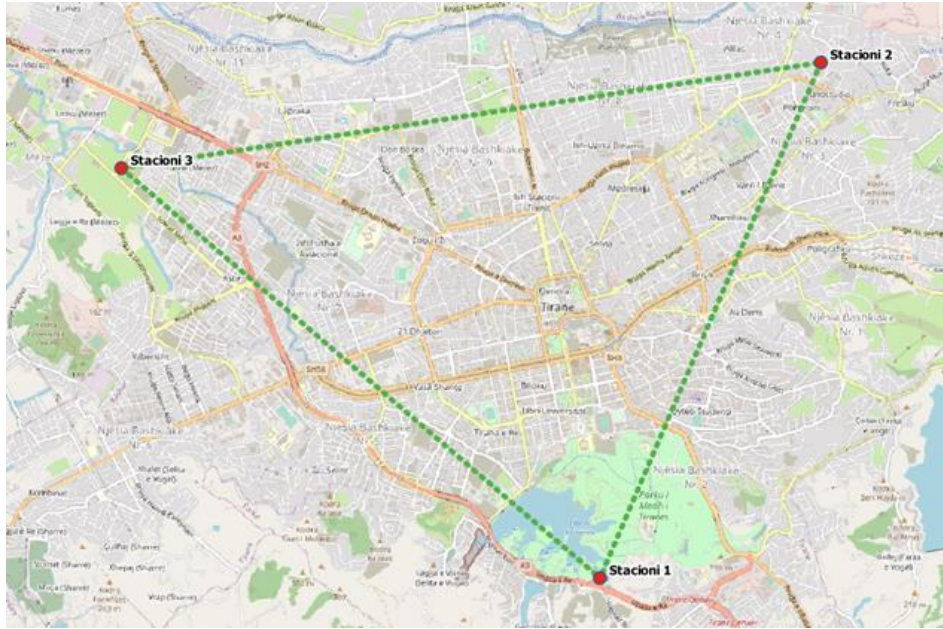


Figura 14 - Skema e rrjetit GNSS

7.1.2 Procesi i matjeve

Për rastin e studimit tone vendosem qe matjet ti realizonim ne te njëjtën kohe ne te 3 Stacionet. Kjo për arsye qe gjate kompensimit te rrjetit përveç matjeve te vije-bazave te kryera nëpërmjet stacioneve te rrjetit tone dhe Stacioneve EPN te mund te kishim si matje te tepërta dhe vije-bazat e vete rrjetit tone. Fillimisht ne secilin nga stacionet u markuan ne mënyrë permanente pozicioni i tyre ne terren, dhe me pas u realizua centrimi dhe horizontimi i marrësve GNSS ne këta stacione.

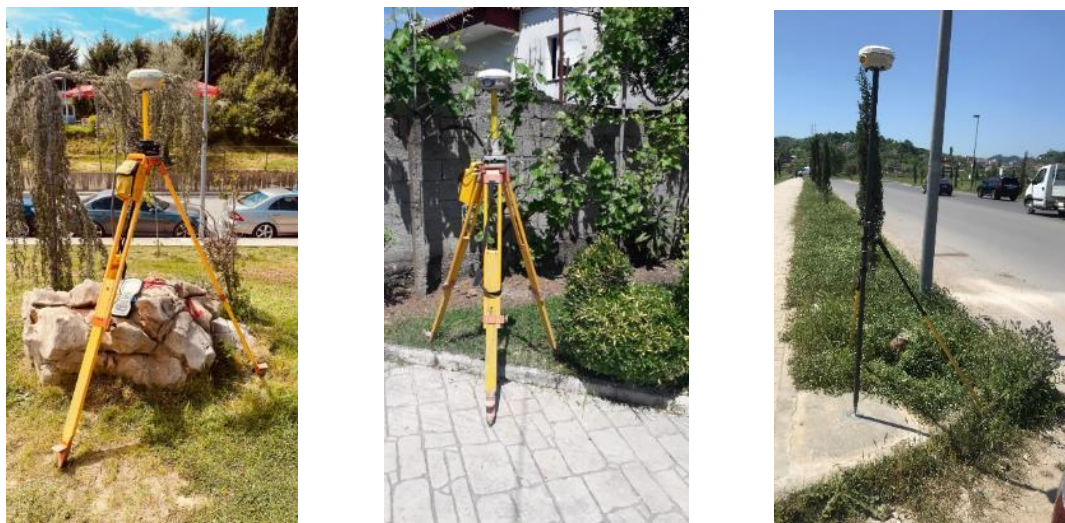


Figura 15 - Pozicionimi i marrësve GNSS tek stacionet e rrjetit

Me pas u realizua aktivizimi i marrësve GNSS ne mënyrë qe te fillonin me procesin e matjes. Matjet u realizuan ne periudhën nga 2021/05/08 08:51:38 (GPST) deri ne

2021/05/08 12:55:24 (GPST). Pas procesit të matjeve, nga marrësit GNSS nxorëm sesionin e matjeve për secilin nga stacioneve ne Formatin RINEX.

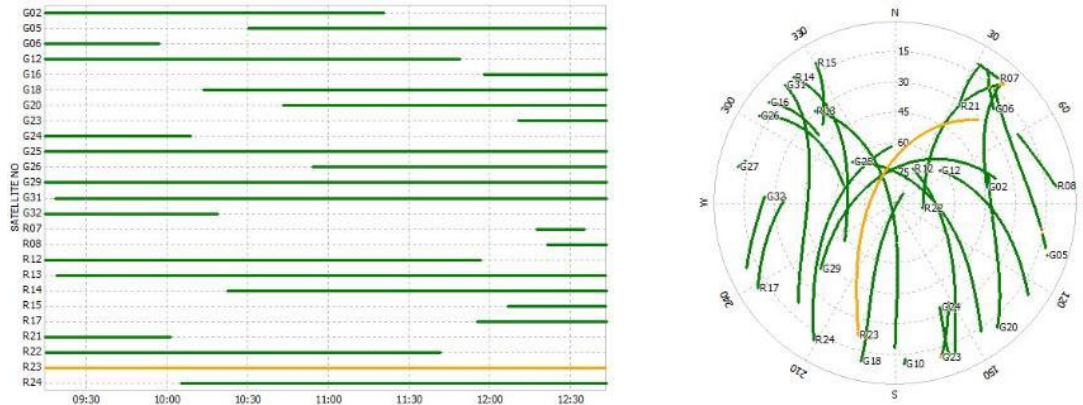


Figura 16 - Vizualizimi i vëzhgimeve të satelitëve

7.2 Pikat e referencës dhe të dhënat shtesë për llogaritje

Stacionet e rrjetit tone do të mbështeten mbi rrjetin permanent ETRF (EPN). Llogaritja e vije-bazave do të realizohet nëpërmjet 2 stacioneve EPN përkatësisht **USAL00ITA** (Lecce, ITA) dhe **DGOR00MNE** (Podgorica, MNE). Nga shërbimi FTP i mundësuar nga BKG, Gjermani morëm të dhënat ditore RINEX për këto dy baza. Kjo u realizua duke shkuar tek faqja <https://www.epncb.oma.be/> nga ku mundem të shkarkonim të dhënat RINEX [1].

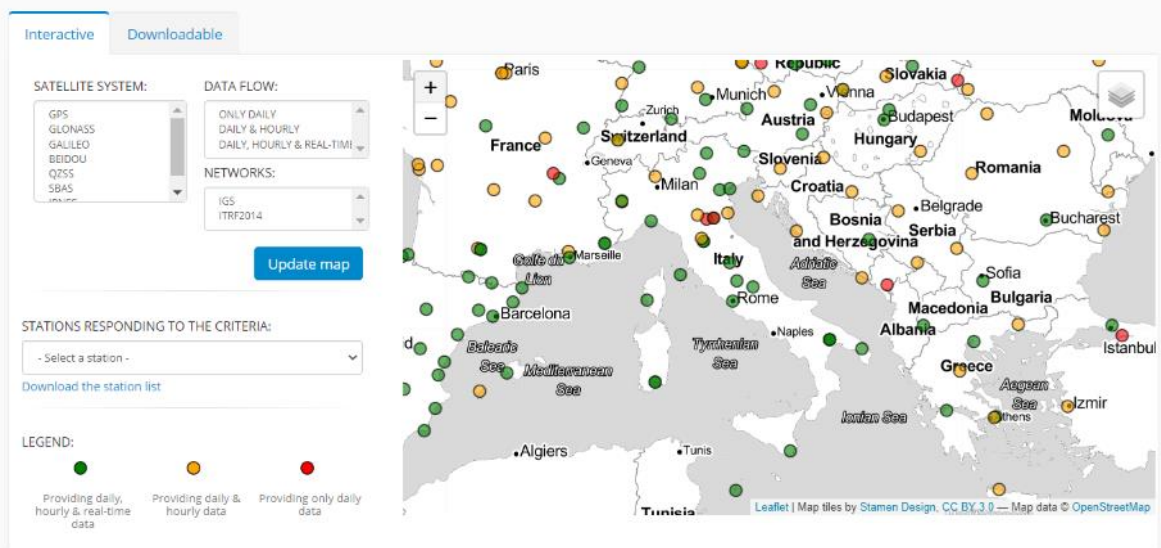


Figura 17 - Harta interaktive e stacioneve EPN

Duke përdorur ambientin e hartës interaktive te mundësuar në portalin e EPN mund të aksesojmë informacionin për cdo stacion.

USAL00ITA (Lecce, Italy)

Station Configuration

Current station configuration: usal00ita_20200715.log (current) [View](#)

USAL00ITA is operated by ASI and integrated in the EPN since 13-06-2010.
 RECEIVER : LEICA GR30
 ANTENNA : LEIAR20 NONE
 SET TO TRACK : GPS+GLO+GAL+BDS+SBAS
 INDIVIDUAL CALIBRATION : NO
 Data routinely analysed by ASI, BEK, BKG, IGE, UPA.

Location

Data Provided

The RINEX 2 data are no more submitted to the EPN data centres since 2020-08-03.

RINEX V2.11 - GPS+GLO+GAL+SBAS

DAILY (data calendar)

Data centres	Online	Last data	Availability	Download
EPNCB (historical)	✓	216/2020	N/A	↓
BEV	✓	216/2020	N/A	↓
BKGE	✓	216/2020	N/A	↓

RINEX V3.03 - GPS+GLO+GAL+BDS+SBAS

DAILY (data calendar)

Data centres	Online	Last data	Availability	Download
EPNCB (historical)	✓	144/2021	78.57%	↓
BEV	✓	150/2021	100%	↓
BKGE	✓	150/2021	100%	↓

HOURLY

Data centres	Online	Last data	Availability	Latency
BEV	✓	216/2020 (N)	N/A	0%
BKGE	✓	216/2020 (N)	N/A	0%

HOURLY

Data centres	Online	Last data	Availability	Latency
BEV	✓	151/2021 (R)	100%	99.4%
BKGE	✓	151/2021 (R)	100%	99.4%

Daily and Hourly Latency Plots

Pictures

Snapshot date : 2010-02-24
Keywords : ANTENNA

Figura 18 – Ndërfaqja estacionit EPN

Per secilin nga stacionet EPN mund të merret informacion i detajuar mbi:

- Identifikimit e Stacionit duke shfletuar metadaten e tij.
- Sherbimin FTP mbi matjet ditore ne formatin RINEX ne nje nga qendrat e lidhura ne rrjet (BKG ose BEV).
- Pozicionin dhe shpejtësinë e lëvizjes se Stacioneve ne një epoke te caktuar.
- Kualitetin e te dhënave ne formatin RINEX.

Tek ambienti “Data Provided” na jepet mundësia që të aksesojmë kalendarin e matjeve të stacioneve EPN. Nepermjet kalendarit mund të shkarkojmë të dhënat RINEX për matjet e kryera nga stacionet EPN në ditën që ne jemi të interesuar. Ne rastin tone matjet për stacionet e rrjetit i kemi kryer gjatë javës 2156 së GPS në ditën 128/2021 (08.05.2021).

Daily Data Calendar

Station Year Data centres EPN BKG BEV ALL ANY RINEX versions RINEX 2 RINEX 3 ALL

Month

May 2021							
Wk No	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
2155							RINEX3 - EPN 01 (121)
2156	RINEX3 - EPN 02 (122)	RINEX3 - EPN 03 (123)	RINEX3 - EPN 04 (124)	RINEX3 - EPN 05 (125)	RINEX3 - EPN 06 (126)	RINEX3 - EPN 07 (127)	RINEX3 - EPN 08 (128)
2157	RINEX3 - EPN 09 (129)	RINEX3 - EPN 10 (130)	RINEX3 - EPN 11 (131)	RINEX3 - EPN 12 (132)	RINEX3 - EPN 13 (133)	RINEX3 - EPN 14 (134)	RINEX3 - EPN 15 (135)
2158	RINEX3 - EPN 16 (136)	RINEX3 - EPN 17 (137)	RINEX3 - EPN 18 (138)	RINEX3 - EPN 19 (139)	RINEX3 - EPN 20 (140)	RINEX3 - EPN 21 (141)	RINEX3 - EPN 22 (142)
2159	RINEX3 - EPN 23 (143)	RINEX3 - EPN 24 (144)	RINEX3 - EPN 25 (145)	RINEX3 - EPN 26 (146)	RINEX3 - EPN 27 (147)	RINEX3 - EPN 28 (148)	RINEX3 - EPN 29 (149)
2160	RINEX3 - EPN 30 (150)	RINEX3 - EPN 31 (151)					

Figura 19 - Kalendari i vrojtmeve GNSS

Për secilin nga stacionet EPN ku do të mbështetet Rrjeti jone kemi shkarkuar të dhënat RINEX në datën kur kemi kryer matjet për ndërtimin e këtij rrjeti. Të dhënat RINEX të stacioneve EPN përmbajnë matjet ditore të këtyre stacioneve me një frekuencë prej 30 sekondash për çdo matje.

Vije-bazat që do të llogariten kanë gjatësi të konsiderueshme të cilat i kalojnë 100km. Për këte arsye është e domosdoshme që të merren në konsideratë ndikimet e gabimeve që vijnë si pasojë e Orbitave të satelitore, Parametrat e rrotullimit të tokës, Orëve satelitore, Ndikimi i shtresës së jonosferës, Ndikimi i shtresës së troposferës, etj.

Për këte arsye duhet që para përpunimit të matjeve të sigurojmë edhe të dhënat që do të përdoren në përpunimin e llogaritjeve të vije-bazave të rrjetit.

Te dhënat shtese të përdorura për llogaritjen e vije-bazave:

- Orbitat përfundimtare dhe të sakta
- Parametrat e rrotullimit të Tokës
- Orët satelitore
- Harta Globale e jonosferës

Këto të dhëna janë të dhëna që publikohen nga autoritetet që mbikëqyrin shërbimet e Sistemeve të pozicionimit global dhe publikohen në nivel ditor. Të dhënat e mësipërme do të merren nga Arkivi i të dhënave të gjeodezisë hapësinore të NASA-s. Llogaritjet me saktësi të lartë për këto të dhëna publikohen afërsisht 13-14 dite nga data e matjeve të kryera. Në rastin e rrjetit tonë, matjet janë kryer në datën 8.05.2021 por të dhënat

përfundimtare të sakta arriëm ti merrnim në datën 22.05.2021. Te dhënat shtesë përfundimtare të sakta do të kenë si parashtesë në emrin e tyre përkatësisht:

- **igsWWWWD.sp3** (Orbitat përfundimtare dhe te sakta)
- **igsWWWWD.erp** (Parametrat e rrotullimit te Tokës)
- **igsWWWWD.clk** (Orët satelitore)
- **igsDDD.clk** (Harta Globale e jonosferës)

Ku:

- *WWW tregon javën e GPS ku janë kryer matjet (në rastin tonë java 2156) dhe D tregon numrin e ditës së javës (nga 0 për ditën e Diel në 6 për ditën e Shtunë)*
- *DDD ne rastin e hartës globale të jonosferës tregon numrin e ditës për vitin 2021(në rastin konkret dita nr. 128).*

 igs21566.clk		5/22/2021 1:40 PM
 igs21566.sp3		5/22/2021 1:40 PM
 igs21567.erp		5/25/2021 10:09 PM
 igsg1280.21i		5/25/2021 10:02 PM

Figura 20 – Të dhënat shtesë

Pasi mblodhëm të dhënat RINEX për stacionet EPN si dhe të dhënat shtesë jemi gati të vazhdojmë me llogaritjen e vijë-bazave të rrjetit tonë.

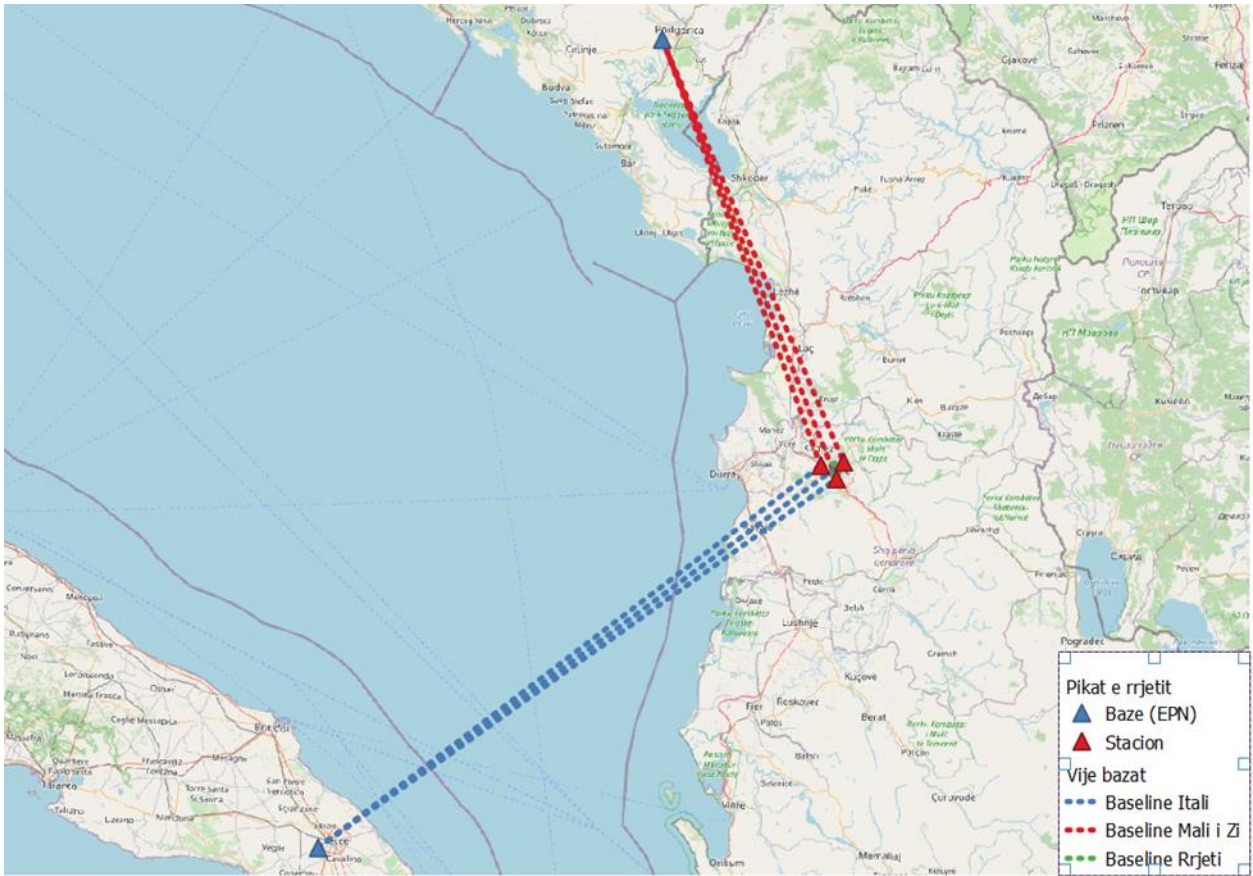


Figura 21 - Skema e rrjetit GNSS

7.3 Konvertimi i koordinatave në epokën 2021.35

Në mënyrë që të realizohet kalimi i koordinatave në epokën e matjeve tona, përkatësisht epoka $t = 128/2021$ referenca ETRF2000, duhet paraprakisht të merren koordinatat dhe shpejtësitë e lëvizjes së stacioneve EPN në referencën ETRF2000 për epokën bazë $t_0 = 001/2010$. Këto të dhëna publikohen në mënyrë periodike nga shërbimi i Rrjetit të Përhershëm EUREF.

EPN_A_E1RF2000_L2143.33C

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_x	V_y	V_z
316/2017 - 051/2021	001/2010	4627542.214 ± 0.001	1513540.712 ± 0.001	4106448.055 ± 0.001	-0.0032 ± 0.0001	-0.0002 ± 0.0001	0.0021 ± 0.0001

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_x	V_y	V_z
349/2019 - 051/2021	218/2020	4453507.152 ± 0.001	1551168.228 ± 0.001	4280016.168 ± 0.001	NA	NA	NA

Figura 22 -Shpejtësitë e lëvizjes së stacioneve EPN

Koordinatat e bazave EPN që do të futen në llogaritjen e vijë-bazave do të jenë koordinatat të cilat do të llogariten për epokën 128/2021 (2021.35).Llogaritja e koordinatave ne epokën $t=2021.35$ do të kryhet sipas formulave të mëposhtme:

$$\begin{aligned}
 X(t) &= X(t_0) + (t-t_0) \cdot V_X; \\
 Y(t) &= Y(t_0) + (t-t_0) \cdot V_Y; \\
 Z(t) &= Z(t_0) + (t-t_0) \cdot V_Z;
 \end{aligned}$$

Ek. 80

Për secilën nga Bazat do të marrim X(2021.35), Y(2021.35), Z(2021.35), këto koordinata do të përdoren si të dhëna fillestare për llogaritjen e vijë-bazave tona.

Baza	X	Y	Z
A (Itali)	4627542.1880	1513540.7100	4106448.0760
B (Mali i Zi)	4453507.1600	1551168.2310	4280016.1700

7.4 Llogaritja e vijë-bazave

Procesi i llogaritjeve të vijë bazave është një proces që mundëson korrigjimin e gabimeve që ndodhin gjatë matjeve GNSS si: Korrigjimet për “Multi-path”, Korrigjimet për Jonosferën, Korrigjimet e gjeometrisë së sateliteve.

Përpunimi i llogaritjeve u realizua me anë të Softuerit RTKLib i cili mundëson llogaritjen e vijë-bazave duke pranuar të gjitha të dhënat/parametrat shtesë si: Orbitat përfundimtare dhe të sakta, Parametrat e rrotullimit të Tokës, Orët satelitore, Harta Globale e jonosferës. Më poshtë po tregojmë rezultatet e llogaritjeve të vijë-bazave të nxjerra nga softueri RTKLib [40]:

Vijë-baza		ΔX	ΔY	ΔZ	S_{xx}	S_{xy}	S_{xz}	S_{yy}	S_{yz}	S_{zz}
Fillimi	Mbarimi									
A	1	-113498.5261	113721.0947	81617.3963	5.00E-04	3.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	2.90E-04	6.00E-04
A	2	-117137.3664	114512.8065	85235.2527	6.20E-04	3.00E-04	3.50E-04	3.70E-04	2.70E-04	5.60E-04
A	3	-114334.5047	108659.9868	84389.2870	6.00E-04	3.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	3.00E-04	6.00E-04
B	1	60536.4278	76093.6371	-91950.5832	7.40E-04	3.70E-04	5.00E-04	4.40E-04	2.80E-04	7.40E-04
B	2	56897.6783	76885.3093	-88332.7211	7.80E-04	4.40E-04	4.90E-04	4.90E-04	3.60E-04	6.70E-04
B	3	59700.4335	71032.5333	-89178.6595	7.30E-04	3.90E-04	4.90E-04	4.60E-04	3.00E-04	6.60E-04
1	3	-835.9800	-5061.0972	2771.9076	4.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	3.00E-04
2	1	3638.7426	-791.6604	-3617.8595	3.40E-04	1.90E-04	2.30E-04	2.00E-04	1.60E-04	3.10E-04
2	3	2802.7602	-5852.7678	-845.9497	3.50E-04	2.00E-04	2.40E-04	2.10E-04	1.70E-04	3.30E-04

7.5 Kompensimi i rrjetit

Përkatësisht në rastin tonë për të përcaktuar koordinatat e pikave 1,2 dhe 3 për rrjetin GNSS, në bazë të figurës së rrjetit të shprehur në mënyrë skematike, kemi të matura vijë-bazat A-1, A-2, A-3 si dhe B-1, B-2, B-3. Nga përpunimi i llogaritjeve të vijë-bazave të

matura do të marrim vektorët e këtyre vijë-bazave me diferencat e koordinatave ΔX , ΔY dhe ΔZ me g.m.k σ_x , σ_y , σ_z . Duke qenë se vijë-bazat janë matur të pavarura koordinatat të njëjtës pikë, të matura nga dy vijë-baza të ndryshme do të kenë korrigjim të ndryshëm, psh: koordinatat e pikës 1 të llogaritur nga diferencat e procesuara nga vija A-1 do të jenë të ndryshme nga koordinatat e llogaritura nga diferencat e procesuara nga vija B-1.

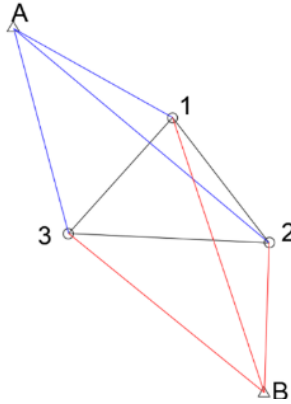


Figura 23 - Rrjeti GNSS i shprehur në mënyrë skematike

Kompensimi i rrjetit duhet të kryhet në mënyrë të tillë, që korrigjimet të shpërndahen në mënyrë proporcionale për secilën nga pikat e rrjetit. Forma e ekuacionit të gabimit do të jete e tillë [36]:

$$\begin{aligned} X_1 - X_A &= \Delta X_{A-1} + v_{X_{A-1}} \\ Y_1 - Y_A &= \Delta Y_{A-1} + v_{Y_{A-1}} \\ Z_1 - Z_A &= \Delta Z_{A-1} + v_{Z_{A-1}} \end{aligned} \quad \text{Ek. 81}$$

Për çdo vijë-bazë do të na formohen 3 ekuacione. Ekuacionet do të shtrohen për të gjithë vijë-bazat e matura. Në rastin konkret do të formohen 18 ekuacione. Në formë matricore ekuacionet e gabimeve do të jenë:

$$W \cdot A \cdot X = W \cdot L + W \cdot V \quad \text{Ek. 82}$$

Ku: W është matrica e peshave të vijë-bazave të matura. Kjo matricë del nga inversi i matricës së koeficientëve të peshave të vektorit të llogaritur për vijë-bazën e matur. Ajo është një matricë katrore (3x3) [36]:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{bmatrix} \quad \text{Ek. 83}$$

$$W = \Sigma^{-1} \quad \text{Ek. 84}$$

Bazuar mbi teorinë e katroreve më të vegjël $[WVV]=\min$, kalojmë në zgjidhjen e sistemit normal ku gjejmë koordinatat e kompensuara për pikat e rrjetit.

$$X = N^{-1} \cdot A^T \cdot W \cdot L \quad \text{Ek. 85}$$

Ku: vektori X do të na japë përkatësisht koordinatat e kompensuara të pikave të rrjetit tonë GNSS.

7.5.1 Rezultatet e kompensimit

Duke Përdorur metodën e kompensimit të shpjeguar më sipër do të nxjerrim rezultatet përfundimtare të pozicionit të Stacioneve të rrjetit.

Tabela 4 - Koordinatat gjeocentrike të kompensuara të pozicionit të pikave te rrjetit

Stacioni	X	Y	Z	Sx	Sy	Sz
1	4,514,043.613	1,627,261.849	4,188,065.542	0.0368	0.0296	0.0362
2	4,510,404.856	1,628,053.516	4,191,683.394	0.0378	0.0299	0.0364
3	4,513,207.625	1,622,200.747	4,190,837.450	0.0377	0.0298	0.0361

Bazuar në formulat e konvertimit të koordinatave gjeocentrike ne koordinata gjeografike të treguara ne seksionin 4.3 të këtij disertacioni nxjerrim koordinatat gjeografike për pikat e rrjetit.

Tabela 5 - Koordinatat gjeografike të kompensuara të pozicionit të pikave te rrjetit

Nr Pikes	Gjeresia (ϕ)	Gjatesia (λ)	Lartesia Elipsoidike h	S _n	S _e	S _h
A	40°20'05.68955"	18°06'41.34683"	69.198			
B	42°25'02.93173"	19°12'12.10046"	94.981			
1	41°18'19.39401"	19°49'25.18297"	159.867	0.0226	0.0213	0.0508
2	41°20'54.97332"	19°50'50.29804"	180.246	0.0223	0.0214	0.0518
3	41°20'20.39376"	19°46'12.60405"	112.082	0.0226	0.0214	0.0514

8 GJENERIMI I STACIONEVE VIRTUALE GNSS DUKE PËRDORUR METODËN VRS TË INTERPOLIMIT PËR STACIONET E RRJETIT CORS.

Pasi kemi realizuar procesin e kompensimit të rrjetit të ndërtuar (Kap. 7), procesi i radhës është ngritja dhe funksionimi i stacioneve CORS. Në rastin e studimit tonë duke përdorur të njëjtët marrës GNSS të përdorur për përcaktimin e koordinatave të stacioneve të rrjetit kemi simuluar procesin e ngritjes së një rrjeti aktiv CORS.

8.1 Ngritja e rrjetit CORS

Ngritja e rrjetit aktiv CORS u realizua duke pozicionuar të 3 marrësat GNSS në 3 stacionet e rrjetit. Kësaj radhe aktivizimi dhe vënia në punë e marrësve u realizua mbi koordinata të njohura. Këto koordinata janë pikërisht koordinatat e pikave që kemi marrë pas kompensimit të stacioneve të rrjetit të krijuar. Në këtë rast Marrësit GPS do të fillojnë vëzhgimin mbi baza me koordinata të njohura.

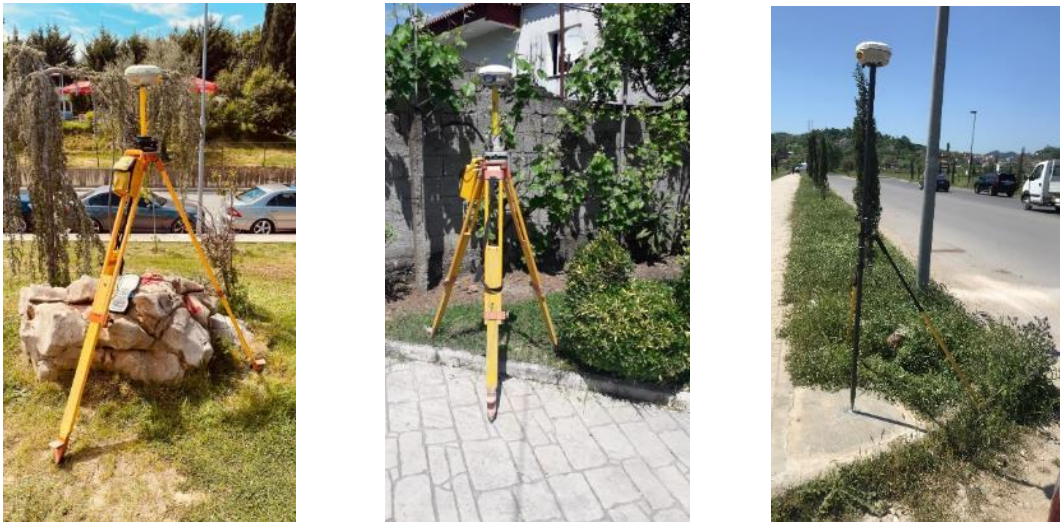


Figura 24 - Aktivizimi i marrësve GNSS mbi stacionet me koordinata të njohura

Procesi i matjeve CORS u realizua gjatë një periudhe prej 3h 30min në periudhën nga 2021/06/01 11:23:50 (GPST) deri në 2021/06/01 14:50:18 (GPST). Gjatë kësaj periudhe të tre marrësve GNSS të vendosur në 3 stacionet përkatëse ndërkohë që me një marrës GPS të katërt pasi u startua rrjeti jonë CORS, filluam të realizojmë disa vëzhgime rreth zonës që mbulohej nga rrjeti jonë. Metoda e matjes që përdorëm për pikat e matura ishte metoda Kinematike me post-procesim (PPK). Siç do të shikohet në seksionet e mëposhtëm vijë-bazat për këto matje do të llogariten ndërmjet bazave CORS si dhe një baze virtuale (VRS) që do të gjenerohet nga bazat CORS.

8.2 Gjenerimi i VRS për matjet PPK të realizuara

Pozicioni i stacionit të referencës virtuale GPS (VRS) është një teknologji e rrjetit RTK bazuar në stacione të shumta referimi. Së paku tre stacione referimi janë të nevojshme me këtë teknologji, dhe koordinatat gjeodezike të stacioneve të referimit të jenë saktësisht të njohura.

Këto stacione referimi vazhdimisht gjurmojnë sinjalin e satelitëve GPS në mënyrë që të përcaktojnë të dhënat dispersive dhe jo-dispersive. Këto të dhëna mund të interpolohen në stacionin e referencës virtuale, kështu që roveri përreth VRS mund të përfitojë nga ky informacion për të marrë një saktësi më të mirë pozicioni. Ndërkohë, roverët duhet të dërgojnë koordinatat e tyre të përafërta në një qendër të përpunimit të të dhënave (zakonisht stacioni i referencës master) në mënyrë që vëzhgimet virtuale të gjenerohen sipas koordinatave të përafërta të roverit dhe korrigjimeve të ndikimeve dispersive dhe jo dispersive. Në fakt, VRS vendoset saktësisht në koordinatat e përafërta. Në përgjithësi, koordinatat e përafërta përftohen nga pseudo-largësi, saktësia e të cilës mund të kontrollohet në metra ose dhjetëra metra. Meqë vije-baza midis VRS dhe roverit është shumë e shkurtër, duke bërë që të ketë koherencë të lartë të disa gabimeve të bazuara në distancën midis roverit dhe VRS, një rezultat më i mirë mund të rrjedh nga metoda tradicionale e pozicionit dy-diferencial. Sipas teorisë tradicionale relative të pozicionimit, sa më e gjatë të jetë vijë-baza, aq më pak koherenca e ndikimeve në distancë. Kjo është një kontradiktë për një kohë të gjatë në aplikimin e RTK. Zhvillimi i teknologjisë VRS e ka zgjidhur me sukses këtë problem dhe ka zgjatur mbulimin e shërbimit RTK nga 15 km në të paktën 50 km. Kjo teknologji përmirëson shumë saktësinë e pozicionit relativ në bazën e mesme dhe të gjatë. Brenda mbulimit të shërbimit të rrjetit-RTK, edhe marrësi me frekuencë të vetme mund të heqë pa problem vonesën jonosferike dhe të zgjidhë ambiguitetin e nr të plotë . Gjithashtu, saktësia e pozicionit të nivelit cm mund të arrihet lehtësisht, gjë që është shumë inkurajuese. Përveç kësaj, platforma e stacioneve të shumta të referimit mund të përdoret plotësisht në disa shërbime të tjera si për shembull në meteorologjinë GPS dhe mbikqyrjen e deformimeve. Departamente të tilla si topografia, meteorologjia, trafiku, turizmi, bujqësia dhe mbrojtja e mjedisit do të përfitojnë shumë nga ky sistem.

8.2.1 Gjenerimi i vëzgjimeve VRS

Meqë koordinatat e stacionit të referencës “master” janë saktësisht të njohura dhe koordinatat e satelitëve mund të përftohen nga efemeridet GPS, distanca gjeometrike midis satelitit dhe qendrës së fazës së antenës së marrësit mund të përcaktohet gjithashtu me saktësi. Nëse ρ_r^s tregon distancën gjeometrike midis satelitit dhe marrësit, është e qartë se:

$$\rho_r^s = [(X_r - X^s)^T(X_r - X^s)]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ek. 86}$$

Duke qenë se pozicioni i VRS është siguruar nga pozicionimi i pseudo-largësisë, dihet gjithashtu se:

$$\rho_v^s = [(X_v - X^S)^T(X_v - X^S)]^{\frac{1}{2}} \quad Ek. 87$$

Dhe shprehja e zhvendosjes gjeometrike mund të përshkruhet si:

$$\Delta\rho_{r,v}^s = \rho_v^s - \rho_r^s \quad Ek. 88$$

Formula më sipër mund të përdoret për zhvendosjen e pozicionit.

Ekuacioni i vëzhgimit me diferencë të njëfishtë midis satelitit m, n në një epokë të caktuar mund të shkruhet si:

$$\Delta\varphi_r^{m,n} = \frac{1}{\lambda}(\Delta\rho_r^{m,n} - \Delta I_r^{m,n} + \Delta T_r^{m,n}) - \Delta N_r^{m,n} \quad Ek. 89$$

Ajo është e ngjashme në të njëjtën epokë në VRS.

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_v^{m,n} &= \frac{1}{\lambda}(\Delta\rho_v^{m,n} - \Delta I_v^{m,n} + \Delta T_v^{m,n}) - \Delta N_v^{m,n} = \\ &\frac{1}{\lambda}(\Delta\rho_r^{m,n} + \nabla\Delta\rho_{r,v}^{m,n} - \Delta I_v^{m,n} + \Delta T_v^{m,n}) - \Delta N_v^{m,n} \end{aligned} \quad Ek. 90$$

Ne mund të nxjerrim nga *Ek. 89* dhe *Ek. 90* që ekuacioni i vëzhgimit me diferencë të dyfishtë midis stacionit “master” dhe VRS mund të tregohet si:

$$\begin{aligned} \nabla\Delta\varphi_{r,v}^{m,n} &= (\Delta\varphi_v^{m,n} - \Delta\varphi_r^{m,n}) = \frac{1}{\lambda}(\nabla\Delta\rho_{r,v}^{m,n} - \\ &\nabla\Delta I_{r,v}^{m,n} + \nabla\Delta T_{r,v}^{m,n}) - \nabla\Delta N_{r,v}^{m,n} \end{aligned} \quad Ek. 91$$

$\nabla\Delta\rho_{r,v}^{m,n}$ është marrëdhënie gjeometrike e diferencës së dyfishtë, dhe mund të përshkruhet si:

$$\nabla\Delta\rho_{r,v}^{m,n} = (\rho_v^n - \rho_r^n) - (\rho_v^m - \rho_r^m) \quad Ek. 92$$

Në *Ek. 91*, vëzhgimi i fazës me diferencë të njëfishtë $\Delta\varphi_v^{m,n}$ është i panjohur dhe do të përcaktohet, $\Delta\varphi_r^{m,n}$ është vëzhgimi i fazës me diferencë të njëfishtë në stacionin e referencës “master”, zhvendosja me diferencë të dyfishtë $\nabla\Delta\rho_{r,v}^{m,n}$ mund të përftohet nga *Ek. 92*, vonesa jonosferike $\nabla\Delta I_{r,v}^{m,n}$ me dy dallime dhe vonesa e dyfishtë troposferike $\nabla\Delta T_{r,v}^{m,n}$ mund të përftohet nga algoritmi i interpolimit të cilin do ta diskutojmë në seksionin tjetër. Pasi të zgjidhet abiguiteti $\nabla\Delta N_{r,v}^{m,n}$ mund të llogaritet vëzhgimi i fazës me diferencë të njëfishtë $\Delta\varphi_v^{m,n}$.

8.2.2 Metoda e interpolimit Linear

Korrigjimet nga stacioni “master” në VRS mund të përshkruhen si:

$$V_{u,n} = [\Delta X_{u,n} \quad \Delta Y_{u,n}] [a \quad b]^T \quad \text{Ek. 93}$$

ku $\Delta X_{u,n}, \Delta Y_{u,n}$ janë diferencat e koordinatave nga VRS në stacionin e referencës “master” n . Pasi pozicioni i VRS të konfirmohet, këto janë gjithashtu të njohura me saktësi. Pra, çelësi i kësaj metode është të zgjidhen koeficientët a, b midis stacioneve të rrjetit. Modeli i interpolimit mund të përshkruhet si:

$$\begin{bmatrix} V_{1,n} \\ V_{2,n} \\ \vdots \\ V_{n-1,n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{1,n} & \Delta Y_{1,n} \\ \Delta X_{2,n} & \Delta Y_{2,n} \\ \vdots & \vdots \\ \Delta X_{n-1,n} & \Delta Y_{n-1,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad \text{Ek. 94}$$

ku $\Delta X_{i,n}, \Delta Y_{i,n}$ janë diferencat e koordinatave nga stacioni i referencës i në stacionin “master” n . Metoda lineare e interpolimit ka nevojë për të paktën 3 stacione të referencës. Nëse numri i stacioneve të referencës është më shumë se tre, koeficientët a, b mund të përcaktohen me anë të metodës së katrorëve më të vegjël.

$$[a \quad b]^T = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{V} \quad \text{Ek. 95}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \Delta X_{1,n} & \Delta Y_{1,n} \\ \Delta X_{2,n} & \Delta Y_{2,n} \\ \vdots & \vdots \\ \Delta X_{n-1,n} & \Delta Y_{n-1,n} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V} = \begin{bmatrix} V_{1,n} \\ V_{2,n} \\ \vdots \\ V_{n-1,n} \end{bmatrix}$$

Tani, korrigjimet mund të rrjedhin nga Ek. 93. Koeficientët a, b janë funksionet e ndikimeve të ndryshme në metodën lineare të interpolimit, por në modelin e kombinimit linear, këto koeficiente janë vetëm funksionet e diferencave të koordinatave, të cilat nuk përfshijnë informacionin e ndikimeve.

8.2.3 Përcaktimi i pozicionit të përdoruesit

Duke supozuar se përdoruesi është gjithashtu duke gjurmuar satelitin m , në të njëjtën epokë n , ekuacioni i vëzhgimit me diferencë të njëfishtë mund të shprehet si:

$$\Delta \varphi_u^{m,n} = \frac{1}{\lambda} (\Delta \rho_u^{m,n} - \Delta I_u^{m,n} + \Delta T_u^{m,n}) - \Delta N_u^{m,n} \quad \text{Ek. 96}$$

Ndërkohë, ekuacioni i vëzhgimit me diferencë të dyfishtë midis përdoruesit dhe VRS mund të përshkruhet si:

$$\Delta\varphi_u^{m,n} - \Delta\varphi_v^{m,n} = \frac{1}{\lambda} [(\nabla\Delta\rho_{v,u}^{m,n}) - (\Delta I_u^{m,n} - \Delta I_v^{m,n}) + (\Delta T_u^{m,n} - \Delta T_v^{m,n})] - \nabla\Delta N_{v,u}^{m,n} \quad Ek. 97$$

Kur përdoruesi është afër me VRS, gabimet e shkaktuara nga atmosfera janë afërsisht të njëjta, kështu që,

$$\begin{aligned} \Delta I_u^{m,n} - \Delta I_v^{m,n} &\approx 0 \\ \Delta T_u^{m,n} - \Delta T_v^{m,n} &\approx 0 \end{aligned} \quad Ek. 98$$

Ek. 97 mund të shkruhet si:

$$\Delta\varphi_u^{m,n} - \Delta\varphi_v^{m,n} = \frac{1}{\lambda} \nabla\Delta\rho_{v,u}^{m,n} - \nabla\Delta N_{v,u}^{m,n} \quad Ek. 99$$

Tani, ne mund të përcaktojmë pozicionin e përdoruesit sipas parimit të pozicionimit relativ të dyfishtë.

8.2.4 Gjenerimi i observimeve RINEX për stacionin VRS

Për të realizuar procesin e gjenerimit të RINEX për stacionin VRS ne përdorëm në softuer të quajtur WaSoft i cili duke përdorur metodën e interpolimit, nëpërmjet vëzhgimeve të 3 stacioneve tona CORS, ishte në gjendje të gjeneronte një vëzhgim të ri virtual në formatin RINEX afër pozicionit të roverit. Procesi i gjenerimit është treguar në skriptin e mëposhtëm.

```
Wa2 log file Version 1.3c 2021 - 06 - 18 12: 25: 16
http://www.wasoft.de carlsonsw

No Wa2.INI file used

Command line
wa2..\..\vmap1520VRS.21o..\..\vmap1520.21o + Sc + FS..\..\659.tm
p + FL..\..\vmap1520VRS - vmap1520.txt "+GRFC:\Program Files (x86)\
Carlson Software\Carlson SurveyGNSS\2016\data/wa2.glo" ...

Command line parameters and options
file1: ..\..\vmap1520VRS.21o
file2: ..\..\vmap1520.21o
+ Sc
+ FS..\..\659.tmp
+ FL..\..\vmap1520VRS - vmap1520.txt
+ GRFC: \Program Files(x86) \Carlson Software\Carlson SurveyGNSS\2016\data /
wa2.glo
+ XYZ4512640.0549, 1626242.9620, 4189949.4022
+ PRO
+ L2
- e10
- SVE
- SVC
- SVJ
- SVS

Scan..\..\vmap1520VRS.21o
obs GPS C1C C2P L1_ L2_
receiver type and number: TRIMBLE R4 5119465488
antenna type and number: TRMR4 NONE
marker coo. (RINEX)[m]: 4512640.0549 1626242.9620 4189949.4022
vertical antenna height[m]: 0.0000
start(date, time, week, sec): 2021 - 06 - 01 12: 55: 30 2160 219330
end(date, time, week, sec): 2021 - 06 - 01 13: 03: 23 2160 219803
duration in [s], [min] or[h]: 473.00 = 7.9 = 0.1
interval[s]: 1.00
expected # of epochs: 474
actual # of epochs: 474
missing # of epochs: 0
new XYZ - coordinates: 4512640.0549 1626242.9620 4189949.4022

Scan..\..\vmap1520.21o
obs GPS C1C C1P C2C C2P L1_ L2_ D1_ D2_ S1_ S2_
obs SBAS C1C L1_ D1_ S1_
receiver type and number: TPS B111 0001B8M8L648
antenna type and number: -UNKNOWN - 000
vertical antenna height[m]: 0.0000
start(date, time, week, sec): 2021 - 06 - 01 12: 55: 31 2160 219331
end(date, time, week, sec): 2021 - 06 - 01 13: 03: 22 2160 219802
duration in [s], [min] or[h]: 471.25 = 7.9 = 0.1
interval[s]: 0.05
expected # of epochs: 9426
actual # of epochs: 9426
missing # of epochs: 0
largest gap[s]: 0.05

Selected observations
```

```

file...\vmap1520VRS.21o
GPS      1 + 2   C1C L1_   C2P L2_

file...\vmap1520.21o
GPS      1 + 2   C1C L1_   C2P L2_

Broadcast ephemerides from...\
Broadcast ephemerides from current working directory
31 GPS - ephemerides   of 15 SV, 2.1 eph per SV on average

No precise ephemerides

No antenna phase center corrections

Absolute positioning of 2nd station
given coordinates 4512655.6443 1626176.5810 4189948.8903
approx coo       4512655.6443 1626176.5810 4189948.8903
new coordinates  4512657.8648 1626179.0491 4189950.6123
coo.difference   2.2205      2.4681      1.7220
solution based on 101 epoch / s of data

```

Figura 25 - Skripti i Gjenerimit të stacionit VRS në formatin RINEX

RINEX i gjeneruar për stacionin virtual VRS do të ketë të njëjtën kohëzgjatje sa dhe kohëzgjatja e vëzhgimeve që janë kryer nga marrësi (roveri) GPS me metodën kinematike me post-procesim PPK. Më poshtë po tregojmë kokën e dokumentit në formatin RINEX [14]:

```

2.11      OBSERVATION DATA   MIXED      RINEX VERSION / TYPE
WAV2 1.3a      carlsonsw      20210618 102515 UTC PGM / RUN BY / DATE
vmap1520VRS      MARKER NAME
OBSERVER / AGENCY
5119465488      TRIMBLE R4      4.19      REC # / TYPE / VERS
TRMR4      NONE      ANT # / TYPE
4512640.0549 1626242.9620 4189949.4022      APPROX POSITION XYZ
0.0000      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H / E / N
4   C1   P2   L1   L2      # / TYPES OF OBSERV
1   1      WAVELENGTH FACT L1 / 2
1.000      INTERVAL
2021      6   1   12   55   30.0000000      GPS      TIME OF FIRST OBS
2021      6   1   13   3   23.0000000      GPS      TIME OF LAST OBS
18      LEAP SECONDS
END OF HEADER

```

Figura 26 - Koka e dokumentit RINEX për stacionin VRS

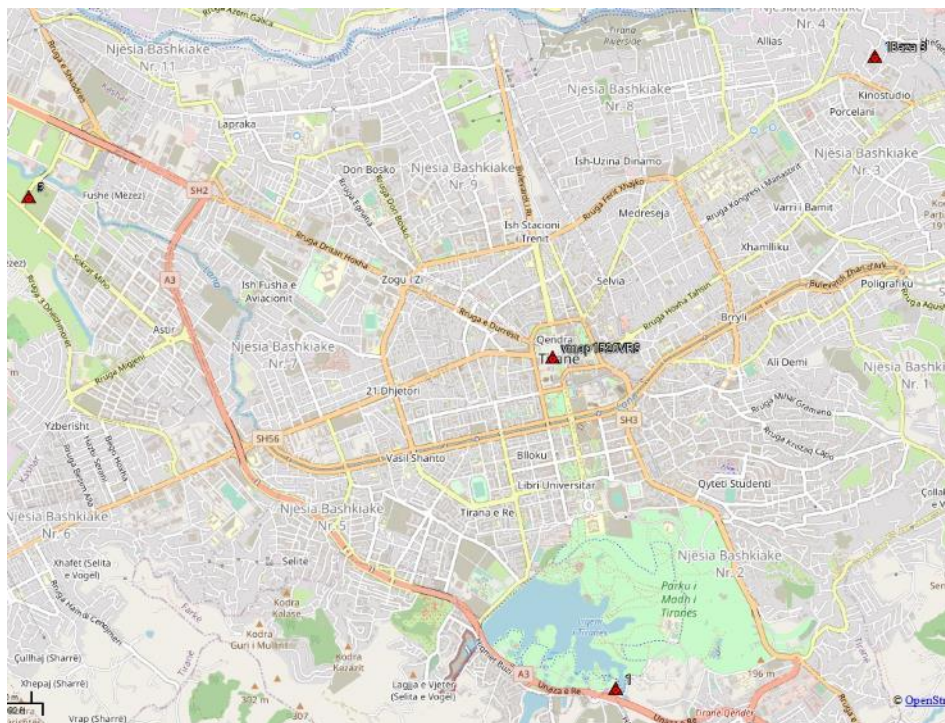


Figura 27 - Pozicionimi i stacionit virtual VRS

8.3 Krahasimi i matjeve PPK nëpërmjet stacioneve CORS dhe VRS.

Procesi i krahasimit konsiston në marrjen e koordinatave të pikave të matura duke kryer dy sete pas përpunimi të vëzhgimeve GNSS. Koordinatat do të merren duke kryer llogaritjet e vijë-bazave nëpërmjet pas përpunimit të matjeve GNSS për metodën PPK (kinematike me pas përpunim). Llogaritja e koordinatave do të bëhet njëherë duke përdorur vëzhgimet e bazës CORS më të afërt dhe një herë tjetër duke përdorur vëzhgimet e gjeneruara VRS. Rezultatet e nxjerra do të krahasojmë me njëra-tjetrën.

8.3.1 Softueri i përdorur për pas përpunim

RTKLIB është një softuer me burim të hapur me një set programesh për të përdorur për arritjen e një sërë detyrash të ndryshme lidhur me shkëmbimin dhe përpunimin e të dhënave GNSS. Ai ofrohet nën licensën BSD. RTKLIB mund të konsiderohet si softueri më i mirë falas për përpunimin e sinjaleve GNSS. Përdoruesit lejohen të zhvillojnë, prodhojnë apo shesin prodhimet e tyre jo-komerciale apo komerciale duke përdorur, lidhur ose përfshirë RTKLIB për aq kohë sa ata përputhen me licensën [41]. Funkcionaliteti i aplikimit përfaqësohet në tabelën më poshtë.

Tabela 6 - Funksionalitetet e RTKLib [41]

Funksioni	Ndërfaqja grafike e përdoruesit	Ndërfaqja e linjës së komandës
AP Launcher	RTKLAUNCH	–
Pozicionim në kohë reale	RTKNAVI	RTKRCV
Serveri i Komunikimit	STRSVR	STR2STR
Analiza për pas përpunimit	RTKPOST	RNX2RTKP
Konvertues RINEX	RTKCONV	CONVBIN
Shfaqja e zgjidhjeve GNSS dhe të dhënave të vëzhgimit	RTKPLOT	–
Shkarkues për produktet dhe të dhënat GNSS	RTKGET	–
Shfletues NTRIP	SRCTBLBROWS	–

Ndërfaqja grafike e përdoruesit (GUI) e shërbimeve RTKLIB është paraqitur në 6.1 figurë. Përveç RTKLIB ka shumë shembuj të softuerit falas për arsimin, kërkimin dhe zhvillimin e prodhimeve të softuereve derivative.

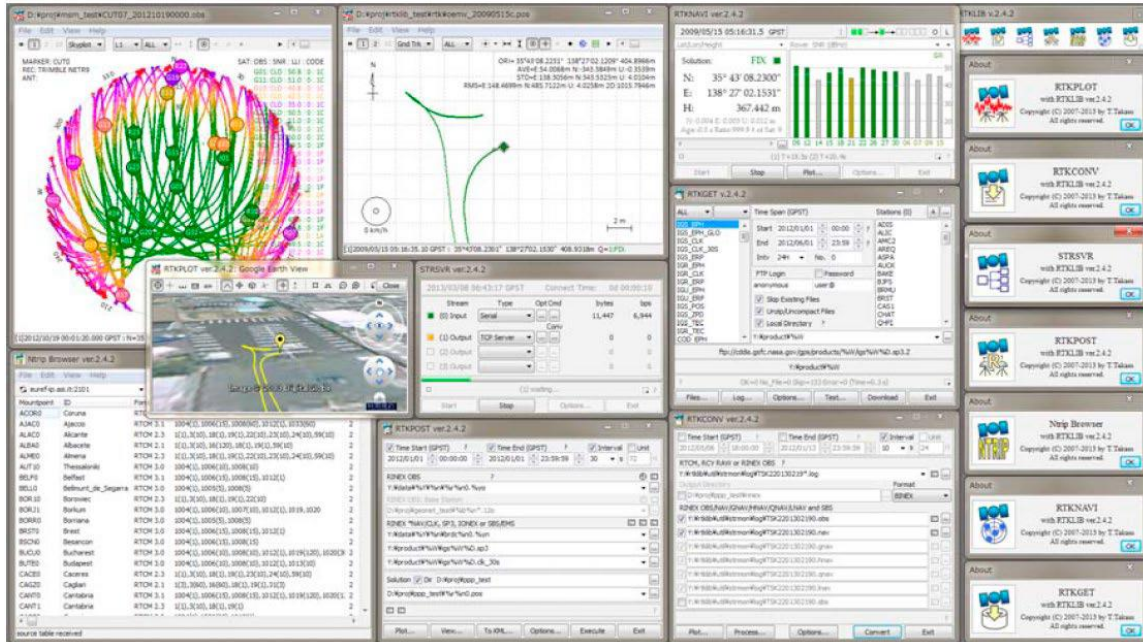


Figura 28 - Programet e softuerit RTKLib

Një nga avantazhet e RTKLib është që të jep mundësinë të integrohet si aplikacion më vete duke të lejuar që të krijosh një ndërfaqe sipas dëshirës dhe kërkesave të tua. Prandaj unë për punimin e këtij disertacioni kam krijuar një ndërfaqe programi që bën të mundur pas përpunimit e vëzhgimeve GNSS. Aplikacioni në fjalë e kam quajtur CamPos dhe më poshtë në Figura 29 tregohet ndërfaqja e tij:

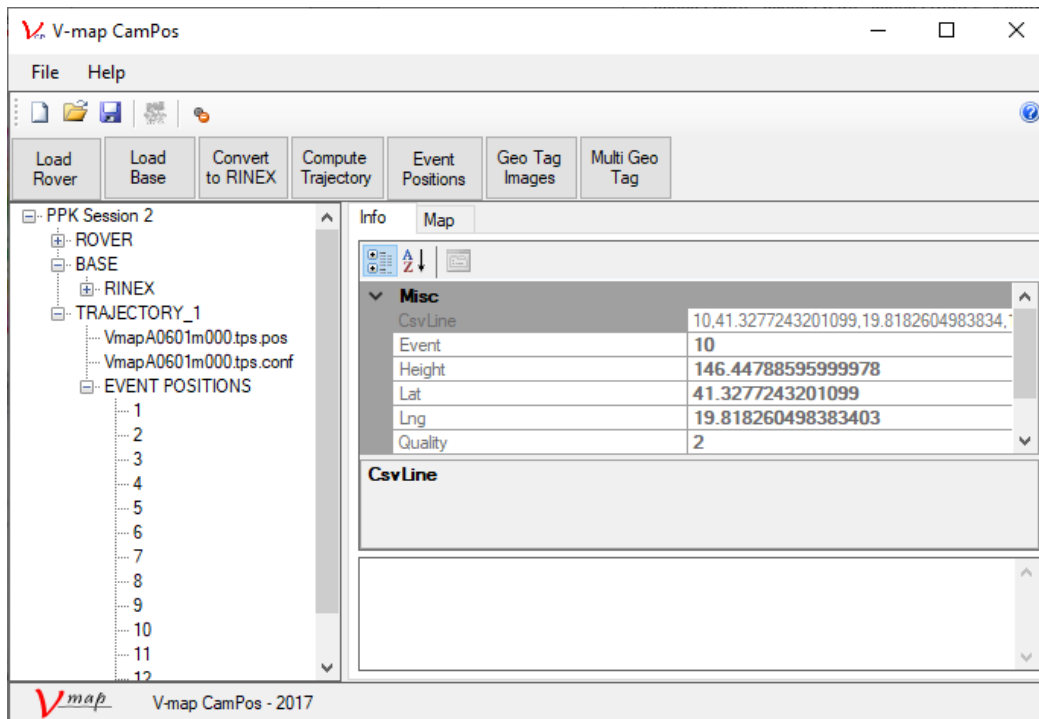


Figura 29 – Ndërfaqja e aplikacionit CamPos

8.3.2 Procesi i pas përpunimit me anë të aplikacionit CamPos

Më poshtë do të tregojmë hapat e ndjekur për procesin e pas përpunimit të matjeve PPK. Aplikacioni CamPos instalohet si çdo aplikacion në Windows.

Procesi fillon me krijimin e një projekti të ri pas përpunimi duke klikuar “File > New Project. Pasi hapet dritarja e projektit na kërkohet të vendosim emrin e tij. Më pas do të hapet dritarja që do të na mundësojë të zgjedhim dosjen ku do ta ruajmë këtë projekt. Në momentin e krijimit të projektit butonat janë të pa aktivizuar. Ata do të aktivizohen një e nga një sipas hapave të procesit të punës.

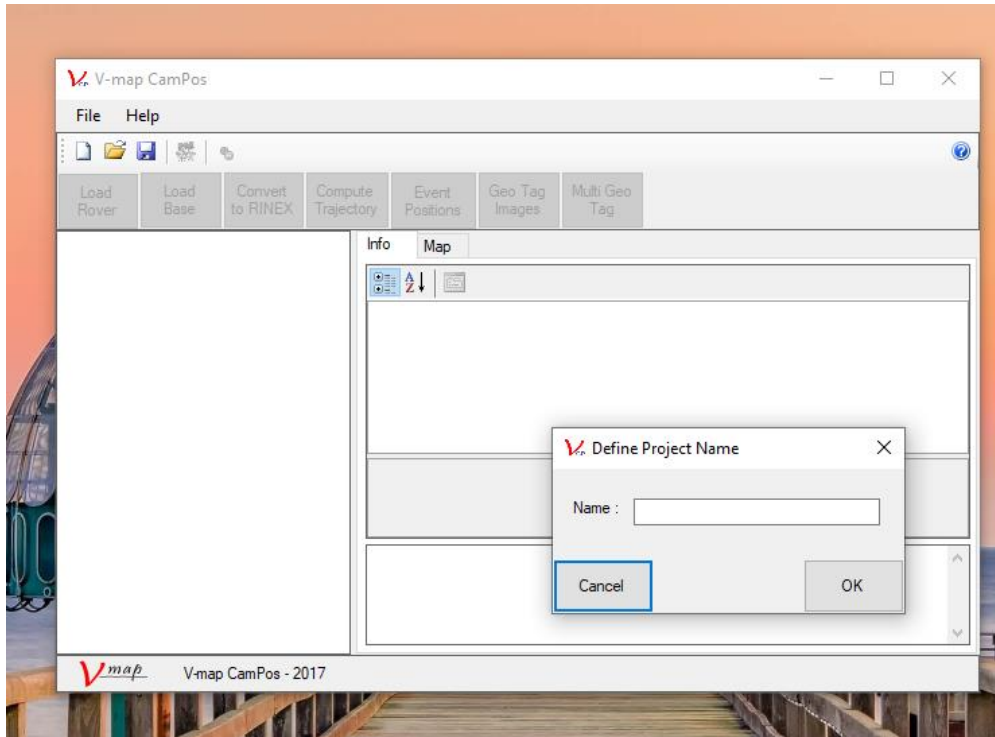


Figura 30 - Krijimi i projektit të ri në Campos

Me krijimin e projektit do të aktivizohen butonat që mundësojnë ngarkimin në program të të dhënave të Roverit dh të Bazës. Duke zgjedhur butonin “Load Rover” mund të ngarkojmë vëzhgimet e kryera nga Roveri.

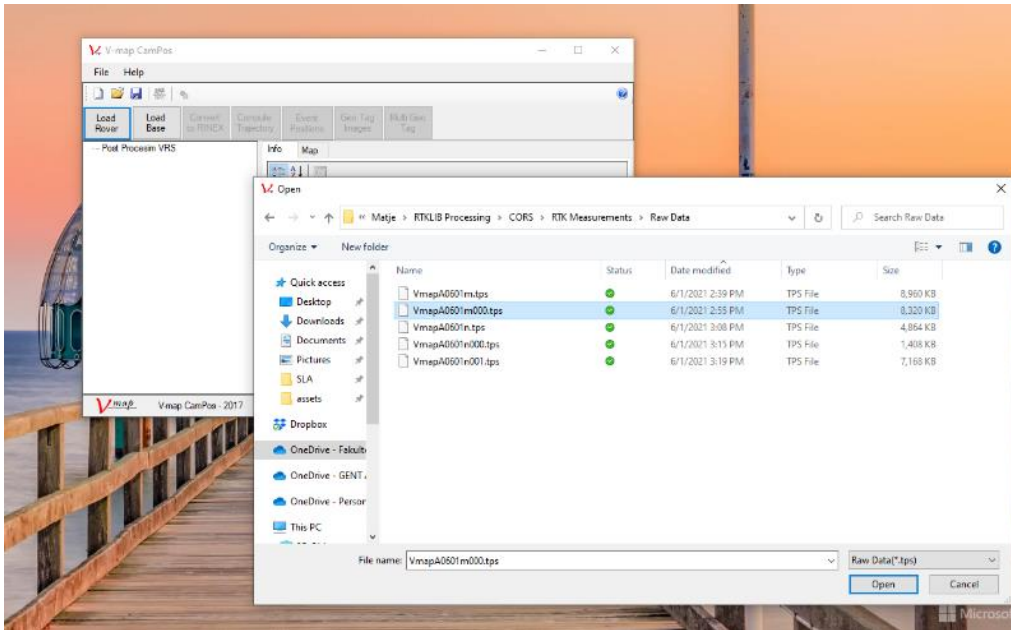


Figura 31 - Ngarkimi i të dhënave të roverit

Pasi ngarkojmë të dhënën, do të na shfaqet tabela që kërkon lartësinë e instrumentit që është përdorur për vëzhgimet e Roverit.

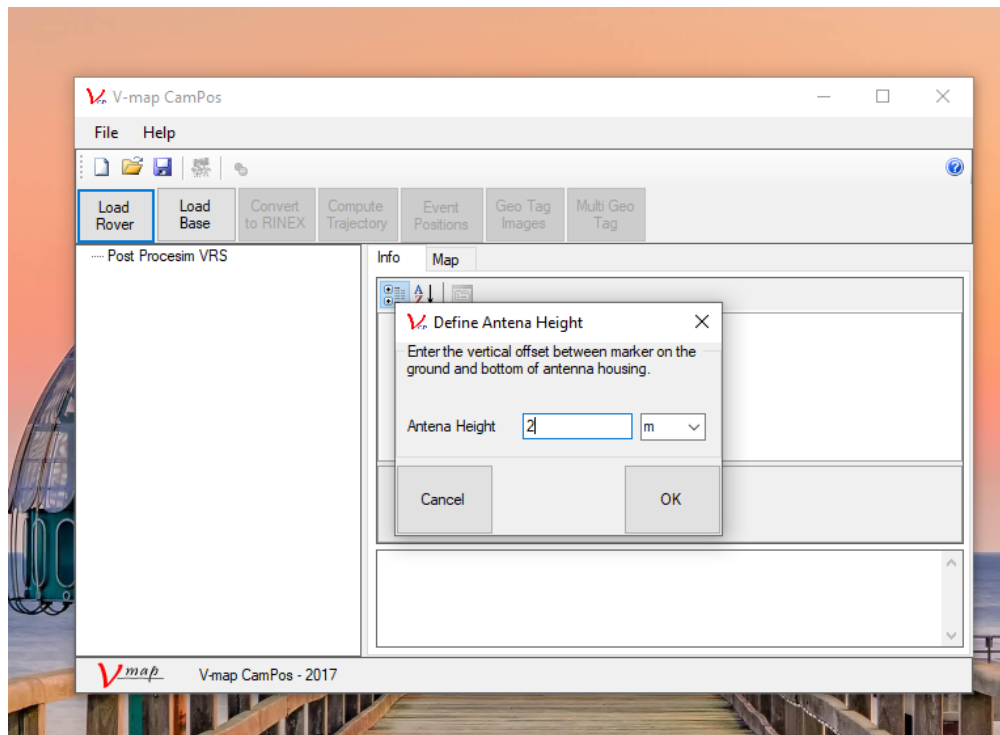


Figura 32 – Përcaktimi i lartësisë së roverit

E njëjta procedurë kryhet edhe duke ngarkuar të dhënat e bazës.

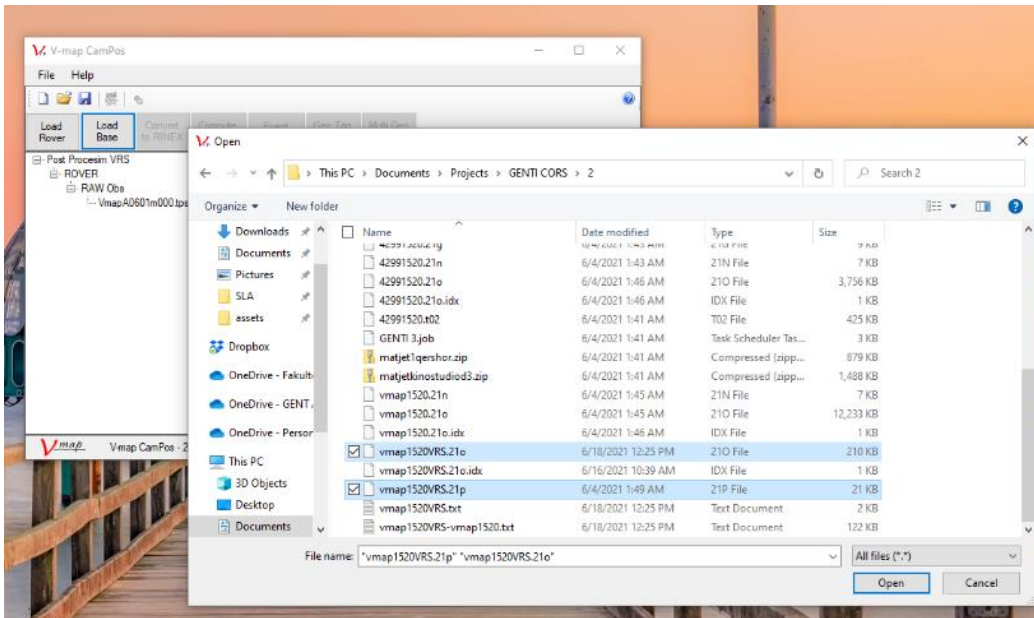


Figura 33 - Ngarkimi i të dhënave të bazës

Pasi kryejmë ngarkimet e të dhënave, në seksionin e majtë të programit do të shfaqen informacionet mbi të dhënat e ngarkuara.

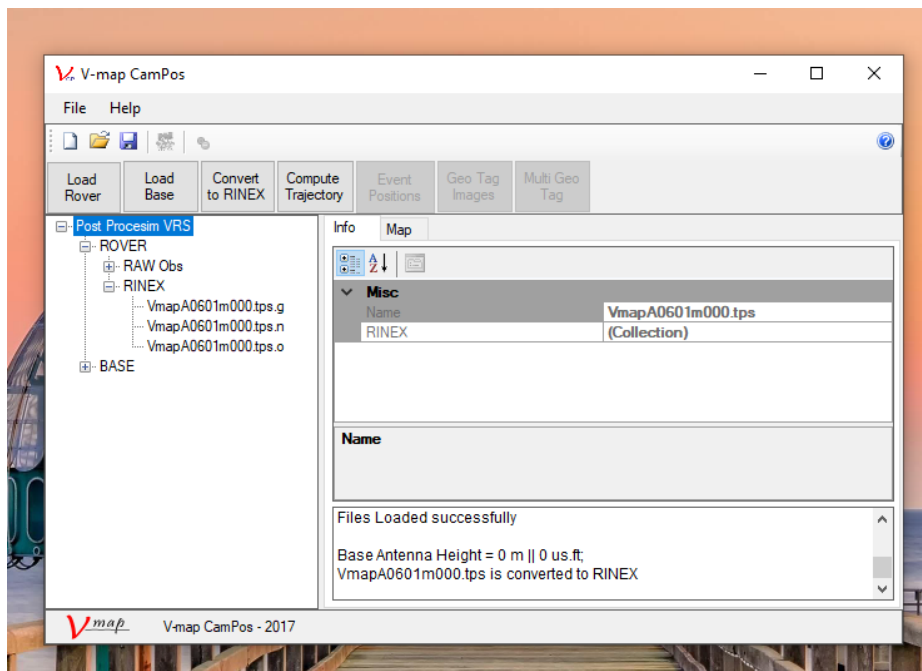


Figura 34 - Informacioni mbi të dhënat e ngarkuara

Më pas kryhet konvertimi i të dhënave të roverit në formatin RINEX dhe bëhet i mundur aktivizimi i butonit të pas përpunimit të vëzhgimeve GPS.

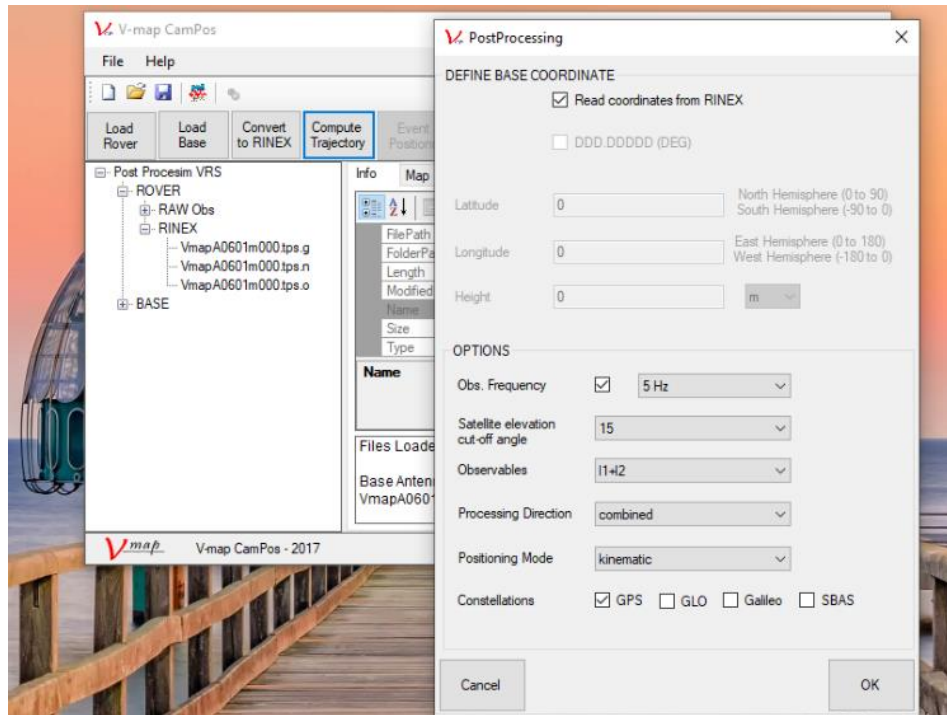


Figura 35 - Ndërfaqja e pas përpunimit të vëzhgimeve GPS

Në këtë ndërfaqe na jepet mundësia të caktojmë parametrat e pas përpunimit të vëzhgimeve GPS. Mund të zgjedhim të lexojmë koordinatat e bazës nga koka e dokumentit RINEX ose të vendosim në mënyre manuale koordinatat e sakta të bazës. Gjithashtu mund të përcaktojmë frekuencën e vëzhgimeve në 3 nivele 20Hz, 5Hz dhe 1 Hz, ku në varësi të zgjedhjes do të kemi një trajektore me të dhëna të përpunuara ku shpeshia e pikave do të jetë përkatësisht në 0.05 s, 0.2 s dhe 1 s. Mund të zgjedhim dhe parametrat e tjerë si frekuencat e GPS L1, L2 ose L5, lloji i matjes kinematike ose statike, etj.

Pasi zgjedhim parametrat dhe aktivizojmë përpunimin do të hapet një dritare e RTKLib që do të kryejë pas përpunimit e vëzhgimeve GPS në mënyre automatike.

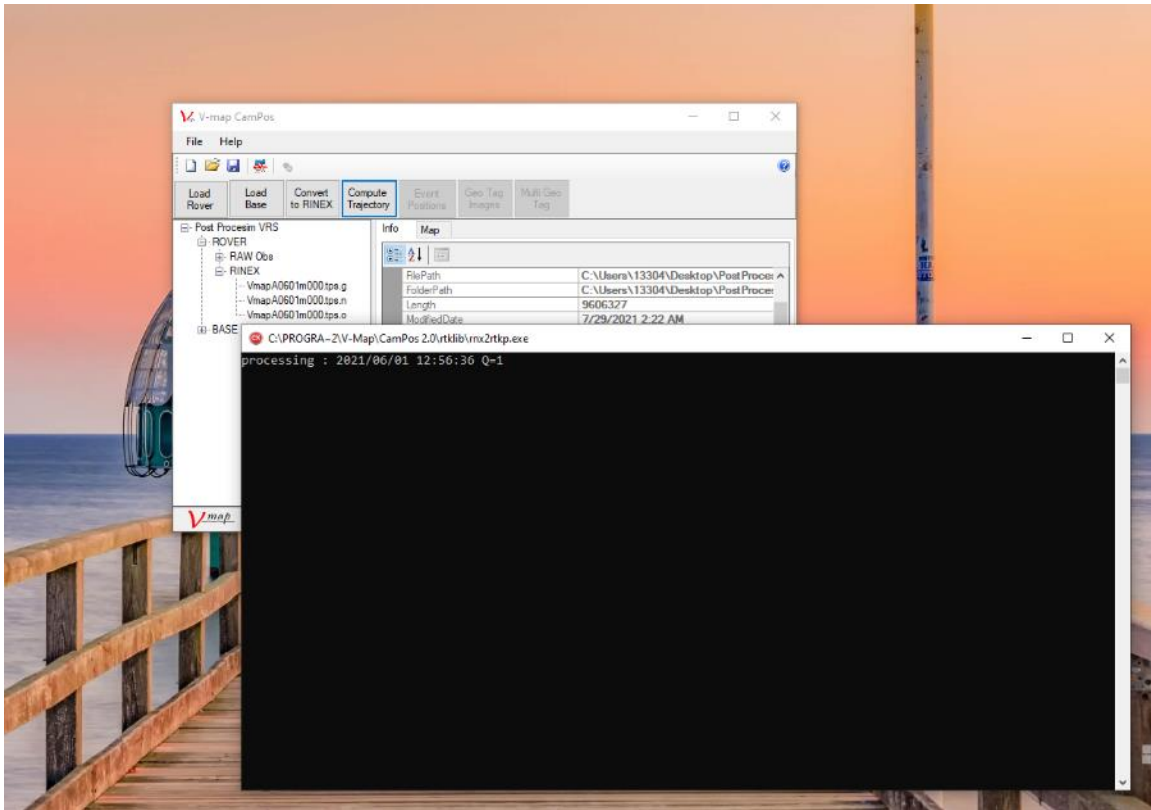


Figura 36 - Procesi i pas përpunimit nëpërmjet RTKLIB

Pasi mbaron procedura e pas përpunimit të matjeve në panelin e majtë të programit na jepet mundësia që të shohim informacionin e pas përpunimit të trajektores se kryer nga marrësi rover. Kur klikojmë tek elementi me prapashtesën .pos do të hapet një dritare që tregon pozicionimin e trajektores si dhe cilësinë e matjeve të kryera. Nëse trajektorja del me ngrë jeshile do të thotë që pas përpunimi është kryer me sukses dhe koordinatat e pikave janë gjeneruar në rregull.

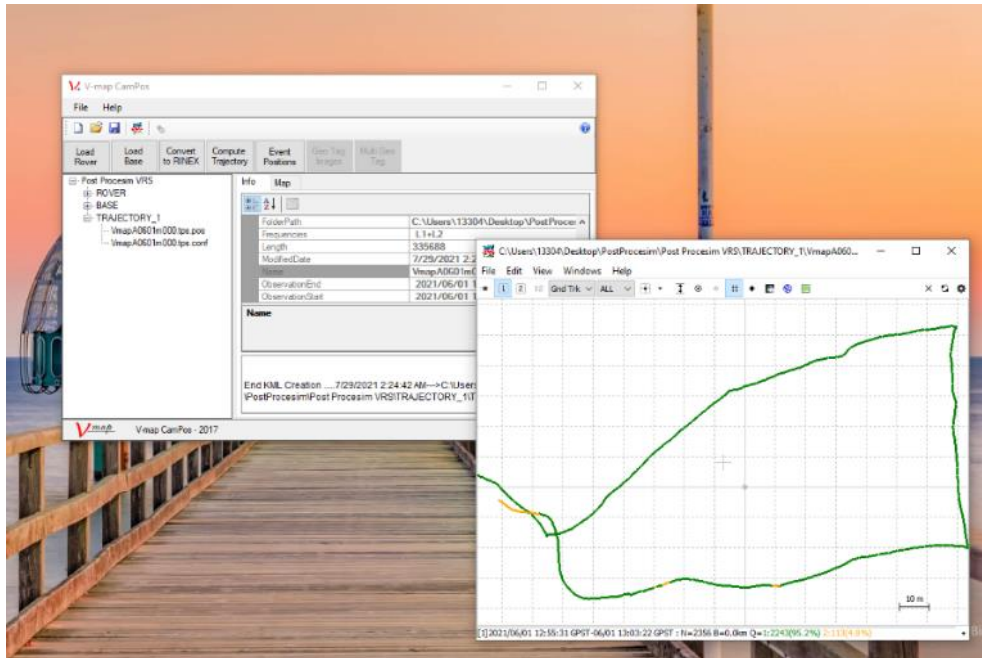


Figura 37 - Trajektorja me koordinatat e përpunuara

Nga të gjithë pikat e trajektorës ne na duhen pikat që kemi përcaktuar në terren. Për këtë procesi i fundit është gjenerimi i eventeve ku ne kemi shënuar pikat që kanë interes për ne. Në thelb gjatë matjes, në pikat ku ne jemi centruar në terren nëpërmjet një pajisje komunikuese elektronike me marrësin rover GPS kemi shënuar tek file i vëzhgimit RINEX kohën në të cilën jemi centruar tek pika detaje. Më pas programi bën një interpolim të koordinatave në kohën e shënuar. Kështu do të nxjerrim nga trajektorja vetëm pikat që ne jemi të interesuar.

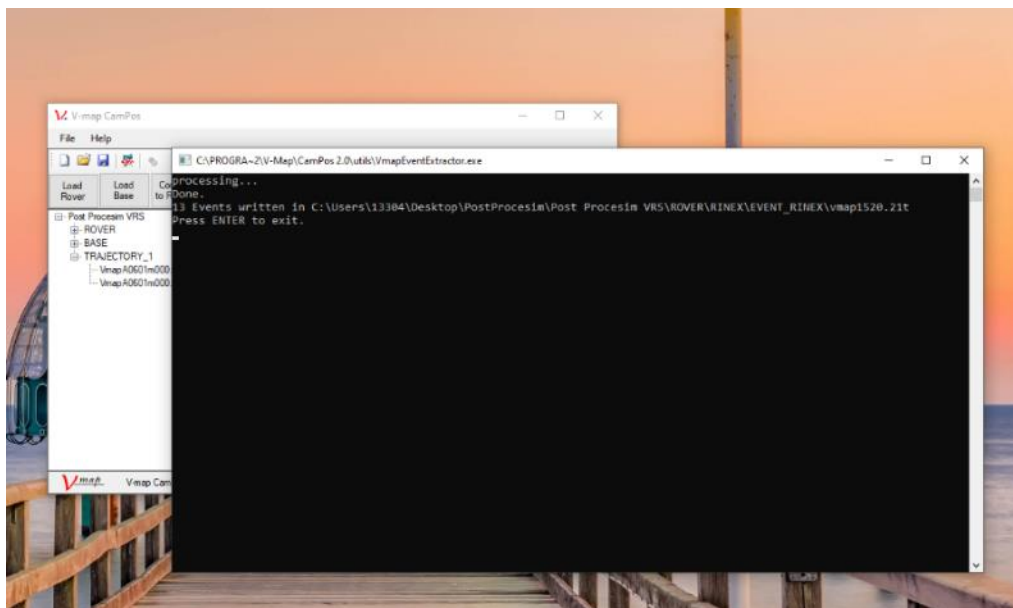


Figura 38 - Gjenerimi i pikave ku jemi centruar

Në panelin e majtë mund të marrim informacion të detajuar mbi pikat detaje që kemi matur si: koordinatat gjeografike në WGS 1984 / ETRS89, lartësia mbi elipsoid, kualiteti, nr i stelitëve,etj.

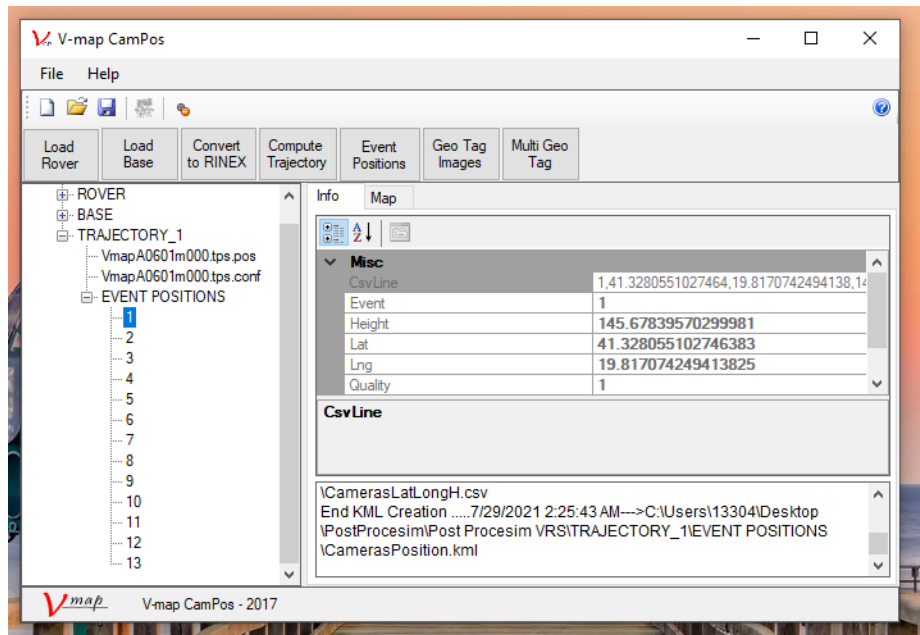


Figura 39 - Informacioni i pikave detaje

Çdo proces i kryer nga programi CamPos, tek dosja ku kemi regjistruar projektin do të ruhet i strukturuar informacioni mbi të dhënat e matura. Kështu nëse këto matje do të duhet ti përdorim përsëri do ti kemi të gjitha të strukturuar në dosjen e projektit.

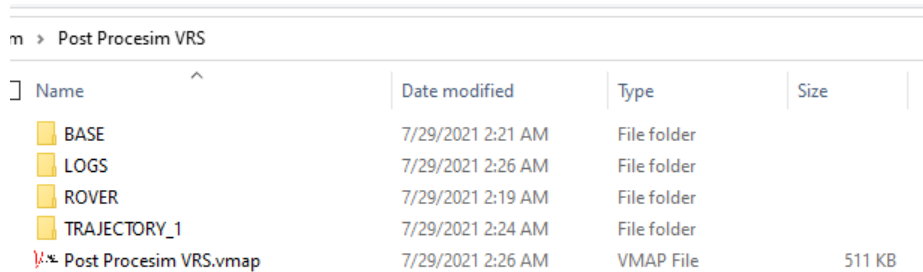


Figura 40 - Dosja e projektit

Pikat detaje të matura dhe të pas përpunuara do të mund ti kemi në format CSV/EXCEL ose në format KML i cili mund të hapet në Google Earth.(Figura 41 dhe Figura 42)

PostProcesim > Post Procesim VRS > TRAJECTORY_1 > EVENT POSITIONS

Name	Date modified	Type	Size
CamerasLatLongH.csv	7/29/2021 2:25 AM	Microsoft Excel C...	1 KB
CamerasPosition.kml	7/29/2021 2:25 AM	KML	21 KB
vmap1520.21t	7/29/2021 2:25 AM	21T File	1 KB

Figura 41 – Të dhënat mbi pikat detaje të matura

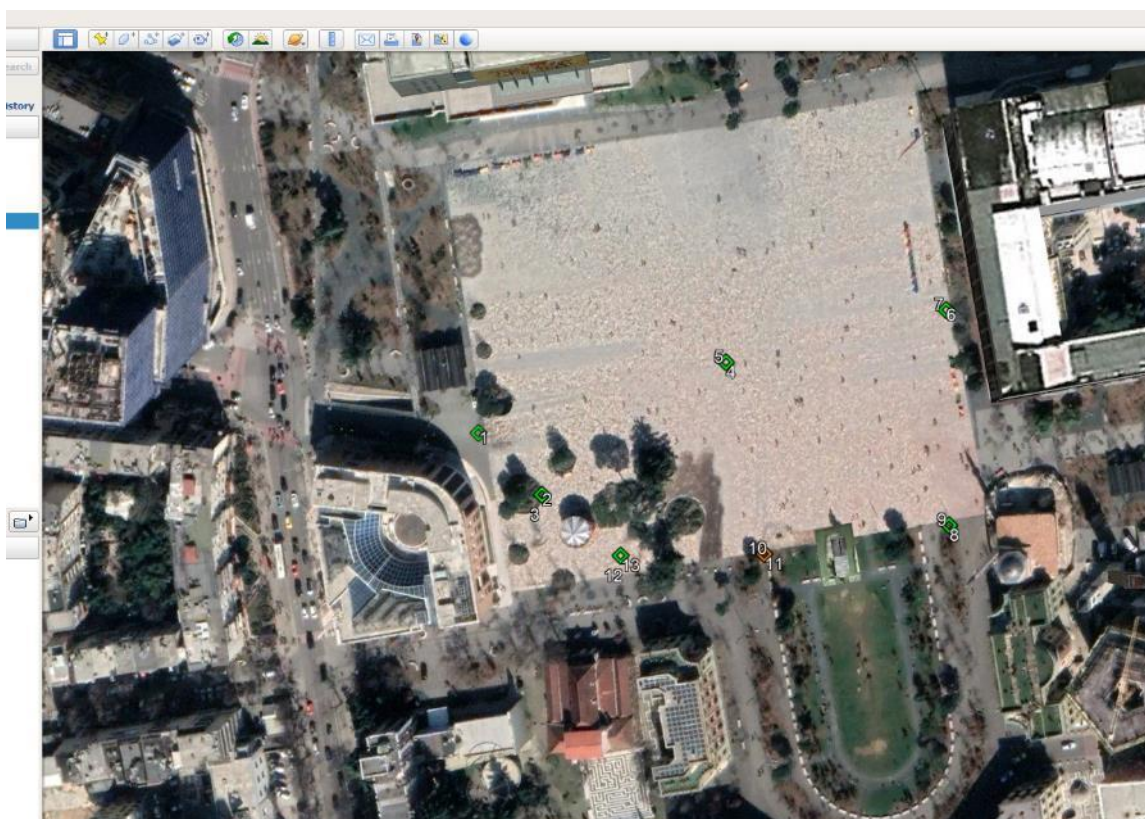


Figura 42 - Pikat e përpunuara të shfaqura në Google Earth

8.3.3 Krahasimi i matjeve të përpunuara nga bazat CORS me matjet e përpunuara nga baza VRS.

Për matjet PPK të realizuara u krye pas përpunimi duke përdorur Bazën CORS më të afërt si dhe duke përdorur bazën VRS të gjeneruar.

Marrësi GPS i përdorur kishte këto parametra për matjet PPK: $10mm+1ppm$

Duke qenë se gjatësia e vijë-bazës nga Roveri tek Baza CORS është rreth 3.3Km Gabimi instrumental ë gjatësisë së vijë bazës do të jetë $13.3mm$.

Matjet u përpunuan me anë të programit CamPos duke përdorur hapat e treguara në seksionin 7.3.4. U krijuan dy projekte të përpunimit të të dhënave. I pari duke përdorur vëzhgimet CORS dhe i dyti duke përdorur vëzhgimet VRS. Koordinatat e pikave u morën nga dokumenti CSV i gjeneruar në sistemin koordinativ gjeografik. Më pas këto koordinata u transformuan në një sistem koordinativ të projektuar përkatësisht TMz KRGJSH 2010. Në Tabela 7 tregohen rezultatet e krahasimit.

Tabela 7 - Tabela e rezultateve të krahasimit të koordinatave të pikave të përpunuara

Pika	post procesim baza CORS				post procesim baza VRS			Diferenca		
	N	E	h		N	E	h	dn	de	dh
1	4577022.261	484686.061	145.688		4577022.274	484686.0677	145.677	-0.01331	-0.00673	0.011
2	4577002.235	484708.5789	146.325		4577002.251	484708.5823	146.304	-0.01665	-0.00338	0.021
3	4577002.237	484708.5948	146.305		4577002.254	484708.6032	146.319	-0.01775	-0.00841	-0.014
4	4577050.06	484769.5015	148.344		4577050.077	484769.5107	148.371	-0.01664	-0.00924	-0.027
5	4577050.064	484769.5182	148.356		4577050.08	484769.5233	148.371	-0.01665	-0.00506	-0.015
6	4577070.865	484843.8895	146.881		4577070.881	484843.8971	146.895	-0.01553	-0.00757	-0.014
7	4577070.871	484843.8845	146.845		4577070.875	484843.8962	146.877	-0.00442	-0.01173	-0.032
8	4576997.804	484847.7597	146.872		4576997.819	484847.7664	146.884	-0.01553	-0.00673	-0.012
9	4576997.796	484847.7563	146.881		4576997.804	484847.7656	146.857	-0.00776	-0.00923	0.024
12	4576982.668	484736.3763	146.245		4576982.679	484736.3864	146.233	-0.01108	-0.01007	0.012
13	4576982.664	484736.3503	146.242		4576982.678	484736.3478	146.237	-0.01444	0.002481	0.005

9 KONKLUZIONE

Ndërtimi i Rrjeteve permanente CORS duke përdorur metodat e interpolimit mund të përdoren për të mbuluar hapësira të mëdha territori. Bazat ndërmjet stacioneve të rrjetit mund të shkojnë 60 -100 km duke bërë që me një numër të kufizuar marrësish të mund të mbulohet një territor relativisht i madh

Duke përdorur metodat e interpolimit të pozicionit si VRS rrjetet CORS mund të përdoren gjerësisht nga përdorues të ndryshëm vetëm me praninë e një marrësi të vetëm GPS (Rover). Kjo çon në ulje të kostove për mundësimin e matjeve GPS.

Nga rasti i treguar në disertacion mund të kuptojmë që pas përpunimi nëpërmjet stacioneve VRS na mundëson një saktësi të qëndrueshme gjatë procesit të matjeve si dhe bën të mundur zvogëlimin në maksimum të gabimeve që ndodhin për shkak të gjatësisë së vijë-bazës ndërmjet Roverit dhe Bazës.

Kjo veçori e bazave VRS bën të mundur që në të mund të arrijmë deri në 100km gjatësi të vijë-bazave midis pikave të rrjetit. Duke qene se largësia midis VRS dhe Roverit do të jetë në cilësinë e disa metrave gabimet e largësisë së vijë-bazave janë të papërfillshme. Në rastin e pas përpunimit me metodën diferenciale direkt mbi bazat aktive nuk mund të kalojmë më shumë së 10km gjatësi vijë-baze pa patur ndikimin e gabimeve instrumentale që vijnë si pasojë e gjatësisë së kësaj vijë-baze.

Tema e disertacionit ka një përmbajtje teorike dhe praktike mbi ndërtimin dhe kompensimin e rrjeteve GNSS dhe mund të shërbejë si një udhëzues Teknik për ndërtimin dhe kompensimin e rrjeteve GNSS.

Aplikacioni CamPos për përpunimin e vëzhgimeve GNSS mundëson përpunimin e llogaritjes së vijë-bazave duke përdorur si metodën kinematike me pas përpunim PPK ashtu dhe metodën statike të përpunimit. Ai është një aplikacion që instalohet direkt në ambientin e Windows dhe bazuar në konceptin e hapave të shpjeguara në seksionin 7.3.2 është një aplikacion i thjeshtë për përdorim. Ky aplikacion mund të përdoret gjerësisht në pas përpunimin e vëzhgimeve GNSS jo vetëm për qëllime studimore por edhe për qëllime tjera në projekte të ndryshme inxhinierike.

10 REFERENCAT

- [1] G. Qirjazi, "Determining the Position of GNSS Network Stations based on the Permanent European GNSS EUREF Network (EPN)," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 10, no. 7, pp. 779-785, 2021.
- [2] G. Xu and Y. Xu, "Introduction," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 1-14.
- [3] B. W. Parkinson and J. J. Spikler, *Global Positioning System: Theory and Applications*, vol. I and II, Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996.
- [4] R. Scherrer, *The WM GPS primer*, Heerbrugg: Wild Heerbrugg, 1987.
- [5] "ESA," European Space Agency, 2020. [Online]. Available: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo. [Accessed 12 December 2020].
- [6] G. W. Hein, M. Irsigler, J. Á. Ávila Rodríguez and T. Pany, "Performance of Galileo L1 Signal Candidates," in *ENC-GNSS 2004*, Rotterdam, 2004.
- [7] J. Wang, C. Rizos, M. P. Stewart and A. Leick, "GPS and GLONASS Integration: Modelling and Ambiguity Resolution Issues," *GPS Solutions*, vol. 5, no. 1, pp. 55-64, 2001.
- [8] C. Cai and Y. Gao, "Modeling and assessment of combined GPS/GLONASS precise," *GPS Solution*, vol. 17, no. 2, pp. 223-236, 2013.
- [9] X. Li, X. Zhang, X. Ren, M. Fritsche, J. Wickert and H. Schuh, "Precise positioning with current multi-constellation Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou," *Scientific Reports*, vol. 5, no. 8328, pp. 1-14, 2015.
- [10] N. Jiang, Y. Xu, T. Xu, G. Xu, Z. Sun and H. Schuh, "GPS/BDS short-term ISB modelling and prediction.," *GPS Solutions*, vol. 21, pp. 163-175, 2017.
- [11] G. Xu and Y. Xu, "Satellite Orbits," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 37-53.
- [12] J. J. Spilker, "GPS navigation data," in *Global Positioning System: Theory and Applications*, vol. I, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996, pp. 121-176.

- [13] M. R. Spiegel, S. Lipschutz and J. Liu, "Section XII: Numerical Methods," in *Mathematical Handbook of Formulas and Tables*, The McGraw-Hill Companies, 2009, pp. 227-241.
- [14] International GNSS Service (IGS), RINEX Working Group and Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104 (RTCM-SC104), "RINEX - The Receiver Independent Exchange Format Version 3.04," <http://acc.igs.org/misc/rinex304.pdf>, 2018.
- [15] G. Xu and Y. Xu, "GPS Observables," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 55-61.
- [16] C. C. Goad, "Single-Site GPS Models," in *GPS for Geodesy*, 2nd ed., P. J. G. Teunissen and A. Kleusberg, Eds., Berlin, Heidelberg, Springer, 1998, pp. 437-456.
- [17] C. C. Goad, "Short Distance GPS Models," in *GPS for Geodesy*, 2nd ed., P. J. G. Teunissen and A. Kleusberg, Eds., Berlin, Heidelberg, Springer, 1998, pp. 457-481.
- [18] B. W. Remondi, "Using the Global Positioning System (GPS) phase observable for relative geodesy: Modelling, processing, and results," University of Texas at Austin, Center for Space Research, 1984.
- [19] A. Leick, L. Rapoport and D. Tatarnikov, *GPS Satellite Surveying*, 4th ed., New Jersey: Wiley & Sons, 2015.
- [20] G. Xu and Y. Xu, "Physical Influences of GPS Surveying," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 63-132.
- [21] N. Ashby and J. J. Spilker, "Introduction To Relativistic Effects On The Global Positioning System," in *Global Positioning System: Theory and Applications*, vol. I, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996, pp. 623-697.
- [22] D. B. Holdridge, "An alternate expression for light time using general relativity," *JPL Space Program Summary*, vol. 37, no. 48, pp. 2-4, 1967.
- [23] W. M. Kaula, *Theory of Satellite Geodesy: Applications of Satellites to Geodesy*, New York: Dover Publications, 2001.
- [24] D. D. McCarthy, "IERS Conventions (1996)," *IERS Technical Note*, vol. 21, pp. 1-95, 1996.
- [25] K. Lambeck, *Geophysical geodesy : the slow deformations of the earth*, Oxford Science Publications, 1988.
- [26] M. Poutanen, M. Vermeer and J. Mäkinen , "The permanent tide in GPS positioning," *Journal of Geodesy*, vol. 70, pp. 499-504, 1996.

- [27] M. S. Braasch, "Multipath Effects," in *Global Positioning System: Theory and Applications*, vol. I, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996, pp. 547-568.
- [28] R. B. Langley, "Propagation of the GPS Signals," in *GPS for Geodesy*, P. J. G. Teunissen and A. Kleusberg, Eds., Berlin, Heidelberg, Springer, 1998, pp. 111-149.
- [29] R. B. Langley, "GPS Receivers and the Observables," in *GPS for Geodesy*, P. J. G. Teunissen and A. Kleusberg, Eds., Berlin, Heidelberg, Springer, 1998, pp. 151-185.
- [30] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger and J. Collins, *Global Positioning System: Theory and Practice*, 4th ed., Vienna: Springer, 1997.
- [31] P. Knudsen, H. Olsen and G. Xu, "GPS-altimetry tests—Measuring GPS signal reflected from the Earth surface," in *22nd IUGG General Assembly, IAG Symposium*, England, 1999.
- [32] A. El-Mowafy, "Precise Real-Time Positioning Using Network RTK," in *Global Navigation Satellite Systems: Signal, Theory and Applications*, J. Shuanggen, Ed., IntechOpen, 2012, pp. 161-170.
- [33] G. Xu and Y. Xu, "Parameterisation and Algorithms of GPS Data Processing," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 263-312.
- [34] G. Wübbena, M. Schmitz and A. Bagge, "PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks," in *18th International Technical Meeting, ION GNSS-05*, Long Beach, California, 2005.
- [35] "KRGJSH- Korniza Referuese Gjeodezike Shqiptare," ASIG, [Online]. Available: https://krjsh.asig.gov.al/?page_id=1218.
- [36] C. D. Ghilani, "Adjustment of GNSS Networks," in *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*, 6th ed., New Jersey, John Wiley & Sons P&T [[VitalSource Bookshelf version]]. Retrieved from vbk://9781119390619, 2017, pp. 343-388.
- [37] J. Adam and e. al, "Status of the European Reference Frame — EUREF," in *Vistas for Geodesy in the New Millennium. International Association of Geodesy Symposia*, vol. 125, S. K. Ádám J., Ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2002, pp. 42-46.
- [38] C. L. J. F. A. P. E. Bruyninx, "GNSS Metadata and Data Validation in the EUREF," *GPS Solutions*, vol. 23, no. 106, pp. 1-22, 2019.

- [39] R. A. H. G. Johnston G., "The International GNSS Service," in *Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems*, M. O. Teunissen P.J., Ed., Cham, Springer, 2017, pp. 967-982.
- [40] N. Kubo, "GNSS Precise Positioning and RTKLIB - GNSS Training 2018, Tokyo Univ. of Marine Science and Technology," 2018. [Online]. Available: https://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2018/ait-gnss/15a_PPP_RTKLIB.pdf.
- [41] T. Takasu, "RTKLIB License," 2018. [Online]. Available: <https://github.com/tomojitakasu/RTKLIB>.
- [42] G. Xu and Y. Xu, "Coordinate and Time Systems," in *GPS: Theory, Algorithms and Applications*, 3rd ed., Berlin, Heidelberg, Springer, 2016, pp. 17-36.
- [43] W. Torge and J. Müller, *Geodesy*, Berlin: De Gruyter, 2012.
- [44] P. Melchior, *The tides of the planet Earth*, Pergamon Press, 1983.