

UDK 629.052.9:629.056.8

Pregledni znanstveni članak / Review

Format opažanja RINEX i GPPS CROPOS-a

Danijel ŠUGAR, Petar JELIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. RINEX format je međunarodni standard za pohranu i razmjenu GNSS podataka opažanja. Njegov je razvoj započeo AIUB krajem 1980-ih godina za potrebe razmjene podataka opažanja prikupljenih pomoću GPS prijamnika različitih proizvođača u prvoj velikoj mjernoj kampanji čiji je cilj bio uspostava europskog referentnog okvira EUREF89. Uspostava GNSS konstelacija kao i njihova kasnija nadogradnja i modernizacija zahtijevale su definiranje novih verzija formata (RINEX 2, 3, 4) kao i njihovih ažuriranja kroz podverzije (npr. 2.10, 2.11; 4.01, 4.02). Od verzije 3.02, razvoj i održavanje RINEX formata povjereno je međunarodnoj organizaciji International GNSS Service (IGS) te je uvedeno pravilo dodjele dugih imena datoteka. RINEX format se sastoji od ASCII znakova te je kao takav čitljiv ljudima i računalima. Format se sastoji od tri tipova datoteka: datoteka s opažanjima (OBS), datoteka s emitiranim (broadcast) efemeridama (NAV) te datoteka s meteorološkim podacima (MET). Na primjeru datoteke s podacima opažanja točke CROPOS CORS točke RGNF, objašnjena je struktura RINEX verzije 3.04 koja se sastoji od zaglavlja (Header) i sekcije s podacima (Body), a svakoj je opažanoj veličini pridružen odgovarajući troznakovni kôd. Zbog ograničenog prostora ovoga članka, ali i značaja kojeg ona ima za geodete i geodetsku operativu, ovdje je fokus stavljen na strukturu i sadržaj datoteke s opažanjima (OBS). Na osnovi uspjeha RINEX formata, nastali su njemu slični ASCII formati (npr. ANTEX, IONEX, SINEX), a koje održava i razvija IGS.

Ključne riječi: RINEX, GNSS, OBS datoteka, IGS, GPPS CROPOS-a.

1. Uvod

Od samih početaka civilne upotrebe GPS-a (engl. *Global Positioning System*) i pohrane podataka opažanih veličina, svaki je proizvođač prijamnika razvijao svoj zaseban, vlasnički format datoteke (engl. *proprietary format*), koji je zbog smanjene veličine i efikasnosti pohrane bio isključivo definiran u bina-

¹ izv. prof. dr. sc. Danijel Šugar, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: danijel.sugar@geof.unizg.hr
Petar Jelić, mag. ing. geod. et geoinf., Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: petar.jelic@geof.unizg.hr

nom formatu. Takvi su formati redovito bili čitljivi samo softverima za obradu podataka proizvedenima od istog proizvođača GPS prijamnika. Na taj su način korisnici uređaja određenog proizvođača bili primorani naknadnu obradu podataka (engl. *post-processing*) obaviti u softverskom rješenju tog istog proizvođača. Takav pristup je onemogućio suradnju i interoperabilnost među geodetima i ostalim korisnicima GPS-a, pa je zbog toga nastala potreba za definiranjem jednog zajedničkog razmjenskog formata koji bi bio čitljiv svim ili velikom broju softvera za naknadnu obradu podataka. Tako se krajem 1980-ih godina počeo razvijati RINEX (engl. *Receiver Independent Exchange*) format, koji se od tadašnje verzije RINEX 1 razvio do aktualne verzije RINEX 4.02 te je u međuvremenu postao međunarodni standard za razmjenu i pohranu GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) podataka opažanja. RINEX format je omogućio interoperabilnost između GNSS prijamnika različitih proizvođača, kao i programskih rješenja za obradu GNSS mjerenja.

2. Povijesni razvoj formata RINEX

GPS se od svoje idejne koncepcije 1973. godine razvijao kao vojni sustav koji je kao takav bio namijenjen isključivo za vojne potrebe. Međutim, nakon obaranja civilnog putničkog zrakoplova *Korean Air Lines*, leta 007 na liniji od New Yorka preko Anchoragea (Aljaska) do Seoula (Južna Koreja) od strane vojnog zrakoplovstva SSSR-a, a koji se dogodio u rujnu 1983. godine jugozapadno od otoka Sahalina, tadašnji predsjednik SAD-a Ronald Reagan donio je odluku o početku korištenja GPS-a za civilne potrebe. Naime, zbog navigacijske pogreške pilota, putnički zrakoplov je skrenuo s predviđene putanje, ušao je u zračni prostor SSSR-a te je procijenjen kao špijunski i oboren pri čemu su poginuli svi putnici i članovi posade (URL 1). Omogućavanje korištenja GPS-a za civilne potrebe ubrzalo je razvoj i proizvodnju odgovarajućih GPS prijamnika, definiranja tehnika opažanja te se uskoro uvidio veliki potencijal njegove primjene u geodeziji. Tada razvijane metode relativnog pozicioniranja ponajprije su se oslanjale na prikupljanje podataka opažanja i njihovoj naknadnoj obradi. Metoda relativnog pozicioniranja s određivanjem koordinata u realnom vremenu (engl. *Real-Time Kinematic – RTK*) pojavila se tek ranih 1990-ih godina. Iako je svaki geodetski GPS prijamnik pohranjivao iste opažane veličine (kôdne pseudoudaljenosti i fazna opažanja na jednoj ili dvije noseće frekvencije), svi su proizvođači razvili svoj zaseban, vlastiti format datoteke za pohranu podataka koji je bio optimiran za njihove prijamnike, a format je uključivao neke dodatne i pomoćne podatke (Gurtner 1994). GPS uređaji svih proizvođača pohranjivali su sirove podatke opažanja u vlastitim, binarnim formatima koji su po svojim karakteristikama kompaktni, optimiziraju opažane veličine, povećavaju izvedbu putem svojih vlastitih algoritama i softverskih modula (ili cijelih programskih paketa) čime se korisnici vezuju upravo za tog specifičnog proizvođača. Softver za naknadnu obradu podataka opažanja razvijen od strane proizvođača prijamnika, bio je potpuno prilagođen za čitanje i interpretaciju takvih vlastitih formata binarnih datoteka. Problem je bio u tome što takvi softveri za obradu podataka GPS opažanja nisu mogli čitati formate datoteka drugih proizvođača. To se moglo riješiti na dva načina: ili da

se razvije unutarnji softver koji će interpretirati i konvertirati sirove podatke (engl. *raw data*) za svaki pojedini tip prijamnika ili je bilo potrebno definirati jedinstveni format datoteke za razmjenu i odgovarajući softver za konverziju sirovih podataka u taj razmjenski format. U ovom drugom slučaju, softveri za obradu podataka opažanja bi pored vlastitih formata prihvaćali i taj razmjenski format. Međutim, sada je trebalo postići dogovor i usuglasiti detalje oko tog zajedničkog razmjenskog formata (*ibid.*).

S obzirom na veliki broj proizvođača GPS prijamnika prisutnih na tržištu kao i njihovih vlastitih softverskih paketa i formata datoteka, geodeti i ostali korisnici GPS-a su postali uvelike zainteresirani za razmjenu podataka opažanja i njihovu zajedničku obradu. Zbog toga su različite istraživačke skupine razvile četiri razmjenska formata (*ibid.*):

- FICA (engl. *Floating Integer Character ASCII*) format razvio je *Applied Research Laboratory of the University of Texas*, Austin, SAD,
- ARGO (engl. *Automatic Reformatting GPS Observations*) format razvio je *U.S. National Geodetic Survey (NGS)*,
- ASCII (engl. *American Standard Code for Information Exchange*) razmjenski format za svoje unutarnje potrebe razvio je *Geodetic Survey of Canada*,
- RINEX format, čiji je nacrt verzije razvio *Astronomical Institute of the University of Berne (AIUB)*, Bern, Švicarska, za potrebe razmjene podataka opažanja između institucija uključenih u veliku mjernu GPS kampanju koja je provedena u svibnju 1989. godine s ciljem uspostave europskog geodetskog referentnog okvira EUREF89. U mjernoj kampanji EUREF89 korišteno je preko 60 GPS prijamnika, četiriju različitih proizvođača na više od 90 stajališta (Janssen 2023, AIUB 2018). Sukladno izvoru URL 2 to su bili sljedeći proizvođači GPS prijamnika: *MINIMAC*, *Trimble*, *Wild-Magnavox (WM)* i *Texas Instruments (TI)*.

U ožujku 1989. godine na 5th *International Geodetic Symposium on Satellite Positioning* u Las Cruces, Novi Meksiko, SAD, susreli su se autori navedenih formata kako bi raspravili razlike između tih formata i postigli dogovor oko jednog preporučenog formata. Taj preporučeni zajednički razmjenski format slijedio je nacrt RINEX formata s nekoliko izmjena. Format je tada nazvan RINEX verzija 1 te je postao preporučeni format unutar geodetske zajednice (Gurtner 1994). RINEX format se temeljio na formatu koji je razvio i koristio *US National Geodetic Survey (NGS)* za razmjenu GPS podataka opažanja prikupljenih u sklopu *Cooperative International GPS Network (CIGNET)* – prve globalne mreže permanentnih GPS prijamnika korištenih za civilne geodetske svrhe (AIUB 2018).

Rasprave oko formata nastavljene su u kolovozu 1989. godine na *General Meeting of the International Association of Geodesy*, Edinburgh, Ujedinjeno Kraljevstvo te ponovno u rujnu 1990. godine na *Second International Symposium on Precise Positioning with GPS* u Ottawi, Kanada. Nakon tih sastanaka nastao je format RINEX verzija 2 koji je omogućavao pohranu opažanja prikupljenih brzom statičkom (*Fast-Static*) i kinematičkom (*Kinematic*) metodom, a uključivao je i dodatna manja poboljšanja. Tako je RINEX format postao međunarodni standardni format za razmjenu GPS podataka opažanja.

Ranih 2000-tih planirane su nove GNSS konstelacije, a uskoro je počelo emitiranje njihovih novih signala te je ubrzo postalo jasno da RINEX 2 ne može pružiti punu potporu praćenju novih signala. Novi BeiDou, Galileo, QZSS kao i modernizirani GPS i GLONASS s novim frekvencijama i kôdovima opažanja zahtijevali su novu verziju formata – RINEX 3 (IGS 2018). Godine 2021. objavljen je RINEX 4 koji predstavlja značajniju reviziju formata s ciljem modernizacije datoteka navigacijske poruke koja će biti prilagođena novim porukama svih GNSS konstelacija kao i drugim sistemskim podacima poput ionosferskih korekcija, EOP-a (engl. *Earth Orientation Parameters*) te otklonima sistemskih vremena satelitskih sustava (URL 3). Format opažanja proširen je tj. pripremljen je za buduće nadolazeće signale GPS-a, ali i drugih satelitskih sustava, dok je format za meteorološke podatke ostao isti (Gini 2024).

Kako je RINEX format postajao prihvaćen od šire zajednice, proizvođači geodetskih GPS prijamnika počeli su izrađivati samostalne programe za konverziju vlastitih binarnih formata u razmjenski format RINEX verzija 2. Također, softveri za obradu GPS podataka opažanja često proizvedeni od strane istih proizvođača GPS prijamnika, počeli su prihvaćati RINEX kao ulazni (*Input*) format. Isto tako, znanstveni softveri za obradu GPS opažanja (npr. *Bernese SW*) sadržavali su module za konverziju vlasničkih formata više proizvođača GPS prijamnika (Gurtner 1994).

Potrebno je ovdje istaknuti kompleksnost pregovora između strana uključenih u definiranje i razvoj formata kao i razinu povjerenja koja je bila potrebna između AIUB i proizvođača GPS uređaja i opreme kako bi ovi potonji dopustili pristup svojem intelektualnom vlasništvu sadržanom u strukturi i sadržaju vlastitih formata datoteka svakog pojedinog proizvođača, a sve u cilju postizanja razmjenskog formata koji će omogućiti interoperabilnost (Janssen 2023).

Tijekom vremena, počevši od 1989. godine do današnjih dana, RINEX format se razvijao, nadograđivao, modificirao i proširivao (od verzije 3.02 pod okriljem IGS-a) kako bi odgovorio izazovima novih i moderniziranih GNSS sustava i opažanih veličina te tako postao međunarodni standard koji se koristi za prijenos, arhiviranje i distribuciju podataka. Dovoljno je istaknuti da se podaci u RINEX formatu uvelike koriste za praćenje i definiranje novih verzija ITRF-a (*International Terrestrial Reference Frame*) koji se pored ostalih svemirskih tehnika (VLBI – *Very Long Baseline Interferometry*, SLR – *Satellite Laser Ranging*, DORIS – *Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*) temelje na GNSS podacima opažanja (URL 3).

U okviru IGS-a, u prosincu 2011. godine uspostavljen je *IGS/RTCM Receiver Independent EXchange (RINEX) Committee* s ciljem ažuriranja i održavanja RINEX formata. Budući da se RINEX format uvelike koristi kako u GNSS zajednici tako i u industriji, odlučeno je da njime trebaju zajednički upravljati IGS i *Radio Technical Commission for Maritime Services – Special Committee 104 (RTCM-SC104)*. Taj odbor se sastoji od znanstvenih i institucionalnih članova IGS-a te od članova industrije u sklopu RTCM-SC104 (URL 3).

U tablici 1 prikazan je razvoj verzija RINEX formata i pripadajućih podverzija s njihovim bitnim karakteristikama od 1989. godine do danas aktualne verzije 4.02.

Tablica 1. *Razvoj RINEX formata s bitnim karakteristikama pojedine verzije.*

Verzija/podverzija	Sadržaj/bitna karakteristika	Godina objave
RINEX ver. 1	Samo statička GPS opažanja, jedno stajalište po datoteci.	1989.
RINEX ver. 2	Mogućnost praćenja drugih satelitski sustava (GLONASS, SBAS).	1990.
RINEX ver. 2.10	Uvedene jačine signala kao nove opažane veličine.	2002.
RINEX ver. 2.11	Uvedeni dvoznakovni kôdovi opažanih veličina, mogućnost praćenja Galileo satelita.	2005.
RINEX ver. 3	Podrška za multi-GNSS s jasno naznačenim načinom praćenja, uvođenje troznakovnog kôda opažanih veličina za sve GNSS konstelacije.	2007.
RINEX ver. 3.00	Podrška za multi-GNSS, definiranje prijamnika u svemiru.	2007.
RINEX ver. 3.01	Uvedeno generiranje konzistentnih opažanja faza.	2009.
RINEX ver. 3.02	Dodana podrška za QZSS, dodatne informacije za BDS.	2013.
RINEX ver. 3.03	Dodana podrška za NavIC, pojašnjeni implementacijski problemi iz verzije 3.02.	2015.
RINEX ver. 3.04	Dodana su pojašnjenja za signale GLO, QZSS i BDS.	2018.
RINEX ver. 3.05	Dodana je podrška za signale BDS-2 i BDS-3 kao i njihovi kôdovi praćenja.	2020.
RINEX ver. 4	Dodana podrška za modernu, multi-GNSS navigacijsku poruku.	2021.
RINEX ver. 4.00	Modernizacija formata GNSS navigacijske poruke.	2021.
RINEX ver. 4.01	Dodani novi kôdovi opažanja budućih GPS satelita.	2023.
RINEX ver. 4.02	Nadopuna GLO navigacijske poruke, definiranje 1 ps rezolucije vremenske oznake u OBS datoteci.	2024.

S obzirom na to da je *dr. sc. Werner Gurtner* (1949–2009) (URL 4) predvodio razvojnu skupinu AIUB-a te sudjelovao u definiranju i razvoju RINEX formata od samog početka 1989. godine i RINEX verzije 1 pa kontinuirano sve do RINEX verzije 3.01 (lipanj 2009), možemo ga smatrati začetnikom RINEX-a. Detaljne specifikacije o RINEX formatima počevši od verzije 2.10 do najnovije verzije 4.02 mogu se pronaći na stranicama *EUREF Permanent GNSS Network – EPN* (URL 5) ili stranicama *International GNSS Service – IGS* (URL 6).

Zbog razumijevanja konteksta i povijesnih okolnosti u kojima je došlo do nastanka RINEX formata, potrebno je naglasiti da je *International Association of Geodesy (IAG)* 1987. godine na Općoj skupštini *International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)* održanoj u Vancouveru, Kanada utemeljila *IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe – EUREF* s ciljem definicije, realizacije i održavanja Europskog referentnog okvira (URL 7). Mjerna GPS kampanja koja je pokrivala područje zapadne Europe pokrenuta je 1989. godine kako bi se uspostavio jedinstveni *European Reference Frame (EUREF)*. Kroz GPS kampanje kasnijih godina, mreža je proširena na istok Europe te je međunarodna suradnja rezultirala uspostavom trodimenzionalne geodetske mreže povezane

s globalnim i nacionalnim referentnim sustavima. Prije toga, krajem 1980-ih godina značajno su porasli zahtjevi za geoinformacijama koje bi se temeljile na jedinstvenom geodetskom referentnom sustavu što je potaknuto dostupnošću i razvojem GPS-a te njegovom primjenom u geodeziji, navigaciji, prometu, logistici itd. Tako je, primjerice, automobilska industrija za potrebe navigacije zahtijevala karte u jedinstvenom koordinatnom sustavu, a *EUROCONTROL* je s druge strane zahtijevao precizne pozicije zračnih luka, zbog čega su kartografske agencije (npr. u Hrvatskoj je to Državna geodetska uprava – DGU) bile pod pritiskom da se uspostavi jedinstveni referentni okvir (Adam i dr. 2000).

Danas RINEX format podataka koriste brojni sudionici: od međunarodnih organizacija poput IGS-a ili EPN-a, akademskih institucija poput AIUB-a ili GEOFA, državnih uprava (DGU, CROPOS) do privatnog sektora i brojnih korisnika u geodetskoj operativi. Također, RINEX format GNSS podataka opažanja se koristi za računanje koordinata s pomoću *online* servisa poput *Trimble CenterPoint RTX Post-Processing Service* (URL 8) ili *Natural Resources Canada CSRS-PPP* (URL 9). Oba servisa omogućavaju učitavanje RINEX datoteke opažanja prikupljenih samo statičkim (*CenterPoint RTX, CSRS-PPP*) ili i kinematičkim mjerenjima (*CSRS-PPP*) gdje se primjenom *Precise Point Positioning (PPP)* metode određuju koordinate iskazane u nekoj od verzija ITRF-a.

3. Struktura, sadržaj i naziv datoteke formata RINEX

Od samih početaka razvoja, razmjenski format GPS podataka opažanja trebao je imati sljedeće karakteristike (Gurtner 1994):

- jednostavnu prenosivost između operativnih sustava (OS) računala,
- laku čitljivost od strane softvera i ljudi,
- malu veličinu datoteke (smanjeni memorijski zahtjevi),
- olakšanu proširivost datoteke kako bi u budućnosti mogao uključiti nove opažane veličine,
- pristup svim podacima vezanima za stajalište unutar same datoteke za olakšanu naknadnu obradu (*Post-Processing*),
- izostanak redundantnih podataka,
- informacije koje su ograničene na ono što je potrebno za obradu (tj. ne radi se o formatu za arhiviranje),
- izostanak posebnih formatiranja za prijenos podataka u realnom vremenu (npr. nisu potrebne provjere pogrešaka prijenosa kao ni posebni podaci o sinkronizaciji).

RINEX kao format koji se sastoji isključivo od ASCII znakova udovoljava svim gore navedenim karakteristikama osim 'maloj veličini datoteke'. Prve dvije navedene karakteristike imaju puno veću težinu od treće, tim više što su za rješavanje tog nedostatka već tada postojali algoritmi za kompresiju/dekompresiju koji mogu značajno smanjiti veličinu datoteke. ASCII zapis je najčešći format kodiranja znakova za tekstualne potrebe u računalima čime su defini-

rani kôdovi za 128 znakova, uključujući velika i mala slova, brojeve od nula do devet i interpunkcijske znakove u sedmobitne cijele brojeve (URL 10).

U početku je format bio tako definiran da se sastoji od zapisa duljine maksimalno 80 ASCII znakova u jednom redu kako bi se ljudima omogućila lakša čitljivost i uređivanje sadržaja datoteke na zaslonima monitora, a u isto vrijeme osigurala jednostavna razmjena između različitih računalnih sustava. Cijena te čitljivosti je ta da takve datoteke uvijek zauzimaju više memorijskog prostora (veličina datoteke) u odnosu na izvorne datoteke u binarnom formatu.

Svaka se takva RINEX datoteka sastoji od zaglavlja (*Header*) u kojem se nalaze obavezni i opcionalni zapisi koji opisuju sadržaj datoteke te informacije koje ostaju konstantne za cijelu datoteku. To su zapisi poput tipa datoteke, imena stajališta, tipova opažanih veličina, približne pozicije antene, visine antene itd. Svaki zapis zaglavlja sadrži obavezne oznake u stupcima 61–80 koji moraju izgledati upravo onako kako je definirano samim formatom datoteke. Nakon zaglavlja dolazi tijelo datoteke (*Body*) tj. sekcija s oznakama vremena i podacima opažanja. Datoteka završava s praznom linijom (*Blank Line*) (Janssen 2023). Format je optimiziran za minimalno korištenje memorijskog prostora neovisno o broju različitih tipova opažanih veličina specifičnih za GNSS prijamnik ili satelitski sustav, na način da su u zaglavlju datoteke navedeni tipovi opažanih veličina (IGS 2018).

RINEX format se sastoji od tri zasebna tipa datoteka:

- datoteke s opažanjima (*Observation file – OBS*),
- datoteke s odaslanom (emitiranom) navigacijskom porukom (*Broadcast Navigation Message file – NAV*),
- datoteke s meteorološkim podacima (*Meteorological file – MET*).

Iako RINEX format sadrži više vrsta datoteka, u ovom radu je fokus stavljen na podatke opažanja (OBS) budući da su oni od posebnog značaja za geodete i najveća je vjerojatnost korištenja i mogućeg uređivanja tih podataka od strane geodetskog stručnjaka.

Kako bi se povećalo razumijevanje podataka zaglavlja koji se nalaze u stupcima 1–60, njihov opis nalazi se u stupcima 61–80 (vidi sliku 4). Taj je opis dio RINEX formata te je kao takav striktno propisan. Postoji određena sloboda u redoslijedu opisa zaglavlja, a samo zaglavlje završava sa zapisom 'END OF HEADER'. Opažane veličine koje se pohranjuju u RINEX formatu uključuju kodne pseudoudaljenosti [m], fazna mjerenja na jednoj ili više nosećih frekvencija [ciklus valne duljine], Dopplerova mjerenja [Hz], jačina signala [dBHz] i vrijeme opažanja [s].

Glavna nit vodilja za definiranje i razvoj RINEX formata je bila činjenica da većina geodetskih softvera za obradu GNSS podataka koristi dobro definiran skup opažanih veličina (Gini 2024):

- mjerenja faza na jednoj ili dvije frekvencije (radi se, zapravo o mjerenju razlike faza (engl. *beat phase*) između signala primljenog sa satelita i referentne frekvencije generirane u prijamniku). Naime, nosač kojeg generira prijamnik ima nominalno konstantnu frekvenciju, dok je primljeni signal

promjenjive frekvencije zbog Dopplerova pomaka kao posljedice relativnog gibanja prijamnika i satelita. Razlika primljenog nosača i u prijamniku generiranog nosača se naziva *'beat phase'* budući da je fazna razlika povezana s razlikom, ili *beat frekvencijom* dva vala nosača (Langley 1993),

- mjerenja kôdnih pseudoudaljenosti, a to odgovara razlici vremena između prijema signala (izraženog u vremenskom okviru sata prijamnika) i vremena odašiljanja signala (izraženog u vremenskom okviru sata satelita),
- Dopplerova mjerenja što odgovara razlici između opažane i emitirane frekvencije nosača,
- *Signal-to-noise* (SNR) mjerenja, a to je omjer gustoće nosača i šuma (*carrier to noise density ratio* – C/N0) odnosno omjeru snage primljenog signala i snage šuma,
- opažanje vremena tj. očitavanju sata prijamnika u trenutku referentnom za prikupljena opažanja kôdova i faza simultano prikupljenih sa svih satelita. Uobičajeno se iskazuje u GPS vremenu (*GPS Time*).

Uobičajeno, geodetski softver za obradu GNSS opažanja podrazumijeva da je vrijeme zapisano u RINEX formatu važeće za sva opažanja te za sve opažane satelite. Stoga, svi takvi softveri ne trebaju sve podatke koji su uobičajeno pohranjeni u prijamniku, već trebaju samo nužno potrebna opažanja faza, kôdova i vremena te nekoliko podataka o stajalištu poput imena točke, visine antene, modela antene i prijamnika itd. (Gini 2024).

Vrlo je važno da popis tipova opažanih veličina i njihov redoslijed budu striktno definirani u zaglavlju RINEX datoteke kako bi ih softver za naknadnu obradu GNSS opažanja ispravno interpretirao (Gurtner 1994).

Iako je u ovome radu fokus stavljen na datoteku s opažanjima (OBS), kratko ćemo se osvrnuti na strukturu i sadržaj NAV i MET datoteke. Navigacijska datoteka sadrži podatke o orbitama satelita (broadcast efemeride), parametrima satova satelita, informacije o zdravlju satelita i očekivane točnosti mjerenja pseudoudaljenosti. Iako su kod ranijih verzija RINEX formata navigacijske poruke za GPS i GLONASS bile dane u zasebnim datotekama, RINEX 3 podržava i datoteke mješovitih navigacijskih poruka (*Mixed navigation data file*) za sve GNSS konstelacije (Montenbruck i MacLeod 2017). RINEX format datoteke s meteorološkim podacima (MET) definiran je kako bi se pojednostavila razmjena i obrada meteoroloških podataka prikupljenih na stajalištima. Podaci koji se prikupljaju su tlak zraka [mbar], temperatura suhog termometra [°C], relativna vlažnost [%] i (opcionalno) vlažno zenitno troposfersko kašnjenje (*zenith wet tropospheric path delay*) [mm], a dobiveno iz radiometrijskih mjerenja vodene pare.

Kako je navedeno u radu Gurtner (1994), tadašnji IGS (do 2005. godine se nazivao *International GPS Service for Geodynamics*) je postao jedan od najvažnijih zajednica korisnika za razmjenu i korištenje (komprimiranih) RINEX podataka. Naime, podaci opažanja u RINEX formatu se distribuiraju putem interneta te kasnije koriste za računanje preciznih efemerida satelita. Također, Gurtner (1994) ističe da je još u tijeku imenovanje organizacije koja će biti zadužena za održavanje RINEX formata. Kasnije se ispostavilo da je to postao upravo IGS,

koji se od 2005. godine naziva IGS – *International GNSS Service* (Johnston i dr. 2017).

U početku su se imena datoteka definirala sukladno starom pravilu imenovanja (engl. *short file Naming Convention*), dok je od RINEX verzije 3.02 u primjeni novo pravilo (engl. *long file Naming Convention*) što će biti objašnjeno u nastavku. Imena RINEX datoteka ne smiju sadržavati znakove poput razmaka, zagrada ili simbola.

Do verzije 3.02 imena datoteka s opažanjima sastojala su se od 8 znakova nakon kojih dolazi troznakovna oznaka ekstenzije sukladno pravilu:

- XXXXDDDS.YYO

gdje se 'XXXX' odnosi na 4-znakovnu oznaku stajališta (npr. RGNF), 'DDD' se odnosi na dan u godini (*Day of the Year – DOY*; npr. 1 do 365 ili 366 za prijestupnu godinu) prvog zapisa s opažanjima, 'S' je broj sesije unutar dana opažanja (npr. 0 do 9 ili A do X gdje znak engleskog alfabeta označava sat prvog zapisa opažanja u tekućem danu npr. A = 0 sati, X = 23 sata), 'YY' se odnosi na zadnje dvije znamenke godine (npr. za godinu 2025. to je '25'), dok se oznaka 'O' odnosi na datoteku s opažanjima (*Observation file – OBS*). Ekstenzija ponekad ukazuje i na tip kompresije primijenjen da se dodatno reducira veličina izvorne ASCII datoteke.

Primjerice, RINEX ver. 3.04 datoteka s opažanjima za točku RGNF, a koja sadrži podatke iz vremenskog prozora 29. travnja 2025., 11:00:00 – 11:29:45 GPST (DOY = 119) nosi naziv 'RGNF119L00.25o' gdje je 'RGNF' = naziv točke', '119 = DOY', 'L = 11. sat' u kojem je prikupljen prvi zapis (epoha) s opažanjima, a znakovi '00' su nadopunjeni zbog pravila imenovanja (uvedeno s RINEX ver. 3.02) da elementi naziva moraju biti ispunjeni nulama ('0') kako bi se to polje ispunilo do svoje zadane veličine (u ovom slučaju to je 9 znakova i 1 znak delimitera ukupno čini 10 znakova).

Dr. sc. Yuki Hatanaka (2008) iz *Geospatial Information Authority of Japan*, razvio je algoritam kompresije i odgovarajući softverski alat koji koristi poznatu strukturu RINEX datoteke s opažanjima (OBS) tako da formira vremenske razlike višeg reda između opažanja istoga tipa i satelita. Uobičajeno je takva datoteka označena s ekstenzijom 'YYd' (Janssen 2023). Primjenom te kompresije nastaju tzv. *Compact RINEX* formati čime se smanjuju veličine izvorne ASCII RINEX datoteke za potrebe jednostavnije i brže distribucije putem interneta. Detalji o Hatanaka algoritmu kompresije i dekompresije RINEX datoteka s opažanjima mogu se pronaći na URL 11. Nadalje, veličine komprimiranih datoteka u Compact RINEX formatu mogu se dodatno smanjiti korištenjem standardnih programa za kompresiju čime se dobivaju UNIX komprimirane (YYd.Z) ili gzip komprimirane (YYd.gz) Hatanaka RINEX datoteke (Janssen 2023).

Cilj tog novog pravila imenovanja datoteka je da ono bude više opisno, fleksibilno i proširivo imajući u vidu činjenicu da moderni operativni sustavi dopuštaju imena datoteka duljine do 255 znakova. Ono omogućava efikasniju pohranu i razmjenu RINEX podataka posebice u velikim zajednicama poput IGS-a (Janssen 2023). Za praktičnu primjenu, ovo pravilo se čini previše složenim, međutim,

važno je upoznati se s njegovom strukturom i sadržajem koji uključuje podatke poput izvora podataka, početka opažanja, trajanja, intervala pohrane i tipa podataka. Struktura naziva RINEX datoteke može se prikazati kao:

IME_IZVOR_POČETAK_PROZOR_INTERVAL_SADRŽAJ.FORMAT.KOMPRESIJA.

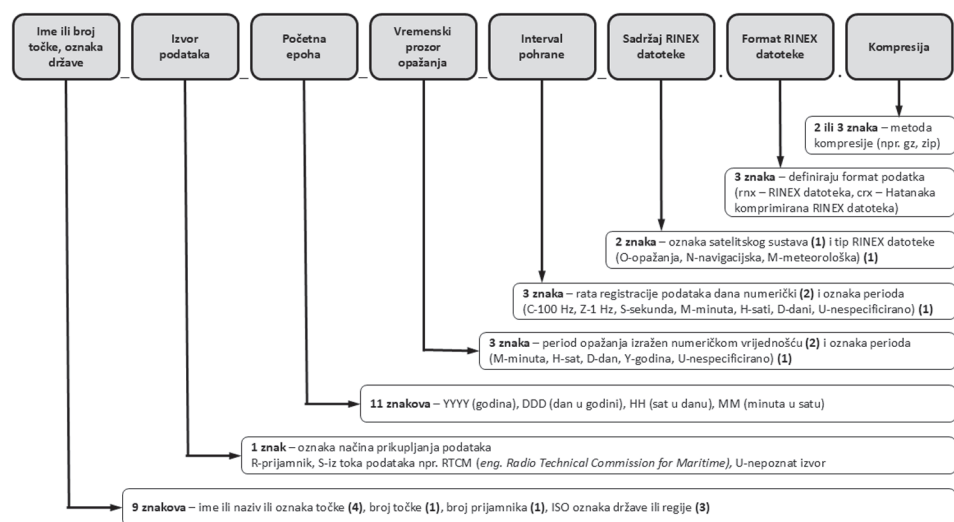
Svi elementi u tijelu imena datoteke moraju sadržavati velika ASCII slova ili brojeve, svi su elementi fiksne duljine te su odvojeni znakom '_'. Elementi tipa datoteke i ekstenzije su odvojeni znakom '.', a moraju sadržavati male ASCII znakove. Polja elemenata moraju biti ispunjeni nulama ('0') kako bi se ispunilo polje do zadane veličine.

Objašnjenje elemenata imena datoteke bit će prikazano na primjeru CROPOS CORS točke CAKO za cijeli dan opažanja 29. travnja 2025. (DOY 119), interval pohrane 30 sekundi (datoteka s opažanjima je preuzeta s EPN-a):

CAKO00HRV_S_20251190000_01D_30S_MO.crx.gz

- Ime točke: CAKO (Čakovec)
- Oznaka točke: 0
- Broj uređaja: 0
- ISO oznaka države: HRV (Hrvatska)
- Izvor podataka: S (protok podataka od CROPOS-a prema EPN-u)
- Godina, dan u godini (DOY), sat i minuta: 20251190000
- Vremenski prozor opažanja: 01D (1 dan)
- Interval pohrane opažanja: 30S (30 sekundi)
- Sadržaj datoteke (tip podataka): MO – *Mixed Observation* (mješoviti podaci opažanja – sve GNSS konstelacije)
- Format RINEX datoteke: crx (Comapact RINEX format – Hatanaka komprimirana RINEX datoteka)
- Metoda kompresije: gz (standardna GNU zip kompresija).

Na slici 1 prikazani su sastavni dijelovi (elementi) naziva datoteka zajedno s njihovim sadržajem. Element vezan za kompresiju je opcionalan.



Slika 1. *Elementi imena datoteke sukladno novom pravilu imenovanja uvedenom od verzije RINEX ver. 3.02. (prilagođeno i nadopunjeno prema Gini (2024)).*

RINEX formati su dizajnirani tako da se razvijaju i prilagođavaju tijekom vremena. Svi tipovi i sve verzije RINEX formata prate unaprijed određenu strogu strukturu unutar samog zapisa. Uspostavom novih satelitskih sustava i tipova mjerenja, format se svakom novom verzijom primarno proširio na duljinu zapisa kroz nadopunjavanje podacima i informacijama vezanima uz opažanja GNSS satelita.

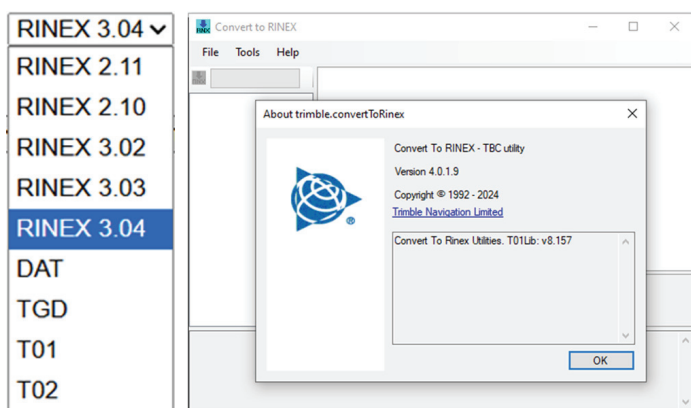
4. GPPS CROPOS-a i CORS RGNF

CROPOS (*Croatian Positioning System*) je državna mreža referentnih GNSS CORS (*Continuously Operating Reference Station*) stanica uspostavljena i puštena u rad u prosincu 2008. godine. Tada se mreže sastojala od ukupno 30 GNSS stanica ravnomjerno raspoređenih po teritoriju Republike Hrvatske na prosječnoj međusobnoj udaljenosti od 70 km (Marjanović i dr. 2009). Sustav se sastoji od tri servisa: DPS – diferencijalni pozicijski servis u realnom vremenu, VPPS – visokoprecizni pozicijski servis u realnom vremenu i GPPS – geodetski precizni pozicijski servis. GPPS se koristi u naknadnoj obradi, a namijenjen za primjenu u osnovnim geodetskim radovima, znanstvenim i geodinamičkim istraživanjima i sl. Ako se koriste RINEX podaci CORS točaka, tada se primjenom GPPS-a postižu točnosti <1 cm, dok se primjenom VRS RINEX podataka opažanja postižu točnosti 2–4 cm (URL 12). Koncept mrežnog rješenja implementiran u CROPOS-u se temelji na virtualnoj referentnoj stanici (*Virtual Reference Station – VRS*). Od svoje uspostave do današnjih dana, sustav je kontinuirano hardverski i softverski nadograđivan i proširivan. Modernizacija CROPOS-a se dogodila 2019. godine kada su na sve 33 tada postojeće GNSS

stanice na području RH uređaji i pripadajuće antene zamijenjene najnovijim *Trimble Alloy* uređajima (specifikacije dostupne na URL 13), koji podržavaju multi-GNSS (GPS, GLO, GAL, BDS), i pripadajućim antenama *Trimble Zephyr 3 Geodetic* (specifikacije dostupne na URL 14). Na ljetu 2020. provedeno je terensko ispitivanje rada VPPS i GPPS CROPOS-a s ciljem procjene doprinosa uključivanja podrške za Galileo koja je provedena kroz modernizaciju CROPOS-a (Šugar i dr. 2023). U specifikacijama uređaja Trimble Alloy stoji da su podržani formati pohrane: T02, T04, BINEX, RINEX v2.x/3.0x, gdje se formati T02 i T04 odnose na binarne vlasničke formate tvrtke Trimble. Iz brošure GNSS antene Trimble Zephyr 3 Geodetic (URL 14) slijedi da antena podržava noseće frekvencije svih GNSS-a (L1/L2/L5/G1/G2/G3/E1/E5ab/E6/B1/B2/B3).

Danas (rujan 2025. godine) u CROPOS mrežu je uključeno ukupno 59 CORS stanica: 41 s područja RH te 18 stanica iz okolnih zemalja (SLO 7, HUN 4, MNE 2 i BiH 5). Od ukupno 41 stanice na području RH, na 34 stanice su instalirani GNSS uređaji Trimble Alloy s pripadajućim antenama, dok su na preostalih 6 stanica instalirani nešto stariji modeli GNSS uređaja *Trimble NETR5* (CAZM, DARU, DRNI, GLIN, JAST) te jedan uređaj *Trimble NETR9* na točki RG01 (URL 15). Za upravljanje mrežom GNSS stanica te generiranje VRS korekcija u sklopu CROPOS-a koristi se softverska platforma *Trimble Pivot Platform (TPP)*, trenutačno instalirana ver. 5.1.1. Pet stanica CROPOS-a (CAKO, DUBR, PORE, POZE, ZADA) razmjenjuju podatke s EPN-om.

Putem CROPOS GPPS Web portala (URL 15) moguće je preuzeti podatke opažanja za pojedinu CORS stanicu i/ili VRS točku u RINEX 2 formatu (verzije 2.10 i 2.11), RINEX 3 formatu (verzije 3.02, 3.03, 3.04) te Trimbleovim vlasničkim (binarnim) formatima DAT, TGD, T01 i T02. Navedeni Trimbleovi formati se mogu konvertirati u RINEX formate pomoću samostalne i slobodno dostupne aplikacije *Convert to RINEX*, aktualna je verzija 4.0.1.9 objavljena u lipnju 2025. godine (slika 2). S pomoću te aplikacije moguće je i ostale Trimbleove formate (npr. T00, T01, T02, T04) konvertirati u RINEX format verzije 2.10, 2.11, 3.02, 3.03, 3.04, 3.05 i 4.01 (URL 16).



Slika 2. Lijevo: Formati datoteka s podacima GNSS opažanja koje je moguće preuzeti s GPPS CROPOS-a; desno: Convert To Rinex aplikacija za konverziju Trimbleovih formata datoteka u RINEX format.

Na primjeru datoteke s GNSS opažanjima prikupljenima na točki RGNF, bit će prikazana struktura i sadržaj formata RINEX ver. 3.04 (najnoviji format kojeg trenutačno podržava CROPOS). GNSS uređaj s pripadajućom antenom (točka RGNF) koji se nalaze na vrhu tornja Rudarsko-geološko-naftnog (RGN) fakulteta, ranije su se nalazili na krovu zgrade Geodetskog fakulteta, međutim, zbog cjelovite obnove zgrade, taj je GNSS uređaj zajedno s antenom premješten na točku RGNF. Točka RGNF stabilizirana je metalnom cijevi visine cca. 1,30 m (slika 3, desno), na čijem vrhu se danas nalazi antena Trimble Zephyr 3 Geodetic sa zaštitnom kupolom (IGS oznaka za tip antene: *TRM115000.00 TZGD*). Ispitivanje prikladnosti vrha tornja RGN (današnja točka RGNF) za provedbu GNSS mjerenja prikazano je u Šugar i dr. (2016). Procjena prikladnosti temelji se na osnovi analize broja mogućih i pohranjenih epoha opažanja, analize višestruke refleksije signala (*multipath*) te jačine signala na L1 i L2 nosačima.



Slika 3. Lijevo: točka RGNF s GNSS antenom Zephyr Geodetic 3 i zaštitnom kupolom; desno: elipsoidne koordinate (GRS80) točke RGNF (URL 15).

U razdoblju od 25. svibnja do 2. lipnja 1992. izvodila se prva hrvatska mjerna GPS kampanja *Zagorje '92*. Rezultati te kampanje objavljeni u radu Bilajbegović i dr. (1992), a tada se prvi put spominje i navodi točka 'RGN Toranj'. Ta se mjerna GPS kampanja provodila u sklopu znanstvenog projekta *Osnovni geodetski radovi informacijskoga prostornog sustava Republike Hrvatske* koji se izvodio u razdoblju 1991–1995 (Solarić i dr. 1996), a čiji su voditelji bili *prof. dr. sc. Asim Bilajbegović* (1950–2020) i *prof. dr. sc. Miljenko Solarić* (1934–2021). U toj je GPS kampanji korišteno 5 dvofrekvencijskih GPS prijamnika *Ashtech LD-XII*. Projekt je rezultat međunarodne suradnje Geodetskog fakulteta Sveučilišta u

Zagrebu (tri prijamnika) i Katedre za geodeziju FAGG iz Ljubljane (dva prijamnika). U mjernu kampanju je uključeno tada postojećih 12 točaka trigonometrijske točke I reda te nova točka RGN Toranj (RGNZ). Tada se planiralo da će ta točka biti uključena u EUREF mrežu, a središnji sustav točaka oko te točke „ujedno će poslužiti kao nulta mreža trigonometrijske mreže Zagreba“ (Bilajbegović i dr. 1992).

Ovdje smatramo vrijednim spomenuti činjenicu da je Geodetski fakultet 1990. godine nabavio tri dvofrekvencijska 12-kanalna geodetska GPS prijamnika Ashtech LD-XII, a to su bili prvi geodetski GPS-prijamnici u Hrvatskoj i tadašnjoj Jugoslaviji (Solarić 2006). Nabava tih prijamnika bila je najveća kapitalna investicija u znanosti u Hrvatskoj te godine, čime je učinjen ogroman iskorak u primjeni, popularizaciji i nastavi satelitske geodezije, te zacrtan put razvoja satelitske geodezije u Hrvatskoj (Bačić 2009).

Od uspostave CROPOS-a u prosincu 2008. godine, GNSS podaci opažanja u RINEX formatu namijenjeni naknadnoj obradi koriste se ponajviše u okviru GPPS-a.

5. RINEX verzija 3.04 (datoteka OBS)

Kao što je i ranije napomenuto, zbog značaja RINEX datoteke s opažanjima koja imaju za geode i geodetsku operativu te s obzirom na mogućnost uređivanja takvih ASCII datoteka, važno je biti upoznat sa sadržajem i značenjem podataka zapisanih u takvoj datoteci. Budući da je RINEX 3.04 najnoviji format u kojem se datoteka s opažanjima GNSS satelita može preuzeti s CROPOS GPPS-a, ovdje će biti objašnjen sadržaj datoteke s opažanjima upravo u toj verziji za CORS točku RGNF (Rudarsko-geološko-naftni fakultet) i to za dan 29. travnja 2025., za vremenski prozor 11:00:00 – 11:29:45 GPST. Verzija 3.04, zajedno s verzijama 3.02 i 3.03, smatra se standardom verzijom razmjene GNSS podataka opažanja u formatu RINEX 3 (URL 6). Detalji o formatu RINEX ver. 3.04 mogu se pronaći u IGS (2018). Za razliku od starije verzije 2.11, verzija 3.04 potpuno podržava multi-GNSS opažanja (G = GPS, R = GLONASS, E = Galileo, C = BeiDou, J = QZSS, I = NavIC/IRNSS, S = SBAS) te jasno identificira sve tipove opažanih veličina koristeći troznakovni kôd što se posebice odnosi na mogućnost praćenja nosećih frekvencija na različitim kanalima. Format je optimiran tako da zauzima najmanje memorijskog prostora neovisno o broju različitih tipova opažanih veličina prikupljenih pojedinim tipom prijamnika ili od pojedinog satelitskog sustava.

Struktura i sadržaj datoteke s opažanjima (OBS) formata RINEX ver. 3.04 bit će objašnjena na sljedećem primjeru (slika 4 i slika 5).

1		3.04	OBSERVATION DATA	M (MIXED)	RINEX VERSION / TYPE
2	TPP		Reference Data Shop	20250429 132034 UTC	PGM / RUN BY / DATE
3	RGNF				MARKER NAME
4	RGNF				MARKER NUMBER
5	Trimble Inc.		Trimble Inc.		OBSERVER / AGENCY
6	5920R40038		TRIMBLE ALLOY		REC # / TYPE / VERS
7	1431179096		TRM115000.00	TZGD	ANT # / TYPE
8	4282105.1778	1224950.8696	4550465.4910		APPROX POSITION XYZ
9	0.0000	0.0000	0.0000		ANTENNA: DELTA H/E/N
10	G	40	C1C C1W L1C L1W D1C D1W S1C S1W C2P C2W C2S C2L C2X		SYS / # / OBS TYPES
11			L2P L2W L2S L2L L2X D2P D2W D2S D2L D2X S2P S2W S2S		SYS / # / OBS TYPES
12			S2L S2X C5I C5Q C5X L5I L5Q L5X D5I D5Q D5X S5I S5Q		SYS / # / OBS TYPES
13			S5X		SYS / # / OBS TYPES
14	R	28	C1C C1P L1C L1P D1C D1P S1C S1P C2C C2P L2C L2P D2C		SYS / # / OBS TYPES
15			D2P S2C S2P C3X C3Q C3I L3X L3Q L3I D3X D3Q D3I S3X		SYS / # / OBS TYPES
16			S3Q S3I		SYS / # / OBS TYPES
17	E	48	C1X C1C C1B L1X L1C L1B D1X D1C D1B S1X S1C S1B C5X		SYS / # / OBS TYPES
18			C5Q C5I L5X L5Q L5I S5X S5Q S5I C6X C6C C6B L6X L6C		SYS / # / OBS TYPES
19			L6B S6X S6C S6B C8X C8Q C8I L8X L8Q L8I S8X S8Q S8I		SYS / # / OBS TYPES
20			C7X C7Q C7I L7X L7Q L7I S7X S7Q S7I		SYS / # / OBS TYPES
21	J	48	C1C C1X C1L C1S C1Z L1C L1X L1L L1S L1Z D1C D1X D1L		SYS / # / OBS TYPES
22			D1S D1Z S1C S1X S1L S1S S1Z C2S C2L C2X L2S L2L L2X		SYS / # / OBS TYPES
23			D2S D2L D2X S2S S2L S2X C5I C5Q C5X L5I L5Q L5X D5I		SYS / # / OBS TYPES
24			D5Q D5X S5I S5Q S5X C6X L6X D6X S6X		SYS / # / OBS TYPES
25	C	36	C1X C1P C1D L1X L1P L1D D1X D1P D1D S1X S1P S1D C5D		SYS / # / OBS TYPES
26			C5P C5X L5D L5P L5X D5D D5P D5X S5D S5P S5X C6X L6X		SYS / # / OBS TYPES
27			D6X S6X C2X L2X D2X S2X C7X L7X D7X S7X		SYS / # / OBS TYPES
28	I	8	C5C L5C D5C S5C C9C L9C D9C S9C		SYS / # / OBS TYPES
29		15.000			INTERVAL
30		0			RCV CLOCK OFFS APPL
31		18 2364 3			LEAP SECONDS
32		2025 04 29 11 00 00.00000000	GPS		TIME OF FIRST OBS
33	24	R01 1 R02 -4 R03 5 R04 6 R05 1 R06 -4 R07 5 R08 6			GLONASS SLOT / FRQ #
34		R09 -2 R10 -7 R11 0 R12 -1 R13 -2 R14 -7 R15 0 R16 -1			GLONASS SLOT / FRQ #
35		R17 4 R18 -3 R19 3 R20 2 R21 4 R22 -3 R23 3 R24 2			GLONASS SLOT / FRQ #
36					END OF HEADER

Slika 4. Zaglavlje datoteke s opažanjima RINEX ver. 3.04 za točku RGNF (prozor opažanja 29. travnja 2025., 11:00:00 – 11:29:45 GPST, interval pohrane 15 sekundi).

Zaglavlje se nalazi na početku datoteke, a sastoji se od informacija i strukturiranih podataka koji se odnose na cijelu datoteku. U stupcima 61–80 nalaze se opisne oznake za svaki zapis (redak) zaglavlja. Te su oznake obvezne i moraju izgledati striktno onako kako je definirano u opisu formata. Program koji čita datoteku RINEX 3 mora najprije dekodirati zapise zaglavlja sukladno opisu zapisa (*Record Descriptor*). Redoslijed zapisa u zaglavlju je slobodan s nekoliko iznimki poput:

- RINEX VERSION / TYPE koji mora biti prvi zapis,
- END OF HEADER koji mora biti zadnji zapis u zaglavlju.

Zapis 'COMMENT' je opcionalan i može se nalaziti bilo gdje osim na pozicijama definiranim u iznimkama (IGS 2018).

U nastavku će biti dan opis svakog zapisa zaglavlja prikazanog na slici 4.

1. Redak: (RINEX VERSION / TYPE): RINEX datoteka s opažanjima (*Observation data*), verzija 3.04, datoteka sadrži mješovite podatke opažanja (*M – Mixed*) tj. opažanja više GNSS konstelacija.

2. Redak: (PGM / RUN BY / DATE): program kojim je kreirana datoteka (TPP), ime organizacije koja je kreirala datoteku (Reference Data Shop tj. GPPS CROPOS-a), dan i vrijeme kreiranja iskazano u formatu ‘yyyymmdd hhmmss zone’, gdje je ‘zone’ 3–4 znakovna oznaka vremenske zone (preporučeno UTC) – 20250429 132034 UTC.
3. Redak: MARKER NAME: ime oznake točke – RGNF.
4. Redak: MARKER NUMBER: broj točke – RGNF. Postoji niz mogućih oznaka, popis je dostupan u npr. IGS (2018). Opcionalan je zapis ‘MARKER TYPE’ koji sadrži tip oznake točke. U slučaju tipa GEODETIC (zemaljska stabilizacija visoke preciznosti) ili NON_GEODETIC (zemaljska stabilizacija niske preciznosti) zapis nije obavezan, u ostalim slučajevima je obavezan. Popis mogućih tipova stabilizacija naveden je u specifikacijama formata (IGS 2018).
5. Redak: OBSERVER / AGENCY: naziv opažača/agencije – Trimble Inc.
6. Redak: REC # / TYPE / VERS: serijski broj prijamnika (5920R40038), model/tip prijamnika (TRIMBLE ALLOY), podataka o verziji unutarnjeg softvera (*firmware*) nije poznat pa je to polje ostavljeno prazno (*blank*).
7. Redak: ANT # / TYPE: serijski broj antene (1431179096) i model/tip antene (TRM115000.00 TZGD). Model antene s mogućom zaštitnom kupolom (*Radome*) je dan u standardnoj IGS oznaci koja se ovdje odnosi na GNSS antenu Zephyr 3 Geodetic sa zaštitnom kupolom – *Trimble Hemisph. Dome for Zephyr Geodetic*). RINEX format definira tip antene kao 20-znakovno ime, uključujući nekoliko razmaka i završavajući s četiri znaka ukazujući na korištenu zaštitnu kupolu, u slučaju da nije korištena zaštitna kupola stavlja se oznaka ‘NONE’. IGS redovito ažurira popis s nazivima prijamnika i antena na URL 17. Detalji o prijamnicima i antenama te njihovim međunarodnim pravilima imenovanja nalaze se u datoteci URL 18, dok se grafički prikazi antena s fizičkim dimenzijama nalaze na URL 19.
8. Redak: APPROX POSITION XYZ: geocentrične koordinate, preporučeno iskazane u ITRS-u. Ovdje su koordinate dane u obliku Kartezijskih pravokutnih koordinata (X, Y, Z) u referentnom okviru ETRF00 (R05), a koje odgovaraju elipsoidnim koordinata (GRS80) prikazanim na slici 3 (desno).
9. Redak: ANTENNA: DELTA H/E/N: H = visina referentne točke antene (*ARP* – *Antenna Reference Point*) u odnosu na oznaku točke. E/N = položajne (horizontalne) komponente ekscentriciteta antene u odnosu na oznaku točke dane u metrima.
10. – 28. Redak: SYS / # / OBS TYPES: oznaka satelitskog sustava (G = GPS, R = GLONASS, E = Galileo, C = Beidou, J = QZSS, I = NavIC/IRNSS, S = SBAS), broj opažanih veličina po satelitskom sustavu (npr. G 40), troznakovna oznaka (kôd) opažane veličine. Npr. opažana veličina ‘C1C’ kod GPS se odnosi na kodnu pseudoudaljenost, na nosećoj frekvenciji L1 dobivenoj iz C/A kôda. Takvih opažanih veličina može biti maksimalno 13 u zapisu. U formatu RINEX 3 uvedeni su novi kôdovi opažanih veličina. Naime, nove strukture signala GPS, GAL i BDS sustava omogućile su generiranje kodnih i faznih opažanja koje se temelje na jednoj ili kombinaciji

nekoliko kanala: dvokanalni signali se sastoje od I i Q komponentata, trokanalni signali se sastoje od A, B i C komponentata. Također, moguće je i širokopojasno praćenje kombinirane E5a + E5b GAL frekvencije. Kako bi kôdovi opažanja ostali kratki, ali ipak omogućili detaljnu karakterizaciju generiranja signala, duljina kôdova opažanja je povećana s dva (RINEX 1, RINEX 2) na tri, dodajući atribut generiranja signala. Troznakovni kôdovi opažanja (*tna*) se sastoje od dijelova prikazanih u tablici 2 (prilagođeno prema IGS (2018)).

Tablica 2. Troznakovni kôdovi opažanja (RINEX ver. 3.04).

<i>t</i> : tip opažanja	<i>C</i> = kodna pseudoudaljenost	<i>L</i> = faza nosača	<i>D</i> = Doppler	<i>S</i> = jačina signala
<i>n</i> : pojas/frekvencija	1, 2, ..., 9			
<i>a</i> : atribut	način praćenja ili kanal npr. I, Q, itd.			

Sekvenca (niz) opažanih veličina u zapisu opažanja mora odgovarati sekvenci tipova opažanih veličina u ovom zapisu odgovarajućeg satelitskog sustava. Kompletne tablice (popis) kôdova opažanja danih po GNSS konstelacijama, frekvencijama nosača, tipovima opažanja te metodama kodiranja signala dani su u IGS (2018).

29. Redak: INTERVAL: to je opcionalan zapis koji prikazuje interval pohrane u jedinici sekunda (s), 15.000.
30. Redak: RCV CLOCK OFFS APPL: opcionalan zapis koji prikazuje je li primijenjen pomak sata satelita određen u realnom vremenu; 0 = NE, 1 = DA. Vrijednost '0' znači da nije primijenjen pomak sata prijamnika na opažane veličine (epoha, kodna pseudoudaljenost, faza).
31. Redak: LEAP SECONDS: opcionalan zapis koji prikazuje trenutačan broj prijestupnih sekundi kao razliku između GPST (*GPS Time*) i UTC (*Universal Time Coordinated*) vremena: 18 sekundi. GPS tjedan (*GPS Week*) koji se kontinuirano broji od početne epohe 6. siječnja 1980.: 2364; odgovarajući dan u GPS tjednu (1–7): ovdje je to 3. Dakle, 3. dan u GPS tjednu 2364 odgovara danu 29. travnja 2025. (utorak).
32. Redak: TIME OF FIRST OBS: vrijeme (epoha) prvog zapisa opažanja u obliku (godina mjesec dan sat minuta sekunda). Oznaka sistemskog vremena (ovdje GPS) se odnosi na GPS sistemsko vrijeme u kojem su prikazane sve oznake vremena u datoteci s opažanjima. Oznaka je obavezna u mješovitim GNSS podacima opažanja, ovdje: 2025 04 29 11 00 00.0000000 GPS.
33. – 35. Redak: GLONASS SLOT / FRQ #: pozicije GLONASS satelita u orbiti (*orbital slot*) i brojevi frekvencija (–7...+6). U zapisu je moguće prikazati podatke za maksimalno 8 satelita.
36. Redak: END OF HEADER: obavezan zapis koji označava kraj zaglavlja nakon čega dolazi sekcija s podacima opažanja.

U nastavku (slika 5) je prikazan dio prve epohe pohranjenih opažanih veličina za satelitske sustave GPS i GLO. Od formata RINEX 3 uklonjeno

je ograničenje duljine zapisa na 80 znakova koje je postojalo u ranijim verzijama formata, gdje duljina retka sada ovisi o i strukturirana je prema popisu tipova opažanih veličina navedenih u zaglavlju RINEX datoteke. Broj i redoslijed opažanih veličina mora odgovarati zapisima u recima zaglavlja s oznakom 'SYS / # / OBS TYPES' za svaki pojedini satelitski sustav.

	C1C	C1W	L1C	L1W	D1C	D1W	S1C	S1W
37	> 2025 04 29 11 0	0.0000000	0 48	0.000000001907				
38	G05 25513029.945		134071920.28116		-3542.242		36.900	
39	G07 25794392.133		135340202.19116		1386.172		37.900	
40	G08 24578565.680		129161190.91816		3301.418		37.600	
41	G10 22995721.328		120843432.98317		3239.621		45.700	
42	G13 25172994.500		132284944.00815		945.758		34.100	
43	G15 24142785.883		126871210.29016		1655.289		40.300	
44	G16 20518895.469		107827470.33017		-82.914		45.800	
45	G18 21371883.977		112310058.76017		-1961.047		46.600	
46	G23 21112077.156		110944860.05217		1152.023		47.100	
47	G24 21343485.023		112160749.13717		-2114.328		47.800	
48	G27 21445778.781		112698319.17617		2368.402		47.200	
49	G29 24496121.461		128727831.63716		-3112.398		39.800	
50	G31 25979480.344		136522876.98516		-3178.293		36.000	
51	R01 22381564.359	22381563.250	119642463.70317	119642455.71817	3235.547	3235.547	43.600	42.500
52	R08 22389676.289	22389677.484	119895937.96617	119895837.98617	-132.484	-132.484	47.600	45.100
53	R14 20956797.953	20956797.051	111711501.33518	111711494.33718	-3461.129	-3461.129	51.500	49.800
54	R15 20208931.961	20208931.133	107990463.15718	107990446.14418	477.172	477.172	52.200	50.300
55	R16 23329783.781	23329782.695	124623504.83217	124623521.82817	3781.793	3781.793	45.700	43.800
56	R17 20529087.320	20529085.496	109855377.83018	109855371.84418	1931.293	1931.293	51.800	49.700
57	R19 24173175.219	24173173.746	129038045.63716	129038041.64416	3290.188	3290.188	40.300	39.000
58	R23 23972089.977	23972087.945	128234425.11416	128234419.12716	-3415.188	-3415.188	40.100	38.400
59	R24 19848742.555	19848741.258	106140213.09518	106140217.10218	-1371.168	-1371.168	52.100	50.600
	C1C	C1P	L1C	L1P	D1C	D1P	S1C	S1P

Slika 5. Zapisi s podacima opažanja GPS satelita (G05–G31) i GLO satelita (R01–R24) za prvu epohu 11:00:00.0000000 GPST, RINEX ver. 3.04 (zbog ograničenosti veličine slike, prikaz je skraćen na opažanja GPS i GLO satelita te na prikaz prvih 8 opažanih veličina u zapisu). Na vrhu, i na dnu slike su prikazane troznakovne oznake opažanih veličina GPS (vrh) i GLO (dno) satelita.

Poseban znak '>' na početku zapisa vremenske oznake je uveden kao identifikator koji programima koji čitaju RINEX datoteke omogućava lakše prepoznavanje sljedeće epohe u slučaju pojave problema s datotekom ili prilikom protoka podataka opažanja (*observation data streaming*) u formatu sličnome RINEX formatu (Jamssen 2023). Budući da tipovi opažanih veličina i njihov redoslijed unutar zapisa s opažanjima ovisе o satelitskom sustavu, format treba omogućiti programima, ali i ljudima da lakše čitaju te iste zapise s podacima. Svaki zapis s podacima počinje s brojem satelita *snn* (*s* = jednoznakovna oznaka satelitskog sustava (G, R, S, E, C, J, D), *nn* = dvoznamenkasti broj koji pokazuje PRN (*Pseudorandom noise*) kôd ili identifikator orbitalne pozicije).

37. Redak: identifikator zapisa '>', epoha u formatu godina mjesec dan sat minuta sekunda (> 2025 04 29 11 0 0.0000000), oznaka epohe (*Epoch flag*): 0 = OK, 1: prekid napajanja između prethodne i trenutačne epohe (*power failure between previous and current epoch*), broj opažanih satelita u trenutačnoj epohi (0 = OK, 48 opažanih satelita (13 GPS, 9 GLO, 10 GAL, 16 BDS); odklon sata satelita u sekundama (0.000000001907 s).
38. Redak: opažane veličine satelita GPS G05: kodna pseudoudaljenost (C1C), opažanje faze (L1C), Doppler opažanje (D1C), opažanje jačine signala (S1C). Prazna polja unutar zapisa znače da odgovarajuće veličine nisu opažane/pohranjene (*Blank if Not Known – BNK*). Opažane veličine u zapisu su

dane istim redoslijedom kako je definirano u odgovarajućem zapisu zaglavlja (SYS / # / OBS TYPES). Svaka opažana veličina je zapisana kao decimalna veličina s tri decimalna mjesta te ukupnim brojem znakova 14 (*Fortran F14.3 format*), nakon čega slijedi jednoznamenkasta oznaka za *Loss of Lock Indicator (LLI)* i *Signal Strength Indicator (SSI)* (Janssen 2023). Opažana veličina L1C (fazno mjerenje povezano s nosačem GPS L1) pokazuje LLI = 1, SSI = 6, tj. L1C = 134071920.281**16**; LL1 = **1**; SSI = **6**).

39. – 50. Redak: Zapisi su dani za svaki GPS satelit koji je opažan u navedenoj epohi.
51. – 59. Redak: opažane veličine satelita GLO R01: kodna pseudoudaljenost (C1C), kodna pseudoudaljenost (C1P), opažanje faze (L1C), opažanje faze (L1P), Doppler opažanje (D1C), Doppler opažanje (D1P), opažanje jačine signala (S1C), opažanje jačine signala (S1C).

Datoteka završava s praznim retkom (zapisom).

LLI se prikazuje samo za fazna opažanja, a radi se o trobitnom kôdu (binarno 000–111) pohranjenom kao cjelobrojna vrijednost iz raspona 0–7. Vrijednost LLI = 0 ili prazno ima značenje: OK ili nepoznato. Vrijednost LLI = 1 ima značenje gubitka signala i mogući cycle-slip (*Loss of lock: possible cycle-slip*). SSI (*Signal Strength Indicator*) je veličina čije su vrijednosti prirodni brojevi iz intervala 1–9, gdje vrijednosti imaju značenja: 1: najmanja moguća jačina signala, 5: prosječan ili dobar omjer signala i šuma (SNR), 9: najveća moguća jačina signala, 0 ili prazno: nepoznata veličina, nije prikazano.

Uobičajeno se vrijednosti za SNR iskazuju u jedinici dBHz, tablica s rasponima vrijednosti iskazanim u dBHz i pridruženim SSI vrijednostima je dana u npr. IGS (2018).

Epoke u RINEX datoteci moraju biti navedene kronološkim redoslijedom i nije dozvoljeno više zapisa s identičnom oznakom vremena (*time tag*) (IGS 2018). Vrlo korisna web stranica s opisom značenja i formata veličina sadržanih u datoteci s opažanjima (OBS) RINEX ver. 3.04 izrađena od *Research group of Astronomy and GEomatics (gAGE)* na *Universitat Politècnica de Catalunya*, Barcelona, Španjolska, je dostupna na URL 20.

6. Formati nastali na temelju RINEX-a

Nastavno na ideju o RINEX-u kao standardnom formatu za razmjenu GNSS opažanja, u okviru IGS-a je razvijen cijeli niz standarda s ciljem konzistentne razmjene GNSS proizvoda i pomoćnih informacija između korisnika i centara za analizu (AC – *Analysis Center*), pri čemu se ističu sljedeći formati (Montenbruck i MacLeod 2017):

- *Standard Product 3 (SP3)* format za informacije o preciznim orbitama i satovima satelita. Podaci u tom formatu pored podataka opažanja u RINEX formatu, predstavljaju okosnicu PPP metode pozicioniranja. Iako SP3 format kombinira podatke o orbitama i satovima satelita, podaci o satovima satelita su potrebni u kraćim intervalima zbog stohastičke prirode ponašanja satova satelita i posljedične potrebe za finijom interpolacijom podataka.

- *Clock RINEX* format za razmjenu rješenja pomaka (otklona) satova satelita i prijamnika određenih obradom podataka iz GNSS mreže za praćenje satelita.
- *IONosphere EXchange (IONEX)* razmjenski format za modele ionosfere koji se određuju obradom podataka iz GNSS mreže za praćenje satelita. Format je razvijen za razmjenu globalnih karata ionosfere (*Global Ionosphere Maps – GIM*) dobivenih iz analize GNSS opažanja. Pored praćenja svemirskog vremena (*Space Weather*) i analize ionosfere, proizvod omogućuje točnije i preciznije pozicioniranje s pomoću jednofrekvencijskih prijamnika nego što je to slučaj s korištenjem Klobucharova (GPS) ili NeQuick modela (Galileo) za ionosfersku korekciju unutar prijamnika u realnom vremenu. GIM proizvodi u IONEX formatu se računaju u IGS AC i donose procijenjene vrijednosti *Vertical Total Electron Content* (VTEC) koje su dane za pravilnu mrežu točaka (*grid*) u određenim trenucima.
- *ANtenna EXchange (ANTEX)* format s podacima pomaka i varijacija faznih središta geodetskih GNSS antena. Format je razvijen kako bi se olakšalo dokumentiranje i distribucija pomaka faznih središta (*PCO – phase center offsets*) i varijacije faznih središta (*PCV – phase center variations*) za GNSS prijamnike i satelite. Od 2005. godine unutar IGS-a se koriste isključivo podaci o apsolutnim kalibracijama antene dobivenih iz robotskih mjerenja ili iz mjerenja u gluhim komorama (*Anechoic chamber*).
- *Solution INdependent EXchange (SINEX)* format za harmoniziranu razmjenu procijenjenih parametara. Format je izvorno bio osmišljen da olakša razmjenu i distribuciju koordinata stanica, njihovih brzina i Zemaljskih orijentacijskih parametara (EOP) između centara za analizu (AC). Te se veličine rutinski određuju iz globalne IGS mreže primjenom različitih alata. Razmjenski format je stoga bio potreban kako bi omogućio usporedbu i računanje kombiniranih rješenja između centara za analizu. Format je prilagođen za potrebe VLBI, SLR i DORIS tehnika svemirske geodezije. Upravo je kombinacija tih tehnika zajedno s GNSS-om korištena za generiranje ITRF-a. Osnovna SINEX datoteka sadrži koordinate stajališta i parametar rotacije Zemlje zajedno s pomoćnim podacima o stajalištu poput prijamnika i antene, ekscentriciteta i faznim centrima. Dodatno, omogućena je pohrana podataka o kovarijancama ili normalnim jednadžbama kako bi se olakšalo kombinirano rješenje više centara za analizu.

Detalji o razmjenskim formatima, kao i ostalim IGS formatima i standardima, mogu se pronaći na URL 6.

7. Zaključak

RINEX format međunarodni je standard za razmjenu i pohranu GNSS podataka koji se počeo razvijati krajem 1980-ih godina na AIUB-u da bi se od 2013. godine njegov razvoj nastavio pod okriljem IGS-a. Kroz sve to vrijeme format se razvijao od početne verzije RINEX 1 kada je podržavao samo signale GPS satelita pa do posljednje i danas aktualne verzije 4.02 koja nudi podršku za multi-GNSS. Budući da je sudjelovao u razvoju RINEX-a od njegova samog početka pa sve do verzije 3.01, *dr. sc. Wernera Gurtnera* smatramo začetnikom

formata. RINEX se sastoji od tri tipa ASCII datoteka (OBS – opažanja, NAV – emitirane efemeride, MET – meteorološki podaci), a svaka se datoteka sastoji od zaglavlja (*Header*) i sekcije s podacima opažanja (*Body*). Kod starijih verzija formata (RINEX 1 i RINEX 2) podaci zaglavlja kao i podaci s opažanjima su bili ograničeni na retke duljine 80 znakova, dok se od verzije RINEX 3 to ograničenje zadržalo za podatke zaglavlja, a ukinulo za sekciju s podacima opažanja. Od verzije RINEX 3 uvedeni su troznakovni kôdovi opažanih veličina kako bi se one mogle razlikovati po tipu opažanja, nosećim frekvencijama i atributima koji uključuju način praćenja signala i kanale za praćenje. U cilju smanjenja veličine datoteka s opažanjima, Yuki Hatanaka je razvio algoritam kompresije/dekompresije čime je nastao format Compact RINEX.

Od RINEX verzije 3.02 uvedeno je novo, dulje pravilo imenovanja datoteke čime je omogućena efikasnija pohrana i razmjena RINEX podataka posebice u velikim zajednicama poput IGS-a ili EPN-a. Format RINEX datoteka s opažanjima uvelike se koristi u sklopu GPPS CROPOS-a s kojeg se mogu preuzeti datoteke starijih verzija 2.10 i 2.11, ali i novijih verzija 3.02. 3.03 i 3.04. Upravo je na primjeru RINEX ver. 3.04 s podacima prikupljenima na CROPOS CORS RGNF prikazana struktura i sadržaj datoteke s opažanjima. Točka RGNF ima dugu povijest GPS/GNSS opažanja budući da je to točka koja je uspostavljena u prvoj hrvatskoj mornoj GPS kampanji početkom 1990-ih godina u kojoj su opažanja prikupljena prijamnicima Ashtech LD-XII – prvim geodetskim GPS uređajima na Geodetskom fakultetu i Republici Hrvatskoj. Važnost poznavanja strukture i sadržaja RINEX datoteke s opažanjima za geodetske stručnjake ogleda se ponajprije kroz mogućnost njezina uređivanja (editiranja), što se posebice odnosi na podatke sadržane u zaglavlju datoteke kao što su primjerice visina antene i načina njezina mjerenja.

Literatura

- Adam, J., Augath, W., Boucher, C., Bruyninx, C., Dunkley, P., Gubler, E., Gurtner, W., Hornik, H., Marel, H. V. D., Schlüter, W., Seeger, H., Vermeer, M., Zieliński, J. B. (2000): The European Reference System coming of age, In: Schwarz, K. P. (eds): *Geodesy Beyond 2000*. International Association of Geodesy Symposia, Vol. 121, Springer, Berlin, Heidelberg, https://doi.org/10.1007/978-3-642-59742-8_8.
- AIUB – Astronomical Institute of the University of Bern (2018): User manual of the Bernese GNSS Software, Version 5.2, Rolf Dach, Simon Lutz, Peter Walser, Pierre Fridez (eds), DOI: 10.7892/boris.72297.
- Bačić, Ž. (2009): CROPOS priznanja istaknutim pojedincima i ustanovama, Zbornik radova 1. CROPOS konferencije, Hrvatsko geodetsko društvo i Državna geodetska uprava RH, Zagreb, 11–14.
- Bilajbegović, A., Solarić, M., Bačić, Ž., Ambroš, F., Barković, Đ., Kuhar, M., Cigrovski-Detelić, B., Stepan, V., Stopar, B., Ivković, M., Džapo, M. (1992): Preliminarni rezultati GPS mreže “Zagorje ‘92” i ispitivanje kvalitete dijele postojeće triangulacijske mreže prvog reda, *Geodetski list*, 4, 413–426.

- Gini, F. (2024): The Receiver Independent Exchange Format Version 4.02, International GNSS Service, Pasadena, California, dostupno na: https://files.igs.org/pub/data/format/rinex_4.02.pdf.
- Gurtner, W. (1994): Rinex: The Receiver-Independent Exchange Format, GPS World, srpanj 1994., 48–52.
- Hatanaka, Y. (2008): A compression format and tools for GNSS observation data, Bulletin of the Geographical Survey Institute, 55, 21–30, <https://www.gsi.go.jp/ENGLISH/Bulletin55.html>.
- IGS – International GNSS Service, RINEX WG and RTCM Special Committee 104 (2018): RINEX – The Receiver Independent Exchange Format Version 3.04, dostupno na: <https://files.igs.org/pub/data/format/rinex304.pdf>.
- Janssen, V. (2023): Understanding the RINEX format for GNSS data transfer and storage, Coordinates, Volume XIX, Issue 11, November 2023, 20–27.
- Johnston, G., Riddell, A., Hausler, G. (2017): The International GNSS Service, In: Teunissen, P. J., Montenbruck, O. (eds.): Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer Handbooks, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-42928-1_33, 967–982.
- Langley, R. (1993): The GPS Observables, GPS World, April 1993, 52–59.
- Marjanović, M., Miletić, I., Vičić, V. (2009): CROPOS – prvih šest mjeseci rada sustava, Zbornik radova 1. CROPOS konferencije, Hrvatsko geodetsko društvo i Državna geodetska uprava RH, Zagreb, 15–21.
- Montenbruck, O., MacLeod, K. (2017): Annex A: Data Formats, In: Teunissen, P. J., Montenbruck, O. (eds.): Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer Handbooks, Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-319-42928-1_33, 1207–1231.
- Solarić, M. (2006): Povijesni pregled smanjivanja dimenzija GPS-prijamnika, Geodetski list, 3, 153–171.
- Solarić, M., Bilajbegović, A., Junašević, M., Abroš, F., Cigrovski-Detelić, B., Džapo, M., Ivković, M., Hećimović, Ž., Barković, D., Bačić, Ž., Podunavac, B. (1996): Pregled ostvarenih rezultata na znanstvenom projektu “Osnovni geodetski radovi informacijskog prostornog sustava Republike Hrvatske”, Geodetski list, 1, 29–39.
- Šugar, D., Sučić, P., Bačić, Ž. (2016): Examination of Site Suitability for GNSS Measurements, Proceedings of the the International Symposium on Engineering Geodesy – SIG 2016, Paar, R., Marendić, A., Zrinjski, M. (eds.), 20–22 May 2016, Varaždin, Croatia.
- Šugar, D., Kliman, A., Bačić, Ž., Nevistić, Z. (2023): Assessment of GNSS Galileo Contribution to the Modernization of CROPOS's Services, Sensors, 23, 2466, dostupno na: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/5/2466>.

Mrežne adrese

- URL 1: Korean Air Lines Flight 007,
https://en.wikipedia.org/wiki/Korean_Air_Lines_Flight_007, (10. 9. 2025.).
- URL 2: Gurtner, W., Mader, G. M.: The RINEX Format: Current Status, Future Developments,
<https://www.navcen.uscg.gov/the-rinex-format-current-status-future-developments>, (10. 9. 2025.).
- URL 3: IGS RINEX Committe, <https://igs.org/wg/rinex/>, (10. 9. 2025.).
- URL 4: Werner Gurtner,
https://de.wikipedia.org/wiki/Werner_Gurtner, (10. 9. 2025.).
- URL 5: EUREF Permanent GNSS Network – EPN,
https://www.epncb.oma.be/_documentation/formats/rinex.php, (10. 9. 2025.).
- URL 6: IGS Formats and Standards,
<https://igs.org/formats-and-standards/>, (10. 9. 2025.).
- URL 7: EUREF, <https://www.euref.eu/about-euref>, (10. 9. 2025.).
- URL 8: Trimble CenterPoint RTX Post-Processing Service,
<https://www.trimblertx.com/Home.aspx>, (10. 9. 2025.).
- URL 9: Natural Resources Canada CSRS-PPP,
<https://webapp.csrscs-nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>, (10. 9. 2025.).
- URL 10: ASCII, <https://en.wikipedia.org/wiki/ASCII>, (10. 9. 2025.).
- URL 11: Hatanaka kopresija/dekompresija,
<https://terras.gsi.go.jp/ja/crx2rnx.html>, (10. 9. 2025.).
- URL 12: GPPS CROPOS-a, <https://cropos.hr/servisi/gpps>, (10. 9. 2025.).
- URL 13: Trimble Alloy DataSheet,
https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-867350/022506-243G_en-US_Alloy_GNSS_Ref_Receiver_USL_1122.pdf, (10. 9. 2025.).
- URL 14: Trimble Zephyr 3 Geodetic antena,
https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-410894/022543-429G_Antenna_BRO_USL_0817_LR.pdf?_gl=1*tfvhy*_*gcl_*au*OTg4NzI4Nzg0LjE3NTU2ODUzODE, (10. 9. 2025.).
- URL 15: CROPOS GPPS Web portal,
<https://gnss.cropos.hr/Map/SensorMap.aspx>, (10. 9. 2025.).
- URL 16: Convert to Rinex – v4.0.1.9,
<https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-1080499/Trimble%20Convert%20to%20Rinex%20-%204.0.1.9%20release%20notes.pdf>, (10. 9. 2025.).
- URL 17: IGS popis s nazivima prijamnika i antena,
<https://files.igs.org/pub/station/general/>, (10. 9. 2025.).
- URL 18: Međunarodna pravila imenovanja IGS opreme,
https://files.igs.org/pub/station/general/rcvr_ant.tab, (10. 9. 2025.).

URL 19: Grafički prikazi antena s fizičkim dimenzijama,
<https://files.igs.org/pub/station/general/antenna.gra>, (10. 9. 2025.).

URL 20: Observation RINEX 3.04 Format,
https://server.gage.upc.edu/gLAB/HTML/Observation_Rinex_v3.04.html,
(10. 9. 2025.).

RINEX Observation Format and CROPOS GPPS

ABSTRACT. The RINEX format is an international standard for storing and exchanging GNSS observation data. Its development began at AIUB in the late 1980s to meet the needs for exchanging observation data collected with GPS receivers from different manufacturers during the first large-scale survey campaign, which aimed to establish the European reference frame EUREF89. The establishment of GNSS constellations, as well as their subsequent upgrades and modernization, required the definition of new format versions (RINEX 2, 3, 4) as well as their updates through subversions (e.g., 2.10, 2.11; 4.01, 4.02). Since version 3.02, the development and maintenance of the RINEX format have been entrusted to the International GNSS Service (IGS), and the rule of assigning long filenames was introduced. The RINEX format consists of ASCII characters and, as such, is readable by both humans and computers. The format consists of three types of files: observation files (OBS), broadcast ephemeris files (NAV), and meteorological data files (MET). Using the example of an observation data file from the CROPOS CORS station RGNF, the structure of RINEX version 3.04 is explained, which consists of a header and a data section (Body), with each observed quantity assigned a corresponding three-character code. Due to space limitations in this article, but also because of its importance for surveyors and geodetic practice, the focus here is placed on the structure and content of the observation (OBS) file. Based on the success of the RINEX format, similar ASCII formats (e.g., ANTEX, IONEX, SINEX) have been developed, which are also being maintained and developed by the IGS.

Keywords: RINEX, GNSS, observation file (OBS), IGS, GPPS CROPOS.

Primljeno / Received: 2025-09-11

Prihvaćeno / Accepted: 2025-09-28