

UDK 528.067:528:629.056.8
Pregledni znanstveni članak / Review

Status i trendovi razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi

Petar JELIĆ, Željko BAČIĆ, Danijel ŠUGAR,
Zvonimir NEVISTIĆ – Zagreb¹

SAŽETAK. Permanentne GNSS mreže u Europi čine ključnu infrastrukturu za precizno pozicioniranje, geodetska mjerenja, znanstvena istraživanja i različite inženjerske primjene. Njihov razvoj, pogotovo u zadnjih 10-ak godina, obilježen je povećanjem broja stanica, modernizacijom postojećih mreža zamjenom starih s novim, višefrekvencijskim i višekonstelacijske antenama i prijamnicima, uz rasm broja korisnika koji koriste precizno pozicioniranje u negeodetske svrhe. Nacionalne mreže država članica EU i drugih europskih zemalja sve više se razvijaju ili prenamjenjuju u višenamjenske – kombinirajući znanstvene, referentne i komercijalne usluge i servise. Cilj ovoga rada je analizirati aktualno stanje i trendove razvoja permanentnih GNSS mreža u Europi, s posebnim naglaskom na nacionalne servise, modele dostupnosti i progušćenje mreža što rezultira povećanjem broja stanica. Pregled je izrađen na temelju podataka iz međunarodne baze M³G, izvješća i prezentacija sa skupova EUREF-a te javno dostupnih nacionalnih izvora i službene korespondencije s institucijama. Istraživanjem je pronađena 161 mreža u 51 državi Europe, uključujući više od 3.500 aktivnih stanica, od kojih je 423 uključeno u EPN. Posebno se ističe uloga EPN-a u standardizaciji metapodataka i osiguravanju homogenog referentnog okvira. Istraživanje je pokazalo kako otvoreni modeli pristupa potiču eksponencijalni rast korisnika, dok komercijalni ili hibridni modeli imaju stabilniji, ali sporiji razvoj. Analiza prikupljenih podataka permanentnih GNSS mreža u Europi pokazuje rast broja stanica mreže što rezultira boljom pokrivenošću teritorija regija ili država, kao i raznolikijom primjenom preciznog pozicioniranja. Ovi pokazatelji potvrđuju da permanentne GNSS mreže u Europi postaju sve dostupnije, pouzdanije i multifunkcionalnije,

¹ 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
prof. dr. sc. Željko Bačić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zeljko.bacic@geof.unizg.hr
izv. prof. dr. sc. Danijel Šugar, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: danijel.sugar@geof.unizg.hr
dr. sc. tech. Zvonimir Nevistić, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: zvonimir.nevistic@geof.unizg.hr

te time sve više doprinose razvoju digitalizacije, tehnologije i infrastrukture u Europi.

Ključne riječi: GNSS permanentne mreže, CORS, državni pozicijski sustav, RTK, trendovi rasta, EPN.

1. Uvod

Globalni navigacijski satelitski sustavi (GNSS) omogućuju precizno određivanje položaja bilo gdje na Zemlji i u blizini Zemljine površine pomoću signala odaslanih s umjetnih satelita. Njihova primjena, koja konstantno raste, postala je neizostavan dio svih modernih tehnologija, kao i naše svakodnevice. Razvoj GNSS tehnologije doveo je do značajnog napretka u preciznom pozicioniranju. Kako bi se iskoristile mogućnosti koje nam pružaju satelitski sustavi uspostavljene su mreže stalno operativnih GNSS referentnih stanica – CORS (engl. *Continuously Operating Reference Stations*) s ciljem poboljšanja preciznosti i pouzdanosti pozicioniranja i navigacije unutar pokrivenog područja.

CORS stanice su stacionarni permanentni prijamnici s poznatim koordinatama koji kontinuirano opažaju signale odaslane sa satelita. Stanice unutar mreže postavljene su na odabranim mjestima u određenom području te su raspoređene na približno podjednake udaljenostima tvoreći mreže trokuta s najbližim susjednim CORS stanicama. Lokacije na koja se postavljaju CORS stanice moraju biti geološki stabilne, pružati sigurnost od oštećenja ili vanjskih utjecaja koji bi rezultirali pomacima stanica. Postavljaju se na betonske ili metalne stupove temeljene u stabilnom tlu oko kojih je izgrađena zaštitna ograda. U urbanim područjima, stanice se postavljaju na krovove visokih zgrada tako da imaju otvoren horizont za primanje signala satelita. CORS stanicama mora se osigurati konstantno napajanje i komunikacijska oprema s kontrolnim centrom, a uz stanicu često se postavlja i manja meteorološka stanica koja prati atmosferske uvjete (Stone 2000).

Svaka pojedina stanica mreže prikuplja opažanja koja šalje kontrolnom centru gdje se provodi obrada podataka. Računaju se korekcijski parametri koji se dalje distribuiraju krajnjim korisnicima u realnom vremenu. Korekcijski parametri dobiveni su iz usporedbe trenutačno izračunatog položaja stanica s unaprijed poznatim položajem istih stanica, dobivenim dugotrajnim opažanjem pri uspostavi permanentne mreže. Osim obrade, računanja i distribucije podataka, kontrolni centar ima zadaću nadzora rada sustava i podrške korisnicima.

U pretraživanju permanentnih GNSS mreža u Europi nije se naišlo na nikakvu sveobuhvatnu bazu koja obuhvaća većinu stanica, mreža i institucija koje su uspostavile i održavaju te mreže. Najveća pronađena baza podataka je M³G (Sustav upravljanja i distribucije metapodataka za višestruke GNSS mreže) koja omogućuje prijenos, validaciju i distribuciju GNSS metapodataka. Primarno je razvijena za podršku GNSS mrežama EPOS-a (engl. *European Plate Observing System*), EPN-a (engl. *EUREF Permanent Network*) i njegova progušćenja. Razvoj i održavanje M³G baze podataka povjereno je Kraljevskom opservatoriju Belgije (ROB, engl. *Royal Observatory of Belgium*). U nju su upisane 3.550 stanice u 84 mreže, od čega je 68 mreža na području Europe (za dan

12.9.2025.). Za mnoge stanice u M³G bazi podataka nije navedena mreža kojoj pripadaju (URL 1).

Drugi veliki izvor podataka u istraživanju bile su prezentacije s EUREF (engl. *EUROpean Reference Frame*) simpozija na kojima se raspravlja o aktivnostima EUREF-a i donose rezolucije vezane za definiranje, realizaciju i održavanje Europskog referentnog okvira. Također, na simpoziju nacionalne agencije izlažu promjene i novosti vezane za geodetske radove, permanentne mreže, CORS stanice, katastar i slično. Pojedinačno internet pretraživanje, znanstveni članci, časopisi i e-mail upiti prema nadležnim institucijama zaduženim za održavanje nacionalne CORS mreže također su urodili plodom.

U ovom članku fokus je postavljen na nacionalne mreže koje pružaju mogućnost RTK (engl. *Real-Time Kinematic*) pozicioniranja. Iz svih izvora, sveukupno je pronađena 161 aktivna permanentna GNSS mreža (uz pretpostavku da ih ima još) na području 51 države Europe koje pokrivaju područje od više zemalja do lokalnog područja u pojedinim gradovima. U samom istraživanju nerijetko se naišlo na različite podatke, pogotovo o broju stanica mreže, koji su često izostajali kod mreža regionalnih i lokalnih područja, specifičnih ili znanstveno-istraživačkih namjena, a pogotovo kod privatnih mreža.

Prikazane su brojke o povećanju broja stanica unutar mreža kao i rast broja korisnika koji su registrirani i koriste RTK servis pozicioniranja pri čemu su obuhvaćene mreže s naplatom korištenja servisa i one bez naplate. Još jedan od statističkih pokazatelja je i prosječna udaljenost između stanica dobivena tako da se kopnena površina države podijelila s brojem stanica gdje je rezultat površina koju pokriva jedna stanica. Poznato je da signal stanice pokriva kružno područje, a ona se nalazi u njegovu centru. Aproksimirana prosječna udaljenost između stanica određena je kao dvostruki radijus kruga od jedne do druge stanice. Unatoč brojnim izvorima podataka, i dalje nedostaje jedinstvena i sveobuhvatna baza permanentnih GNSS mreža koja bi obuhvatila sve europske države i operatore. Ovaj nedostatak otežava usporedbu i sustavno praćenje trendova, što opravdava potrebu za integriranim pregledom i analizom kakav donosi ovaj rad.

2. Podjela permanentnih GNSS mreža

Mreže možemo kategorizirati prema: području tj. veličini zemljine površine koju pokrivaju (globalne, kontinentalne, internacionalne, nacionalne, regionalne, lokalne), namjeni mreže (pozicioniranje, geodinamička, znanstveno-istraživačka, specifična namjena mreže, kombinirana namjena), prema modelu ili dostupnosti podataka (besplatne, komercijalne) i prema vlasništvu (državna, privatna ili kombinirano vlasništvo).

Područja koja permanentne mreže pokrivaju su uglavnom na razini cijele države ili određenih geografskih ili geoloških regija u toj državi. Mnoge geodinamičke mreže pokrivaju regionalno područje od interesa, ali se mogu protezati i kroz više država.

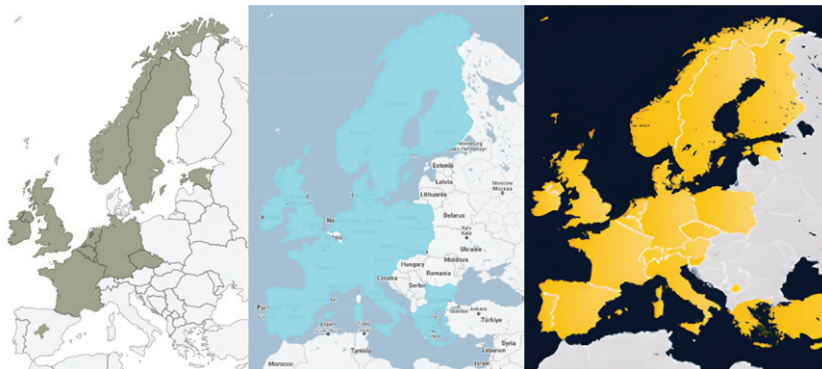
Namjena mreža vrlo često je kombinirana jer se iskorištava mogućnost obrade istih primljenih podataka na više različitih načina, a najčešća kombinacija

je referentna mreža za pozicioniranje i geodinamička mreža. Znanstveno-istraživačke mreže ili mreže za specifičnu namjenu uglavnom su mreže s manjim brojem stanica i lokalnog su karaktera.

Postoje dva glavna modela GNSS permanentnih mreža: državne ili privatne mreže. Državne su one u kojima su prikupljeni podaci otvorenog tipa – besplatni za korištenje, najčešće nakon registracije u sustav. Najčešće su financirani od strane državnih institucija, sveučilišta ili drugih organizacija. Pojedine zemlje usluge pozicioniranja u stvarnom vremenu pružaju putem komercijalnih partnera koji naplaćuju svoje usluge.

Mreža može biti u vlasništvu države na način da je održavana i postavljena od strane neke državne agencije koja se bavi geodezijom, kartografijom, prostornim podacima, katastrom ili je pod kontrolom vojne institucije. Mreža u privatnom vlasništvu je mreža neke tvrtke, sveučilišta, institucije ili drugo. Mogu biti namijenjene za određenu granu gospodarstva ili industrije za koju onda nude specijalizirane usluge tj. podatke i rezultate ovisno o potrebama istih. Postoje primjeri nacionalnih mreža u kojima su integrirane permanentne stanice postavljene od strane pojedinih privatnih tvrtki, čime one postaju partneri u suradnji.

Kod privatnih mreža najčešće govorimo o mrežama koje su postavljene i održavane od strane određene tvrtke, a korištenje njihovih podataka dostupno uz određenu naknadu. One su najčešće u vlasništvu najvećih proizvođača GNSS opreme, a na području Europe istaknute su tri: Trimble s VRS Now mrežom, Leica Geosystems sa svojom SmartNet mrežom i Topcon koji je vlasnik Topnet Live mreže (slika 1). Upravo su te navedene mreže najpoznatije i najveće globalne komercijalne mreže za pozicioniranje i navigaciju s najvećim brojem korisnika u Europi.



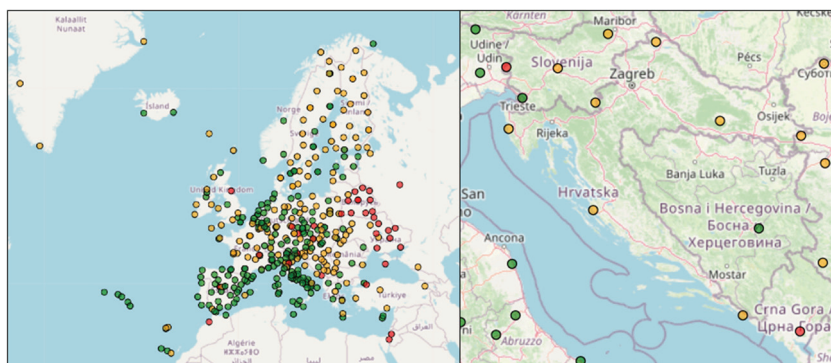
Slika 1. VRS Now (lijevo, URL 2), SmartNet (sredina, URL 3), Topnet Live (desno, URL 4).

3. EUREF permanentna mreža – EPN

EUREF djeluje kao potkomisija IAG-a (engl. *International Association of Geodesy*) za područje Europe. Bavi se definiranjem i održavanjem europskog geo-

detskog referentnog okvira (ETRS89 i kasnijih realizacija) kao i postavljanjem smjernica i standarda za usklađenost i interoperabilnost permanentnih GNSS mreža davanjem preporuka za unaprjeđenje postojećih sustava u europskim zemljama. U Europi, ali i u svijetu, GNSS permanentne mreže se razvijaju kroz nacionalne i regionalne sustave. Svaka zemlja razvila je vlastitu mrežu referentnih stanica, a neke od tih stanica uključene su u Europsku permanentnu mrežu GNSS stanica – EPN.

EPN je mreža permanentnih GNSS stanica postavljenih na području cijele Europe koja je stvorena 1995. godine. Današnji rezultat je doprinos više od 130 agencija, organizacija i sveučilišta diljem Europe. Od 35 stanica koje su dostavljale dnevne RINEX (engl. *Receiver INdependent EXchange*) podatke u 1996. godini, mreža na dan 12.9.2025. broji 423 permanentne GNSS stanice koje opažaju višefrekvencijske multikonstelacijske signale. Pet stanica Hrvatske permanentne GNSS mreže – CROPOS (engl. *CROatian POSitioning System*) je uključeno u EPN mrežu: Čakovec, Dubrovnik, Poreč, Požega i Zadar (slika 2).



Slika 2. EPN stanice u Europi (lijevo) i u Hrvatskoj (desno). Zelenom bojom su označene stanice koje pružaju podatke u stvarnom vremenu, žutom bojom stanice koje daju satne i dnevne podatke, a crvenom bojom stanice daju samo dnevne podatke (URL 5).

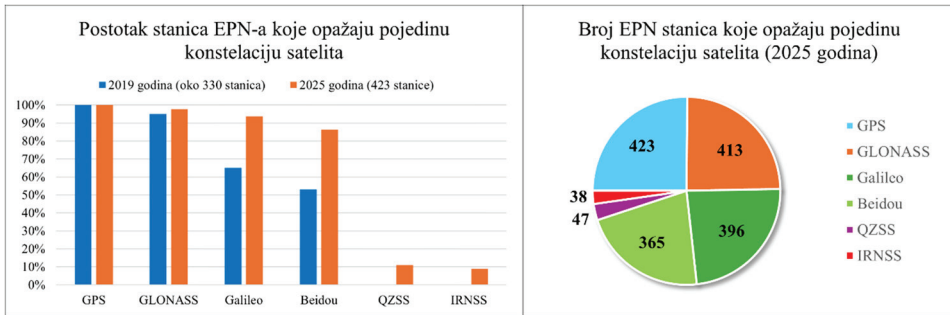
Glavna zadaća EPN-a, uz održavanje i poboljšanje ETRS89 referentnog sustava, je pružanje korisnicima visoko preciznih položaja, brzina i troposferskih parametara svih EPN stanica. Na temelju tih proizvoda pridonosi se dugoročnom praćenju tektonskih pomaka i deformacija, praćenju klimatskih promjena, praćenju promjena ionosfere i varijacija troposfere te varijacija u razinama mora tijekom vremena (Bruyninx i dr. 2019). U 2025. godini, do sredine rujna, šest novih stanica je uključeno u EPN mrežu: po dvije iz Francuske i Luksemburga, a po jedna dolazi iz Italije i Cipra (URL 5).

Osim mreže stanica, koje kontinuirano prikupljaju podatke odaslane sa satelita, EPN se sastoji od podatkovnih centara, centara za analizu GNSS podataka koji generiraju rezultate dobivene iz opažanja i analize te središnjeg ureda. Podatkovni centri pohranjuju i arhiviraju RINEX podatke opažanja i pritom ih čine dostupne korisnicima. Analitički centri, na temelju tih podataka računaju, tj. generiraju podatke poput preciznih položaja stanica i zenitnog troposferskog

kašnjenja. Središnji ured, koji je pod upravom Kraljevskog opservatorija Belgije, zadužen je za koordinaciju mreže, upravljanje i održavanje sustava, validaciju i nadzor kvalitete podataka kao i posredovanja između stanica, centara i korisnika (Bruyninx i dr. 2019).

Svaka stanica u sklopu EPN mreže učitava dnevne RINEX datoteke u podatkovne centre. Čak 93% stanica dostavlja RINEX podatke svakih sat vremena, koji se najčešće koriste za određivanje ukupnog zenitnog kašnjenja u gotovo stvarnom vremenu. Ovi podaci moraju biti dostupni s kašnjenjem od najviše deset minuta. Podatke u stvarnom vremenu pruža 218 ili 51,5% svih EPN stanica. Za omogućavanje toka podataka u stvarnom vremenu zadužena su tri regionalna centra: Savezna agencija za kartografiju i geodeziju iz Njemačke (njem. *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* – BKG), Talijanska svemirska agencija (ASI, tal. *Agenzia Spaziale Italiana*) i Kraljevski opservatorij Belgije (URL 5). Važno je napomenuti da se u EPN mrežu uključuju samo one stanice koje ispunjavaju specifične uvjete koji se mogu pronaći u dokumentu „GUIDELINES FOR EPN STATIONS“ dostupnom na URL 6.

Iz EUREF izvješća 2019. godine, sve EPN stanice opažaju američke GPS satelite dok 95% njih opaža ruske GLONASS, 65% europske Galileo, a preko 50% kineske BeiDou satelite (Bruyninx i dr. 2019). U trenutku pisanja prikupljeni su podaci za rujun 2025 (URL 5) i uspoređeni su s podacima iz izvješća 2019. godine. Na slici 3 za Japanske i Indijske satelite nema podataka iz 2019., s obzirom na to da je QZSS (engl. *Quasi-Zenith Satellite System*) postao operativan tek krajem 2018., a NavIC (prethodno poznat kao IRNSS (engl. *Indian Region Navigation Satellite System*)) je regionalni sustav koji je postao operativan sredinom 2016. godine. Vidljivo je kako se u razdoblju od 5–6 godina broj stanica povećao za 90-ak te kako novo postavljene stanice imaju mogućnost opažanja signala europskih Galileo i kineskih Beidou satelita ili su stare stanice modernizirane.

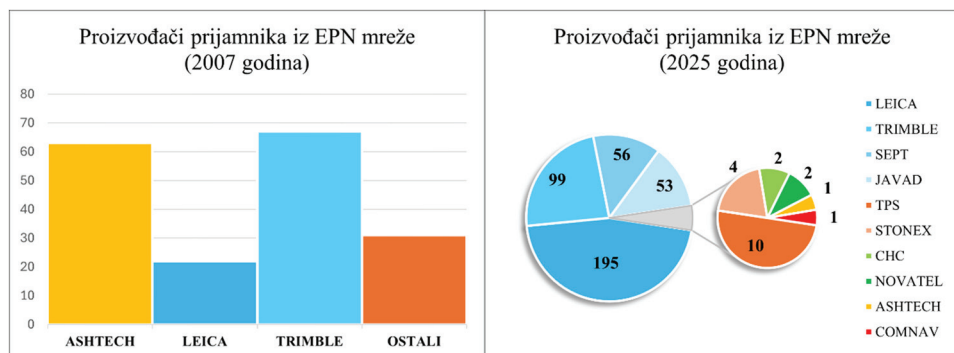


Slika 3. Postotak stanica prema opažanju konstelacija u 2019. (Bruyninx i dr. 2019) i 2025. (URL 5) (lijevo) i broj stanica koje opažaju određenu konstelaciju u 2025 godini (URL 5) (desno).

Otpriblike 30%, točnije 122 stanice, koje su dio EPN-a također su dio IGS (engl. *International GNSS service*) globalne GNSS mreže, dok je njih 379 ili oko 90% dio EPOS-a koji služi pojednostavljenom integriranom korištenju podataka,

podatkovnih proizvoda i objekata iz distribuiranih istraživačkih infrastrukturna za znanost o čvrstoj Zemlji u Europi (URL 5). Navedene mreže pokušavaju koristiti iste standarde za prikupljanje i obradu podataka kako bi osigurale homogenost i kompatibilnost u radu.

Prema vrsti proizvođača prijamnika na raspolaganju su podaci iz 2007. (Grgić i dr. 2007) i 2025. godine (URL 5) (slika 4). Skoro dvadesetak godina unazad tadašnji glavni predstavnik Ashtech je pao s 60-ak prijamnika na svega jedan. Leica, koja je bila treći najzastupljeniji proizvođač u EPN mreži s oko 20-ak prijamnika, danas broji najviše stanica – njih 195 te čini 46% svih stanica EPN-a. Modela Leica GR50 ima 82, a modela Leica GR30 ima 79. Slijedi Trimble s 98 od kojih 57 Alloy i 34 NetR9 modela (URL 5). Sveukupan broj porastao je s 183 na 423 stanice. Osim proširenja mreže za 240 stanica, Hexagon Leica se razvila i probila na tržište te prednjači u broju stanica s njihovom opremom u EPN mreži (slika 4).



Slika 4. Broj prijamnika pojedinog proizvođača GNSS opreme u EPN mreži 2007. godine (Grgić i dr. 2007) (desno) i 2025. godine (lijevo) (URL 5).

3.1. Primjeri nacionalnih GNSS mreža u Europi

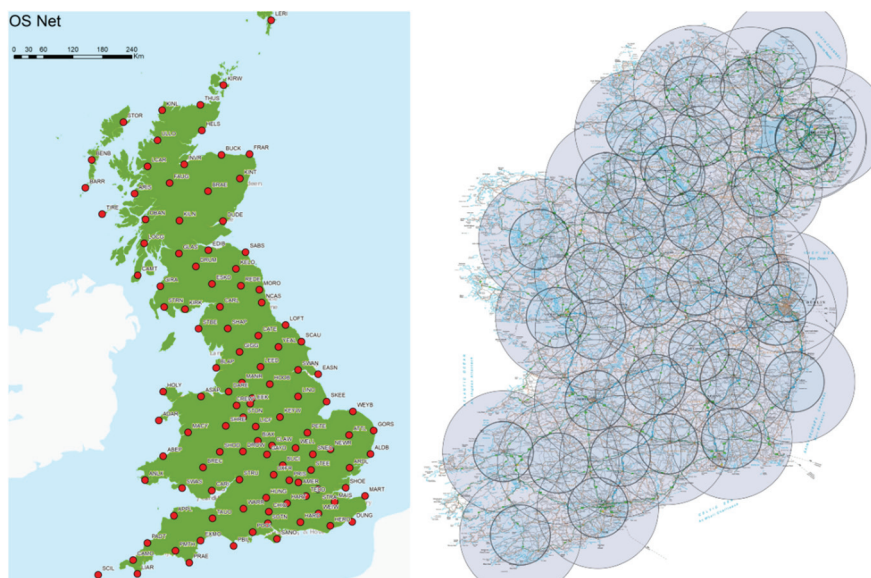
Tijekom povijesti, susjedne europske zemlje sa sličnim jezikom i kulturom stvarale su saveze, kojima su postavili temelje za njihovu suradnju u modernom dobu. Današnja potreba za preciznim pozicioniranjem u stvarnom vremenu potaknula je međusobnu razmjenu podataka CORS stanica u blizini granica susjednih zemalja, čiji se podaci opažanja integriraju u mrežno rješenje jedne i druge države. Ovakva suradnja povećava pouzdanost sustava i osigurava veću točnost za korisnike s obje strane granice. U primjerima prikazane zemlje pokazuju više različitih pristupa i modela nacionalnih mreža za pozicioniranje.

3.1.1. Velika Britanija i Irska

OS Net je nacionalna mreža CORS GNSS stanica na otoku Velikoj Britaniji (koji čine države Engleska, Škotska i Wales) u državnom vlasništvu kojom upravlja Ordnance Survey (OS) – nacionalna agencija za mapiranje i geopros-

torne podatke za vladu Velike Britanije. Mreža se sastoji od 114 stanica (slika 5), što je povećanje za 6 stanica u odnosu na 2017. godinu. U bliskoj budućnosti mreža se planira proširiti za novih 5 stanica uz relokaciju određenog broja postojećih stanica. U EPN mrežu uključeno je 16 stanica OS Net mreže, od kojih je 9 uključeno nakon 2017. godine. RTK usluge besplatne su za zaposlenike OS-a. Za ostale korisnike, usluge pozicioniranja i navigacije dostupne su putem komercijalnih partnera koji nadopunjuju OS Net mrežu s vlastitim stanicama. Trenutno u Velikoj Britaniji postoji sedam komercijalnih pružatelja RTK usluga: Hexagon (SmartNet), Trimble (VRS Now), Topcon (Topnet Live), AXIO NET (FarmRTK), SoilEssentials (EssentialsNetRTK), Premium Positioning (RTK Premium) i Point One (Polaris) (URL 7).

U ožujku 2023. Ordnance Survey Ireland (OSI) se spojio s Uredom za procjenu vrijednosti i Uredom za registraciju imovine u novostvoreno državno tijelo Tailte Éireann (TE). Tailte Éireann je neovisna vladina agencija pod okriljem Ministarstva za stambena pitanja, lokalnu upravu i baštinu. Leica SmartNet, Trimble VRSnow i Topcon Topnet Live su komercijalni pružatelja podataka koja se koriste Irskom nacionalnom GNSS mrežom (URL 8). Permanentna GNSS mreža za Irski otok (slika 5) rezultat je suradnje između Tailte Éireann i Ordnance Survey of Northern Ireland (OSNI). Mrežu čini 40 referentnih stanica – 30 pod upravljanjem TE, a 10 pod OSNI (URL 8). Radi usporedbe u 2012. godini mreža se sastojala od 23 stanice – 17 na području Irske i 6 na području Sjeverne Irske (Martin i McGovern 2012). U idućih par godina plan je progustiti mrežu za dodatne dvije stanice. Sveukupno četiri stanice u Irskoj uključene su u EPN: Dublin, Valentia, Mace Head i Malin Head.

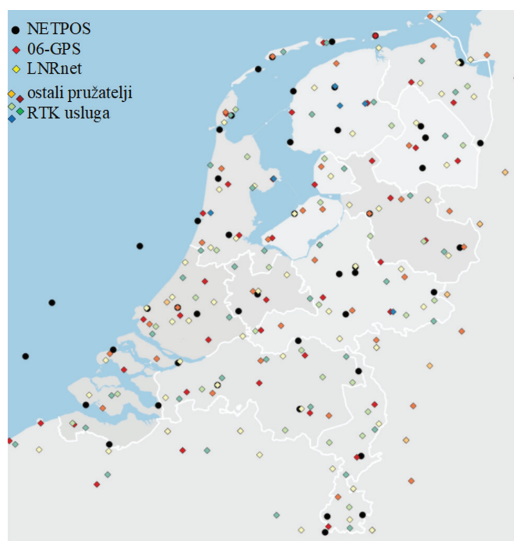


Slika 5. OS net stanice na području Velike Britanije (lijevo) (Greaves i dr. 2024) i permanentna GNSS mreža koja koristi Leica-ine uređaje na Irskom otoku (desno) (URL 8).

3.1.2. Nizozemska

Nizozemska ima više različitih mreža permanentnih GNSS stanica, od one koju koriste samo određene državne službe, do komercijalnih mreža dostupnih privatnim korisnicima. Mreža permanentnih stanica, koju koriste nizozemski katastar i Rijkswaterstaat, naziva se NETPOS (slika 6). NSGI (engl. *Dutch Geodetic Infrastructure Cooperation*) zadužen je za upravljanje i održavanje NETPOS-a. NETPOS mreža se sastoji od 36 stanica s prosječnom udaljenosti od 40 kilometara između njih što omogućuje dobru pokrivenost teritorija države. U planu je proširenje mreže za jednu stanicu. Osam permanentnih stanica na teritoriju Nizozemske uključeno je u EPN mrežu. NETPOS koristi opremu različitih dobavljača kako bi se izbjegla ovisnost o jednom proizvođaču osiguravajući stabilnost u slučaju incidenta (URL 9).

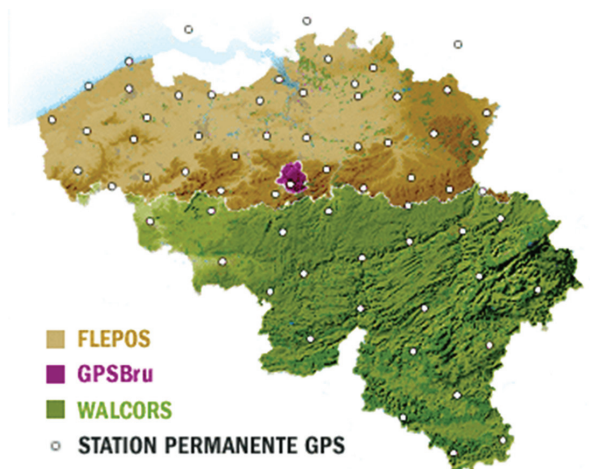
U Nizozemskoj postoji nekoliko komercijalnih pružatelja usluga GNSS korekcija, kao što su 06-GPS (URL 10), VRS-Next (URL 11) i LNR net (URL 12). 06-GPS je prva neovisna kompanija u Nizozemskoj koja je izgradila mrežu od 135 referentnih GNSS stanica, koje pokrivaju područje cijelog Beneluxa, za pružanje usluga u komercijalne svrhe. Samo na teritoriju Nizozemske nalazi se njih 43, dok je sveukupno njih 58 uključeno u mrežno rješenje. VRS-Next pokriva zemlje Beneluxa s 53 stanice. LNR net je mreža 53 referentnih stanica na prosječnim udaljenostima od oko 50 km.



Slika 6. Raspored CORS stanica NETPOS mreže i drugih pružatelja usluga pozicioniranja na području Nizozemske (Huisman i dr. 2023).

3.1.3. Belgija

Belgija je zemlja podijeljena na tri autonomne regije, a jednako toj podjeli je podijeljeno i regionalno upravljanje permanentnim GNSS stanicama na području zemlje. Cijela suradnja između ove tri mreže objedinjena je pod nazivom Aktivna geodetska mreža (slika 7) (URL 13). U tablici 1 dani su podaci za svaku od triju mreža.



Slika 7. Položaj permanentnih stanica u Belgiji u njenim trima autonomnim regijama (URL 13).

Tablica 1. Pregled triju Belgijskih regionalnih mreža (URL 13, URL 14, URL 15, podaci dobiveni u korespondenciji s National Geografisch Instituut, Belgium).

Active Geodetic Network	FLEPOS	WALCORS	GPSBru
Odgovorna organizacija	Digitaal Vlaanderen	Javna služba Valonije	Nacionalni Geografski Institut
Broj stanica mreže	33	22	1
Broj partnerskih stanica	13	11	ovisno o načinu korištenja
Upravljački softver	Trimble	Leica	GEO++
Broj registriranih korisnika (2024)	14253	3366	299
Prosječni broj dnevnih konekcija na mrežu (2024)	1975	746	-
Ukupan broj sati povezanih na mreži (2024)	2,8 milijuna	131 691	-
Svrhe korištenja mreže	Ne podržava aplikacije za sigurnost života	Geodetske aplikacije, podršku obrazovanju i istraživanja	Ne podržava aplikacije za sigurnost života

WALCORS mreža u 2023. godini je modernizirala prijamnike na 14 od 22 stanica čime je omogućeno opažanje Beidou satelita i smanjen utjecaj potencijalnog namjernog i nenamjernog ometanja (URL 14). FLEPOS mreža je u 2023. zabilježila porast od 15% na korištenje RTK usluga te se broj registriranih korisnika povećao s 9728 na 11720, a u 2024. korištenje RTK usluga povećalo se za oko 20%, a broj korisnika za 21%. Od sveukupnog broja korisnika 32% otpada na poljoprivrednike. Isto kao i kod WALCORS-a dolazi do modernizacije antena. Servis pozicioniranja u realnom vremenu, naknadna obrada kao i RINEX datoteke dostupne su besplatno registriranim korisnicima (URL 15). Unutar EPN-a integrirano je 5 Belgijskih stanica smještenih u gradovima: Bruxelles, Dentergem, Dourbes, Redu i Waremmes.

3.1.4. Francuska i Italija

Podaci o mrežama za jedne od najvećih država Europe – Italiju i Francusku – nisu u toj količini javno dostupni kao za druge prikazane države.

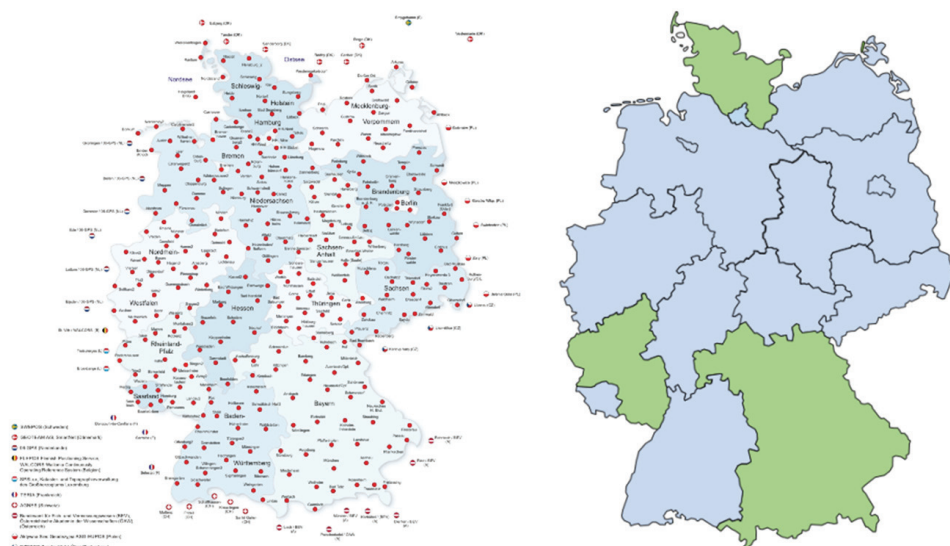
U Italiji postoji više regionalnih mreža koje nisu objedinjene na istom mjestu. Do informacija o njima teško doći ili su iste stare više godina pa se ne može potvrditi njihova aktualnost. Pretraživanjem se dolazi do podataka o geodinamičkim mrežama RDN (ital. *Rete Dinamica Nazionale*), RDN2 i RING (ital. *Rete Integrata Nazionale GNSS*) koje služe za praćenje i proučavanje tektonskih pomaka te za uspostavu referentnog sustava u Italiji. Za RTK pozicioniranje, osim regionalnih mreža, Italija koristi Leicinu SmartNet i Topconovu Topnet Live mrežu (slika 1) tj. servis. Najnovija RTK mreža, uspostavljena specifično za područje Italije i puštena u rad 2024. godine je Pegaso VRS Now, koja je nastala u suradnji s Trimble-om, certificirana od strane talijanskog Vojno-geografskog instituta. Mreža je komercijalna, broji preko 190 CORS stanica, a informacije o trenutačnom broju korisnika nisu dostupne (URL 16). Za razliku od Španjolske, koja ima jedinstvenu web stranicu s popisom navedenih svih regionalnih mreža, permanentnih stanica i poveznice na njihove stranice, Italija takav objedinjeni pristup nema. Regionalne mreže moraju se pojedinačno pretraživati, a rezultati pretraživanja bili su djelomično uspješni.

Sustavi RTK pozicioniranja u Francuskoj su uglavnom komercijalnog karaktera. Osim VRS Now, SmartNet i Topnet Live mreža, tri najpoznatije komercijalne mreže su: Orphéon koja broji preko 220 stanica (URL 17), Teria (URL 18) i Satinfo koja ih ima oko 230 (URL 19). Centipede-RTK je globalna platforma otvorenog koda za dijeljenje GNSS RTK podataka koji se mogu koristiti u svrhe RTK pozicioniranja. Mreža se sastoji od stanica smještenih primarno u Francuskoj i Mađarskoj. Budući da se radi o podacima otvorenog koda, korisnici samostalno odgovaraju za provjeru točnosti i pouzdanosti podataka (URL 20). Korzika, treći najveći otok Europe, ima svoju regionalnu mrežu ActiSat koja prekriva cijeli otok Trimbleovim stanicama (URL 21).

3.1.5. Njemačka

Njemačka SAPOS mreža (njem. *Satellitenpositionierungsdienst*) je nacionalna CORS GNSS mreža čije je upravljanje i održavanje podijeljeno na odabrane institucije 15 saveznih pokrajina. Točnog broja stanica unutar SAPOS mreže nema, ali se zna da mreža ima oko 270 stanica uz koje koristi podatke od oko 40-ak stanica susjednih zemalja (slika 8). CORS stanice dobro pokrivaju područje zemlje i nema planova ni potrebe za proglašivanjem iste. SAPOS nudi tri servisa pozicioniranja: HEPS – pozicioniranje u stvarnom vremenu na centimetarskoj razini opazajući sve dostupne konstelacije satelita, EPS – pozicioniranje u stvarnom vremenu na decimetarskoj razini te GPPS – pozicioniranje u naknadnoj obradi sposobno postići subcentimetarsku točnost oslanjajući se na RINEX formate (URL 22).

Od 2015. godine, počevši od Berlina, u određenim saveznim pokrajinama ne naplaćuje se korištenje servisa pozicioniranja. Ostale savezne pokrajine omogućile su slobodno korištenje u godinama koje slijede, a trenutno na platu vrši njih samo tri (slika 8), ali uz posebne uvjete prema korisnicima iz poljoprivrednog sektora (URL 23).

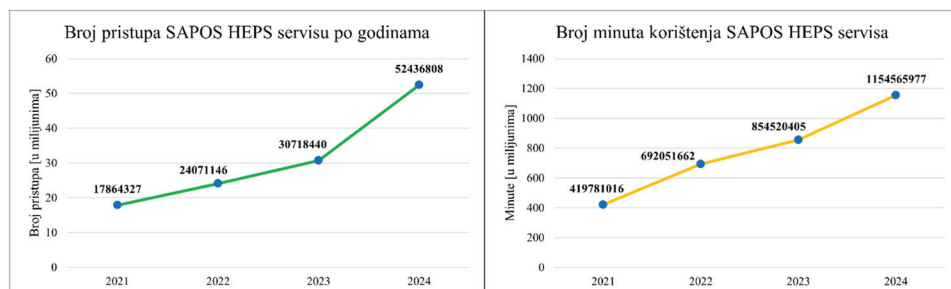


Slika 8. Položaj CORS stanica SAPOS mreže (lijevo) (URL 24) i savezne pokrajine u kojima su usluge pozicioniranja i podaci dostupni besplatno (plava) i uz naplatu (zeleni) (desno) (URL 23).

Njemačka je jedna od prvih država koja je uvela PPP-RTK (engl. *Precise Point Positioning – RTK*) uslugu pozicioniranja nazvanu GEPOS. PPP-RTK je tehnologija koja kombinira značajke sustava PPP (daje točnost na centimetarskoj razini koristeći satelitske popravke) i RTK (brzo inicijalizira i koristi mrežne korekcije za brzo određivanje ambiguiteta). Umjesto oslanjanja isključivo na lokalne referentne stanice kao RTK, PPP-RTK koristi mrežu ref-

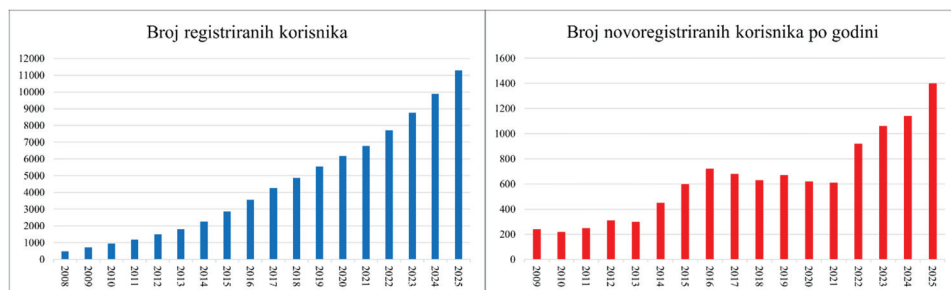
erentnih stanica za prikupljanje podataka potom ih obrađuje u modele korekcija i zatim distribuira na prijemnike putem satelita ili mobilne mreže. Projekt implementacije i optimizacije GEPOS usluge trajao je od 2022. godine, a od početka 2025. usluga je postala dostupna svim korisnicima (URL 25).

Sve savezne pokrajine prikupljaju podatke o korištenju SAPOS HEPS servisa od 2019. godine. U 2022. i 2023. godini po jedna savezna država je otvorila pristup podacima, a u 2024. godini to su učinile dvije. To je dovelo do vidljivog porasta u korištenju HEPS servisa prvenstveno od strane novih korisničkih skupina. Pristup servisu između 2023. i 2024. godine povećao se za 70,7%, a vrijeme korištenja servisa (dano u minutama) povećalo se za 35,1% (slika 9).



Slika 9. Trend korištenja SAPOS HEPS servisa iskazan brojem pristupa i vremenima korištenja u zadnje četiri godine (prevedeno i preuzeto iz URL 23).

Otvaranjem pristupa podacima u novim savezним pokrajinama kroz zadnje četiri godine rastao je i broj registriranih korisnika (slika 10) (URL 24).



Slika 10. Broj registriranih korisnika (lijevo) i broj novoregistriranih korisnika SAPOS servisa pozicioniranja po godinama (prevedeno i preuzeto iz URL 24, AdV 2025).

3.1.6. Španjolska

ERGNSS (špa. *Estaciones de Referencia GNSS*) naziv je za glavnu mrežu permanentnih stanica u Španjolskoj koja se sastoji od preko 120 nacionalnih stanica (slika 11) i oko 150 dodatnih regionalnih stanica. Stanice ERGNSS mreže

pod upravom su IGN-a (*šp. Instituto Geografico Nacional de Espana*), no one stanice koje su ujedno i dio regionalnih mreža imaju dijeljeno vlasništvo s institucijama regije u kojoj se nalaze. Kraljevina Španjolska podijeljena je na 17 regija tj. autonomnih zajednica od kojih 15 regija ima svoje regionalne mreže GNSS stanica. Popis regionalnih mreža nalazi se u nastavku (URL 26):

- ARAGEA: Aragonija
- CATNET: Katalonija
- ERVA: Valencijska zajednica
- GRAFCAN (REPCAN): Kanarski otoci
- ITACYL: Kastilija i León
- RAP: Andaluzija
- REGAM: Regija Murcia
- REP: Ekstremadura
- RGAC (REDGNSSCANT): Kantabrija
- RGAN: Navara
- RGAPA: Kneževina Asturija
- RGE: Baskija
- RGM: Zajednica Madrid
- RIOJA (GNSSCAR): La Rioja
- XGAIB: Balearski otoci

ERGNSS mreža koristi GNSMART (Geo++) softver za RTK i Bernese 5.4 za naknadnu obradu podataka. Usluga pozicioniranja u realnom vremenu SPTR (*šp. Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real*) nastala je kao rezultat dobre suradnje regionalnih i nacionalnih servisa pozicioniranja. Koristi 272 stanice podjeljene u 17 podmreža s ciljem podjele optimalne učinkovitosti u obradi mreže (korekcija) uz adekvatno pokrivanje teritorija (URL 26).



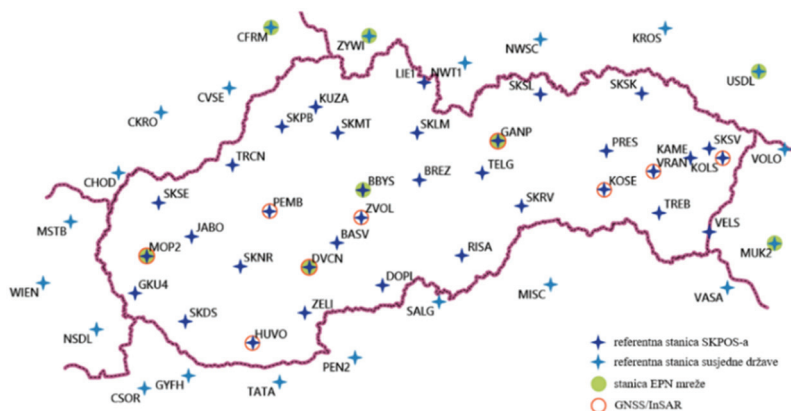
Slika 11. Stanice ERGNSS-a u vlasništvu IGN-a (crveni trokutići) zajedno s prikazom regionalnih permanentnih stanica (kružići različitih boja) i akronimom svake mreže (Sánchez Sobrino 2024).

Na slici 11 je vidljivo kako oko područja glavnog grada Madrida nema regionalne mreže. Tu je svoju priliku vidio Trimble i uspostavio mrežu od 9 permanentnih stanica čime je omogućeno RTK pozicioniranje pomoću Trimbleovog VRS Now servisa (URL 2).

Prema EUREF izvješću iz 2022. godine (URL 27), u računanje pozicija uključeno je 245 nacionalnih i regionalnih stanica koje prikupljaju podatke na svojim položajima za preko 8.000 korisnika servisa dok se broj u 2024. povisio na preko 270 stanica i preko 13.000 korisnika. Danas sustav broji preko 16.000 korisnika uz brzi rast najviše od strane poljoprivrednika (Sánchez Sobrino 2024). U rješenje EPN mreže uključene su 43 stanice na području države (URL 5).

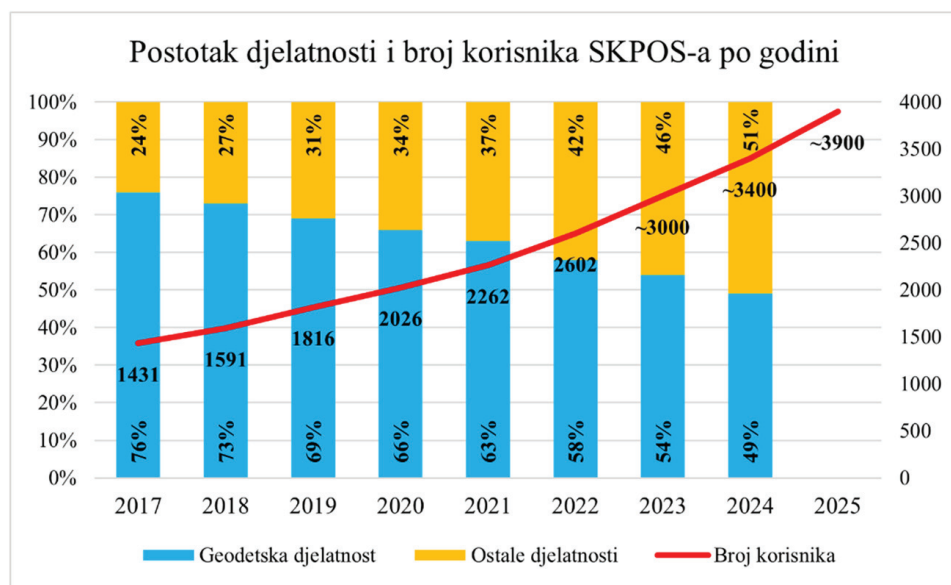
3.1.7. Slovačka

SKPOS (engl. *Slovak real-time Positioning Service*) je slovački pozicijski sustav u državnom vlasništvu kojim upravlja Geodetski i kartografski institut u Bratislavi. Mreža se sastoji od 38 stanica na području države i 28 stanica na područjima susjednih zemalja – 4 u Austriji, 4 u Češkoj, 5 u Poljskoj, 3 u Ukrajini i 9 u Mađarskoj (slika 12). U EPN mrežu uključeno je 5 stanica SKPOS mreže. Stanice su homogeno raspoređene po Slovačkoj s prosječnom udaljenosti od 35 km, a cilj u budućnosti je progustiti mrežu za jednu do dvije stanice. Još jedan od ciljeva je premještanje stanica čije antene se nalaze na krovovima objekata. Te se stanice planiraju premjestiti na čvrsto tlo stabilizirane stupovima s ciljem da se takve mogu koristiti za geodinamička istraživanja. Mreža koristi Trimble Pivot Platform za pružanje RTK usluga dok se za naknadnu obradu mreže i izračun koordinata stanica koristi Bernese 5.4 softver (URL 28).



Slika 12. Razmještaj referentnih stanica u SKPOS mreži (URL 28).

Za usluge SKPOS-a trenutačno je pretplaćeno oko 3900 korisnika, a broj se zadnjih nekoliko godina povećava za 400–500 novih korisnika godišnje. Prema podacima iz 2024. godine, po prvi puta se SKPOS-om koristilo više korisnika koji nisu geodeti, a najviše ih dolaze iz područja poljoprivrede i graditeljstva (slika 13). Usluga pozicioniranja dostupna je uz naknadu (podaci dobiveni u korespondenciji s administratorom SKPOS sustava).



Slika 13. Rast broja korisnika i negeodetskih djelatnosti koje se koriste SKPOS sustavom (podaci dobiveni u korespondenciji s administratorom SKPOS sustava).

3.1.8. Švedska

SWEPOS (engl. *Swedish positioning system*) naziv je za švedsku nacionalnu mrežu stalnih GNSS stanica koja je pod upravom Lantmäterietta odnosno švedske agencije za katastar, zemljišne knjige i kartiranje. Švedska mreža SWEPOS (slika 14) se sastoji od 483 referentnih stanica od kojih su 62 klase A (antene postavljene na betonske stupove ili rešetkaste stupove s čvrstim sidrištem u stijeni), a preostalih 421 klase B (antene postavljene na krovove zgrada) (Kempe i dr. 2024).

Osim SWEPOS stanica u mrežu su uključene: 22 stanice postavljene od strane privatnih tvrtki (na slici označene plavom bojom), 23 su norveške stanice, 6 je finskih, 7 danskih, a planirana je izgradnja dodatnih 5 novih stanica (Kempe i dr. 2024). Unutar EPN-a uključeno je 29 SWEPOS stanica. Prema podacima navedenim u prezentacijama s EUREF simpozija u tablici 2 dani su podaci o broju rasta stanica, rastu broja korisnika te postotak povećanja vremena korištenja RTK servisa u odnosu na prethodnu godinu.

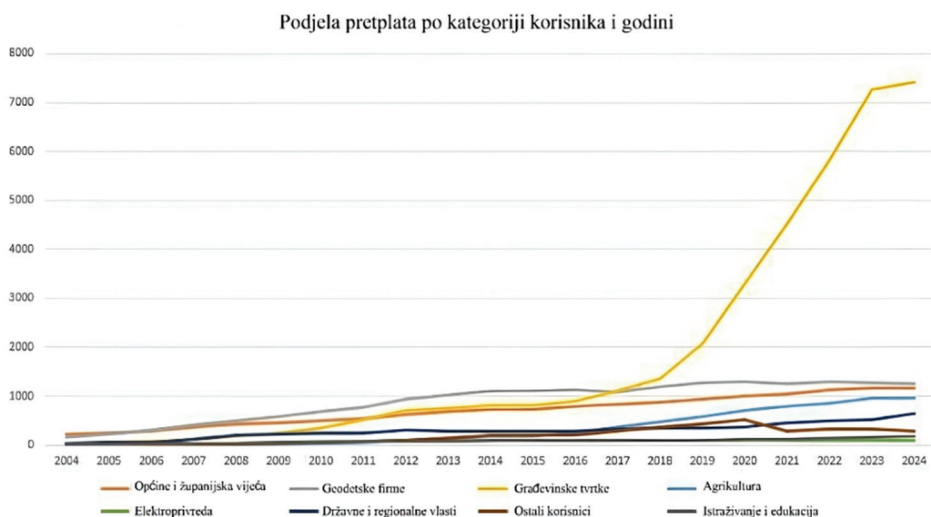


Slika 14. Prikaz stanica SWEPOS permanentne mreže za pozicioniranje (URL 29).

Tablica 2. Rast broja stanica, registriranih korisnika i RTK korištenja SWEPOS sustava (Kempe i dr. 2017, Lilje i dr. 2018, Kempe i dr. 2019, Kempe i dr. 2021, Kempe i dr. 2022, Kempe i dr. 2023 te na temelju statistike Lantmäterieta iz 2025. godine dobivene u korespondenciji sa voditeljem programa SWEPOS).

Godina	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.
Broj stanica mreže	381	398	421	454	458	459	479	483
Broj RTK korisnika	3320	3760	4450	6200	7285	8100	9800	13000
Povećanje korištenja RTK	23,68%	26,36%	28,94%	52,72%	36,14%	18,82%	16,31%	20,79%

Na slici 15 prikazan je rast broja korisnika po kategorijama kroz godine.



Slika 15. Rast broja pretplata (korisnika) po kategorijama kroz godine (podatak dobiven na temelju statistike Lantmäteriet-a iz 2025. godine dobivene u korespondenciji sa voditeljem programa SWEPOS, prilagođeno i prevedeno na hrvatski jezik).

Vidljivo je kako je Švedska u zadnjih 7–8 godina progustila mrežu za oko stotinjak stanica. Od 2018. godine vidljiv je značajan porast broja korisnika koji dolaze iz građevinskih tvrtki. Razlog tomu je potpora koju Švedska agencija za katastar, zemljišne knjige i kartiranje pruža Švedskoj prometnoj administraciji pri izgradnji novih većih prometnica. Uzduž trasa postavljene su CORS stanice na udaljenostima od oko 10 kilometara kako bi se nesigurnost mjerenja maksimalno smanjila u fazi izgradnje, a vrijeme mjerenja smanjilo. Progušćivanje mreže je rezultiralo malim, ali vidljivim poboljšanjima točnosti koordinata, posebice u visinskoj komponenti. (SP Report 2008).

4. Rezultati i analiza istraživanja

Fokus istraživanja stavio se na nacionalne mreže do čijih je podataka bilo lakše doći ili su javno dostupni za razliku od permanentnih mreža u privatnom vlasništvu. U idućim tablicama predstavljeni su trendovi rasta u obliku povećanja broja stanica ili progušćivanja permanentnih mreža (tablica 3). Podaci su dobiveni iz korespondencije s nadležnim institucijama ili su preuzeti iz prezentacija s EUREF simpozija koje su dostupne na URL 30.

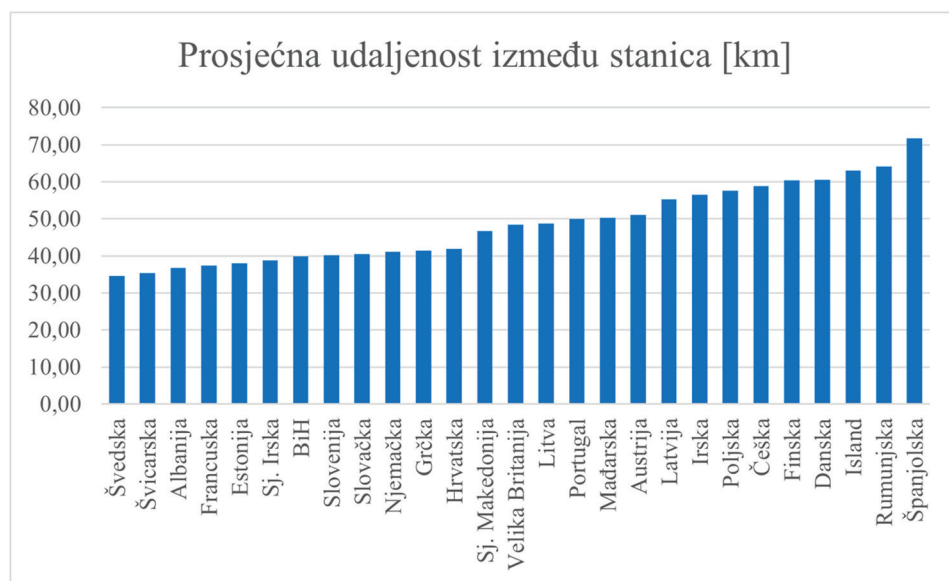
Tablica 3. *Prikaz nacionalnih permanentnih mreža i porast stanica kroz godine (URL 30, podaci dobiveni u korespondenciji s administratorima mrežnih sustava).*

Država	Nacionalna mreža	Broj stanica u mreži	za godinu	Broj stanica u mreži (srpanj, 2025)	Prosječna udaljenost između stanica (promjer kruga) [km]
Hrvatska	CROPOS	33	2021.	41	41,92
Albanija	ALBCORS	16	2021.	27	36,82
Austrija	APOS	36	2019.	41	51,03
BiH	BiHPOS	38	2021.	41	39,85
Češka	CZEPOS	28	2021.	29	58,84
Danska	KMSNet	12	2019.	15	60,48
Estonija	ESTPOS	20	2021.	40	37,94
Finska	FINPOS	47	2019.	118	60,43
Njemačka	SAPOS	~270	2021.	~270	41,04
Grčka	HEPOS	98	2021.	98	41,41
Mađarska	GNSSNet	35	2021.	47	50,20
Island	IceCORS	23	2021.	33	63,04
Irska	OSI	27	2019.	28	56,53
Sj. Irska	OSNI	9	2018.	12	38,72
Latvija	LATPOS	27	2019.	27	55,19
Litva	LITPOS	31	2019.	35	48,74
Sj. Makedonija	MAKPOS	14	2017.	15	46,72
Poljska	ASG-EUPOS	107	2023.	120	57,60
Portugal	ReNEP	47	2019.	47	49,98
Rumunjska	ROMPOS	74	2016.	86	64,05
Slovačka	SKPOS	33	2019.	38	40,53
Slovenija	SIGNAL	16	2017.	16	40,17
Španjolska	ERGNSS	106	2019.	125	71,79
Švedska	SWEPOS	381	2017.	480	34,56
Švicarska	AGNES	41	2023.	42	35,38
Velika Britanija	OSNet	108	2017.	114	48,35

Broj koji prikazuje prosječnu udaljenost između stanica dobiven je tako da se kopnena površina države podijelila s trenutačnim brojem stanica mreže. Kao rezultat dobiva se prosječna udaljenost između dviju permanentnih stanica odnosno radijus dvaju jednakih krugova čiji su centri zapravo permanentne stanice. Zbog svoje male površine države poput Andore, Lihtenštajna, Malte i dr. koriste permanentne GNSS mreže susjednih država.

Iz tablice je vidljivo kako gotovo sve zemlje Europe rade na povećanju broja stanica i time progušćuju svoje nacionalne mreže. Podaci su uzeti u zadnjem desetljeću, a najveći broj podataka o prethodnom broju stanica pronađen je u EUREF nacionalnim izvješćima iz 2019. i 2021. godine. Na slici 16 dan je prikaz nacionalnih permanentnih mreža tj. država u kojima se ona nalaze prema prosječnoj udaljenosti između CORS stanica.

Mnoge zemlje poput Austrije, Češke, Danske, Irske, Litve, Slovačke i dr. proguštale su svoje nacionalne mreže manjim brojem stanica pritom nastavljajući raditi na tome da u narednim godinama postave dodatne stanice. Najveći broj stanica dodale su zemlje poput Finske, koja radi na uspostavi nacionalne mreže, Estonije koja je nedavno završila s postavljanjem i uključenjem 13 novih stanica u mrežu te Švedske koja je predstavljena u ovome radu.

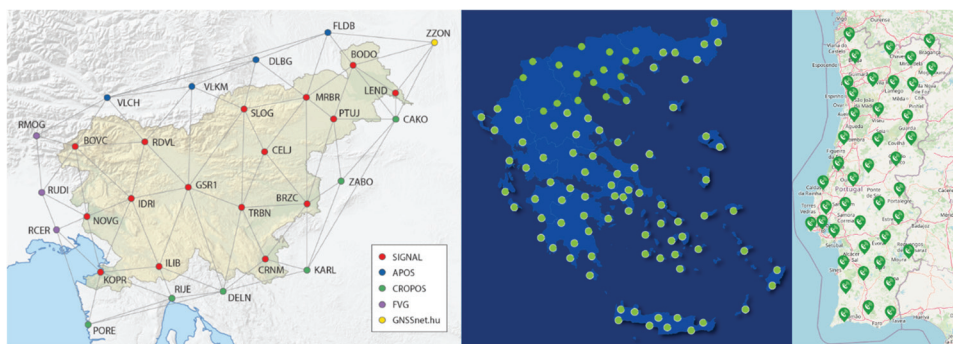


Slika 16. *Prosječna udaljenost CORS stanica nacionalnih permanentnih mreža u 2025. godini.*

Dvije zemlje s najmanjom prosječnom udaljenosti između stanica su Švedska i Švicarska. U primjeru Švedske znamo kako su na određenim područjima CORS stanice postavljene na udaljenostima od 10-ak kilometara za potrebe gradnje prometne infrastrukture. U Švicarskoj AGNES mreži 42 stanice postavljene su na 32 lokacije. To znači da su na 10 lokacija, na udaljenostima od oko 20 metara i manje, postavljene dvije permanentne GNSS stanice gdje je druga stanica postavljena iz razloga modernizacije i prijelaza s GPS i GLONASS antena na GNSS. Uzimajući ovo u obzir, od država prikazanih u tablici 3, Albanija je zemlja s najmanjom prosječnom udaljenosti između svojih CORS stanica. Iako Španjolska nacionalna mreža ERGNSS ima najveće udaljenosti, ona je potpomognuta s 14 regionalnih manjih mreža. Slijede Rumunjska koja, pre-

ma EUPOS izvješćima, aktivno povećava i koja je u 2024. godini modernizira većinu svojih stanica, Island koji je pretežito obalna zemlja i ne zahtijeva veći broj stanica u unutrašnjosti otoka te Danska i Finska koje rade na promjenama i uspostavi stanica za potrebe nacionalnih referentnih okvira i neovisnosti o privatnim pružateljima RTK usluga (informacija dobivena u korespondenciji s administratorima sustava).

Zemlje poput npr. Slovenije, Grčke i Portugala nisu povećavale broj stanica, ali uvidom u kartu i raspored vidljivo je kako je broj stanica i raspored istih više nego zadovoljavajući za potrebe preciznog pozicioniranja (slika 17).



Slika 17. Raspored CORS stanica u slovenskoj SIGNAL mreži (lijevo) (URL 31), Grčkoj (sredina) (URL 32) i Portugalu (desno) (URL 33).

Hrvatska također prati trend povećanja broja stanica. Od uspostave sustava 2008. godine, kada se mreža sastojala od 30 stanica, do danas je progušćenje mreže provedeno u četiri navrata. Godine 2014. broj stanica je povećan na 33, godine 2023. taj broj je narastao na 38, godinu dana nakon dodana je jedna, a 2025. godine dodane su stanice u Daruvaru i Čazmi. Plan je kroz idućih par godina pronaći odgovarajuće lokacije u Slavoniji i Dalmatinskoj zagori za postavljanje novih stanica čime bi se popunile praznine u tim područjima (Marjanović i dr. 2025).

Do informacija o broju registriranih korisnika koji RTK servis teže je doći jer velik broj zemalja ne objavljuje podatke na godišnjoj razini. Putem e-mailova dobiveni su okvirni brojevi koji su prikazani brojevi u tablici 4. Podaci za Hrvatsku (svibanj 2025.) predstavljeni su u Marjanović i dr. (2025). U tablici 4 prikazane su one zemlje za koje su pronađeni podaci o trenutačnom broju korisnika i broju od prije nekoliko godina.

Tablica 4. *Prikaz rasta broja korisnika RTK usluga pozicioniranja koje pružaju nacionalne mreže (URL 30, podaci dobiveni u korespondenciji s administratorima mrežnih sustava).*

Država	Mreža	Naplaćivanje usluga	Broj korisnika usluga mreže	za godinu	Broj korisnika (2025)
Hrvatska	CROPOS	Ne	2571	2023.	3586
Austrija	APOS	Da	5900	2022.	7800
Češka	CZEPOS	Da	2100	2021.	3000
Mađarska	GNSSNet	Da	2900	2018.	4900
Latvija	LATPOS	Ne	750	2017.	2400
Litva	LITPOS	Da	1430	2021.	4000
Njemačka	SAPOS	Ne	5500	2019.	11200
Norveška	SATREF	Da	4850	2023.	>5500
Poljska	ASG-EUPOS	Ne	3500	2017.	28000
Portugal	ReNEP	Ne	2100	2017.	>6300
Slovačka	SKPOS	Da	1430	2017.	3900
Španjolska	ERGNSS	Ne	8000	2022.	16000
Švedska	SWEPOS	Da	3320	2017.	17000
Švicarska	AGNES	Da	2700	2017.	>3000

Prema modelu poslovanja, RTK usluge se mogu naplaćivati ili mogu biti besplatno dostupne uz eventualnu jednokratnu naplatu registracije u sustav. Broj nacionalnih permanentnih GNSS mreža za koje su pronađeni podaci o naplati i koje naplaćuju RTK usluge iznosi 23, dok broj zemalja s besplatnim RTK uslugama iznosi 13.

Vidljiv je porast broja registriranih korisnika RTK usluga u svim zemljama, a najizraženiji je u Poljskoj i u Švedskoj. Eksplozivni porast u Poljskoj se dogodio krajem 2022. godine i u narednim godinama nakon što je Središnji ured geodezije i kartografije u Poljskoj ukinuo naknade za korištenje svih servisa za registrirane korisnike (URL 34). Broj korisnika u Španjolskoj sve više raste, isto kao i broj stanica nacionalne mreže, a najviše korisnika je iz područja poljoprivrede. U Švedskoj je porast povezan s građevinskom sektoru gdje se u roku od tri godine broj korisnika povećao za skoro 5000. Ostale djelatnosti također imaju blagi uzlazni trend, ali ni približno ovako izražen. U primjeru Švicarske u 2022. i 2023. godini došlo je do pada u broju korisnika zbog uvođenja naplate naknada. Postojeći korisnici servisa su prilagodili broj licenci koje su im bile potrebne za rad, a određen broj se odlučio za usluge privatnih pružatelja (Swiss Geodetic Commission 2023).

CROPOS nudi tri različita servisa: DPS (Diferencijalni servis pozicioniranja u realnom vremenu – točnost ispod 1 m), VPPS (Visokoprecizni servis pozi-

cioniranja u realnom vremenu – centimetarska točnost) i GPPS (Geodetski precizni servis pozicioniranja – subcentimetarska točnost). Za korištenje servisa potrebno je obaviti registraciju koja se jednokratno naplaćuje. Registracija uključuje podnošenje zahtjeva nakon kojeg administratori sustava dodjeljuju korisničko ime i lozinku za pristup sustavu. Korištenje DPS i VPPS servisa je besplatno dok se usluga GPPS-a (naknadna obrada) naplaćuje po odabranom vremenskom intervalu (URL 35).

Hrvatska je imala konstantan rast od godine 2010. do 2021., a onda se broj novootvorenih tvrtki, broj licenci za visokoprecizni servis pozicioniranja i vrijeme njegova korištenja osjetno povećao. Razlog tomu je stupanje na snagu zakona kojim se ukida naknada za korištenje DPS i VPPS servisa pozicioniranja (Zakon o izmjenama i dopuni Zakona o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, URL 36). Od 2022. godine do danas izdano je više VPPS licenci nego što je bilo od uspostave CROPOS-a. Vrijeme korištenja VPPS servisa se u 2021. godini s oko 13 milijuna minuta povećalo na preko 25 milijuna minuta u 2024. Prosjek novootvorenih tvrtki u periodu do 2021. iznosio je oko 80 godišnje, dok u zadnje četiri godine (uključujući 2025. godinu do lipnja) taj prosjek iznosi 177 novih tvrtki godišnje (Marjanović i dr. 2025). Još jedan od razlog cijelokupnog povećanja je prevedba višegodišnjeg programa katastarskih izmjera građevinskih područja u cijeloj zemlji.

Kada bi uspoređivali rast broja stanica u mrežama s naplatom ili bez naplate RTK usluga, ne može se doći do jedinstvene uzročno posljedične veze. Broj stanica raste i zbog postavljanja novih stanica na lokacije u područjima koja prilikom projektiranja mreže nisu bila pokrivena. U pojedinim državama, više od proglašivanja mreža radi se na modernizaciji sustava gdje dolazi do zamjene starih prijamnika (koji podržavaju GPS i GLONASS) višefrekvencijskim prijamnicima koji mogu opažati sve konstelacije GNSS satelita. Te antene također su dugovječnije i otpornije na namjerna i nenamjerna ometanja, a radi se i na uvođenju novih verzija softvera za kontrolu, održavanje mreže i obradu podataka sve kako bi se u potpunosti iskoristile mogućnosti novih sustava.

Usluge pozicioniranja koje nude permanentne mreže sve više nalaze primjenu u raznim segmentima poput precizne poljoprivrede i inženjerskih radova. Cilj korištenja preciznog pozicioniranja je potaknuti automatizaciju procesa uz ubrzanje obrade poljoprivrednih površina. U građevinskom sektoru, na gradilištima kapitalnih objekata, GNSS tehnologija sve se više implementira čime se radovi ubrzavaju, a rješenja su dovoljno precizna i robusna.

5. Zaključak

Permanentne GNSS mreže u Europi tijekom posljednjeg desetljeća doživjele su značajan tehnološki i infrastrukturni napredak. Njihova uloga postaje sve važnija u dobu digitalizacije, automatizacije i preciznog upravljanja prostornim podacima. Analiza dostupnih podataka ukazuje na trend rasta broja stanica i sve većeg broja korisnika u svim europskim zemljama. Najveće ograničenje pri istraživanju predstavljala je dostupnost podataka. M³G baza podataka o stanicama nadopunjuje se svakodnevno, ali i dalje ne obuhvaća sve stanice i mreže,

a dostupni podaci često su nepotpuni. Poseban problem predstavlja činjenica da ne postoji jedinstvena baza podataka permanentnih mreža. Podaci o privatnim ili znanstvenim mrežama puno teže se pronalaze u odnosu na podatke o nacionalnim mrežama u vlasništvu države, a do informacija o broju stanica ili korisnika uglavnom nije moguće doći. Najveća javno dostupna arhiva o statusu mreža tijekom prošlih godina jesu prezentacije s EUREF simpozija, u kojima se nalaze podaci od interesa za tu godinu. Za mnoge zemlje i godine podaci poput broja registriranih korisnika, stanica, tvrtki, vremena korištenja servisa pozicioniranja i slično se ne prikazuju dosljedno.

Osnovna uloga permanentnih GNSS mreža ostaje u održavanju europskog i nacionalnog referentnog koordinatnog sustava i pružanju pozicioniranja u stvarnom vremenu, ali više nije ograničena na njih. Danas se kod postavljanja novih permanentnih stanica razmišlja o njihovoj višenamjenskoj ulozi. Sve češće se pri postavljanju novih stanica vodi računa o njihovoj ulozi u monitoringu geodinamičkih i seizmičkih procesa, ne samo za potrebe pozicioniranja. Takva CORS infrastruktura izravno doprinosi inženjerskim aplikacijama, znanstvenom istraživanju i upravljanju rizicima od prirodnih katastrofa. Na ovaj način permanentne GNSS mreže dobivaju sve veću stratešku vrijednost – kako za znanost, tako i za gospodarstvo, sigurnost i za društvo u cjelini.

Primarni razlog za rast broja referentnih GNSS stanica usko je povezan s povećanjem broja korisnika i njihovih zahtjeva. Što je mreža gušća, to su korekcije pouzdanije, a rješenja robusnija. Paralelno s tim, sve veću pažnju dobiva razvoj naprednih rješenja i tehnologija poput PPP-RTK, koja omogućuje visoku točnost i pouzdanost čak i izvan područja guste pokrivenosti referentnim stanicama. Time se otvara mogućnost da GNSS usluge postanu jednako dostupne u udaljenim područjima.

Kako raste broj stanica i korisnika, tako raste i važnost njihove pouzdanosti i sigurnosti. Jasno je da svaki prekid ili netočnost podatka i informacije može imati ozbiljne posljedice. Upravo zato otpornost na ometanje signala i zaštita od lažnih signala postaju prioriteta. Jedan od mogućih pravaca unaprijeđenja je razvoj monitoring sustava u stvarnom vremenu koji mogu detektirati anomalije u prijenosu signala i točnosti opažanja CORS stanice uz postupak automatskog upozorenja operatorima i korisnicima. Integracija takvih rješenja s tehnologijama poput PPP-RTK-a omogućila bi dodatnu sigurnost.

Razvoj permanentnih GNSS mreža usko je povezan s trendovima otvorenih podataka (engl. *Open Data*) i digitalne interoperabilnosti. Sve više nacionalnih agencija otvara pristup sirovim GNSS podacima, korekcijama i metapodacima što omogućava njihovu integraciju u šire geoprostorne sustave. Veliki izazov predstavlja osiguranje interoperabilnost podataka. Nužan korak prema potpunoj povezanosti podataka permanentnih mreža je uspostava jedinstvenih standarda unutar EUREF-a i EU inicijativa. Upravo taj trend otvorenih podataka i osiguranje interoperabilnosti čine GNSS mreže ključnim dijelom nacionalnih i europskih infrastruktura prostornih podataka – SDI (engl. *spatial data infrastructure*) usklađene s INSPIRE (engl. *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*) direktivom. Njihova uloga proširit će se s klasičnog geodetskog pozicioniranja na podršku pametnim transportnim sustavima, preciznoj poljoprivredi, nadzoru okoliša i praćenju deformacija pro-

stora u realnom vremenu. Ovakav razvoj zahtijeva jačanje koordinacije između javnog i privatnog sektora te kontinuirano ulaganje u edukaciju i interoperabilne platforme.

U konačici, rast i modernizacija permanentnih GNSS mreža usko je povezana sa strateškim ulaganjima od strane nacionalnih ili europskih projekata. Kontinuirana ulaganja u infrastrukturu predstavljaju ključni izazov u nadolazećem razdoblju. Trend koji se očekuje je nastavak rasta broja stanica permanentnih GNSS mreža i korisnika usluga diljem Europe, uz stalno poboljšanje dostupnosti RTK i PPP-RTK usluga. Daljnji razvoj permanentnih GNSS mreža i povezanih rješenja dodatno će učvrstiti njihovu ulogu ne samo kao alata za precizno pozicioniranje, već i kao jednog od ključnih elemenata sigurnosti, kontinuiteta i pouzdanosti digitalne budućnosti Europe.

Literatura

- AvD – Udruženje geodetskih uprava saveznih država Republike Njemačke (2025): National Report of Germany 2025, prezentacija na EUREF simpoziju 2025. godine, Covilhã, Portugal, 25–26. 6. 2025.
- Bruyninx, C., Legrand, J., Fabian, A., Pottiaux, E. (2019): GNSS metadata and data validation in the EUREF Permanent Network, *GPS Solut*, 23, 106.
- Greaves, M., Bateson, L., Susnik, A. (2024): Great Britain National Report 2024, prezentacija na EUREF simpoziju 2024. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2024Barcelona/p-02-06-Greaves.pdf>.
- Grgić, I., Bačić, Ž., Lučić, M. (2007): Status VRS sustava i servisi u okruženju, konferencijski rad, Prvi kongres o katastru u BiH, Neum, 31. 5. – 2. 6. 2007.
- Häkli, P., Lahtinen, S., Bilker-Koivula, M., Näränen, J., Ollikainen, M., Koivula, H., Poutanen, M., Marila, S., Rouhiainen, P., Saarinen, V., Saari, T., Turunen, M. (2019): National Report of Finland, EUREF 2019 Symposium, Tallinn, Estonia, May 22–24, 2019, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2019Tallinn/05-07-Finland.pdf>.
- Huisman, L., Alberts, B., Hanssen, R., Lasparre, J., de Ligt, H., van der Marel, H. (2023): National report the Netherlands, prezentacija na EUREF simpoziju 2023. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-16-Netherlands.pdf>.
- Kempe, C., Abraha, K. E., Dahlström, F., Engfeldt, A., Jivall, L., Jämtnäs, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Nilsson, T., Ning, T., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P. (2023): National Report of Sweden to the EUREF 2023 Symposium – Geodetic Activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2023 Symposium in Gothenburg, Sweden, 24–26 May, 2023, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-23-p-Sweden.pdf>.

- Kempe, C., Alfredsson, A., Alissa, S., Engfeldt, A., Dahlström, F., Håkansson, M., Jivall, L., Jämnäs, L., Lidberg, M., Ning, T., Norin, D., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P., Ågren, J. (2021): National Report of Sweden to the EUREF 2021 Symposium – Geodetic Activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2021 Symposium online from Ljubljana, Slovenia, 26–28 May, 2021, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2021Online-from-Ljubljana/04-25-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Alfredsson, A., Alissa, S., Engfeldt, A., Dahlström, F., Håkansson, M., Jivall, L., Jämnäs, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Ning, T., Norin, D., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Steffen, H., Steffen, R., Tirén, K., Wiklund, P., Ågren, J. (2022): National Report of Sweden to the EUREF 2022 Symposium – Geodetic Activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2022 Symposium online from Zagreb, Croatia, 1–3 June, 2022, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2022Online-from-Zagreb-Croacia/04-22-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Alfredsson, A., Alm, L., Engfeldt, A., Eurenus, B., Lidberg, M., Lilje, M., Ning, T., Norin, D., Olsson, P.-A., Steffen, H., Wiklund, P., Ågren, J. (2019): National Report of Sweden to the EUREF 2019 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2019 Symposium in Tallinn, Estonia, 22–24 May, 2019, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2019Tallinn/05-26-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, C., Jivall, L., Norin, D., Steffen, H., Ågren, J., Engfeldt, A., Ning, T., Alm, L., Jämnäs, L., Lilje, M., Lidberg, M., Wiklund, P. (2017): National Report of Sweden to the EUREF 2017 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2017 Symposium in Wrocław, Poland, May 17–19, 2017, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2017Wroclaw/05-22-p-Sweden.pdf>.
- Kempe, T., Abraha, K. E., Dahlström, F., Engfeldt, A., Jivall, L., Lidberg, M., Lilje, C., Nilfouroushan, F., Ning, T., Ohlsson, K., Olsson, P.-A., Puwakitipiya Gedara, C., Steffen, H., Steffen, R., Wiklund, P. (2024): National Report of Sweden to the EUREF 2024 Symposium, Geodetic Activities at Lantmäteriet.
- Lilje, C., Alm, L., Jivall, L., Kempe, C., Lidberg, M., Lilje, M., Ning, T., Olsson, P.-A., Steffen, H., Wiklund, P., Ågren, J. (2018): National Report of Sweden to the EUREF 2018 Symposium – geodetic activities at Lantmäteriet, Presented at the EUREF 2018 Symposium in Amsterdam, the Netherlands, May 30–June 1, 2018, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2018Amsterdam/05-23-p-Sweden.pdf>.
- Marjanović, M., Ciprijan, M., Babić, M., Katalenić-Bertić, D., Bralo, H. (2025): Trenutni status CROPOS sustava i njegov budući razvoj, prezentacija s Trimble Express 2025 simpozija, 3. 6. 2025., Zagreb.

- Martin, A., McGovern, E. (2012): An evaluation of the performance of networks RTK GNSS services in Ireland, FIG Working Week 2012, Rim, Italija, 6–10. svibnja 2012.
- Sánchez Sobrino, J. A. (2024): Coordination of the GNSS networks in Spain, prezentacija na EUREF simpoziju 2024. godine, dostupno: <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2024Barcelona/13-02-Sobrino.pdf>.
- SP Technical research Institute of Sweden, Chalmers University of Technology (2008): Results of Project Close – Chalmers, Lantmäteriet, Onsala, "äSpe".
- Stone, W. A. (2000): An overview of global positioning system continuously operating reference stations, NOAA, dostupno: https://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/GPS_CORRS.html.
- Swiss Geodetic Commission (2023): Swiss National report on the Geodetic Activities in the years 2019 to 2023, Presented to the XXVIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics in Berlin, Germany, July 2023.

Mrežne adrese

- URL 1: Sustav za upravljanje i distribuciju metapodataka za više GNSS mreža, <https://gnss-metadata.eu/site/stations?StationSearchModel%5BvalidMetadata%5D=1>, (12. 9. 2025.).
- URL 2: Trimble VRS Now via Internet – karta pokrivenosti, <https://tnzmarcom.com/dev/svg-world2/#>, (12. 9. 2025.).
- URL 3: HxGN SmartNet | NRTK karta pokrivenosti, <https://hxgnsmartnet.com/coverage-map>, (12. 9. 2025.).
- URL 4: Topnet Live RTK i PPP karta pokrivenosti, <https://www.topconpositioning.com/solutions/technology/infrastructure-software-and-services/topnet-live-corrections>, (12. 9. 2025.).
- URL 5: EPN mreža i podaci – karte, https://www.epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php, (12. 9. 2025.).
- URL 6: Guidelines for ENP stations, https://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_ENP_stations.pdf, (12. 9. 2025.).
- URL 7: Ordnance Survey UK, <https://www.ordnancesurvey.co.uk/geodesy-positioning/os-net>, (12. 9. 2025.).
- URL 8: Tailte Éireann geodetski servisi, <https://tailte.ie/services/geodetic/>, (12. 9. 2025.).
- URL 9: NSGI – Nizozemski katastar, <https://www.nsgi.nl/referentiepunten-en-gnss-data>, (12. 9. 2025.).
- URL 10: 06-GPS, <https://06-gps.nl/>, (12. 9. 2025.).

- URL 11: VRS Next, <https://www.vrsnext.com/en/>, (12. 9. 2025.).
- URL 12: LNR Net, <https://lnrnet.com/>, (12. 9. 2025.).
- URL 13: Aktivna geodetska mreža Belgije, <https://agn.ngi.be/FR/FR0.jsp>, (12. 9. 2025.).
- URL 14: WALCORS pozicijski sustav u Belgijskoj regiji Valoniji, <https://gnss.wallonie.be/walcors.html>, (12. 9. 2025.).
- URL 15: FLEPOS pozicijski sustav u Belgijskoj regiji Flandriji, <https://www.vlaanderen.be/digitaal-vlaanderen/onze-diensten-en-platformen/flepos-centimeternauwkeurige-positiebepaling>, (12. 9. 2025.).
- URL 16: Pegaso VRS Now permanentna mreža, <https://www.igmi.org/en/servizi/reti-geodetiche/la-rete-pegaso>, (12. 9. 2025.).
- URL 17: Orphéon GNSS CORS mreža u Francuskoj, <https://reseau-orpheon.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 18: Teria GNSS CORS mreža, <https://www.reseau-teria.com/en/teria-network-coverage/>, (12. 9. 2025.).
- URL 19: Satinfo mreža na području Francuske, <https://satinfo.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 20: Centipede-RTK mreža otvorenog koda, <https://www.centipede-rtk.org/the-centipede-rtk-network>, (12. 9. 2025.).
- URL 21: ActiSat mreža na Korzici, <https://www.actisat.fr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 22: SAPOS proizvodi, <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/SAPOS/>, (12. 9. 2025.).
- URL 23: SAPOS izvješće o kvaliteti 2025, <https://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Integrierter-geodaetischer-Raumbezug/SAPOS/binarywriterservlet?imgUId=a9a30b66-d848-891c-03ff-836c845193ea&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>, (12. 9. 2025.).
- URL 24: Nacionalno izvješće za Njemačku, SAPOS mreža, 2024 godine, <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2023Gothenburg/04-09-Germany.pdf>, (12. 9. 2025.).
- URL 25: AvD – Udruženje geodetskih uprava saveznih pokrajina Njemačke, <https://www.adv-online.de/Startseite/>, (12. 9. 2025.).
- URL 26: Nacionalni Geografski institut Španjolske – Geodezija, <https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-area-geodesia>, (12. 9. 2025.).
- URL 27: Nacionalno izvješće Španjolske na EUREF simpoziju 2022. godine, <https://www.euref.eu/sites/default/files/symposia/2022Online-from-Zagreb-Croatia/04-21-Spain.pdf>, (12. 9. 2025.).
- URL 28: Slovak real-time positioning service, SKPOS mreža, <https://skpos.gku.sk/en/o-skpos.php>, (12. 9. 2025.).
- URL 29: SWEPOS Švedski pozicijski servis, <https://swepos.lantmateriet.se/default.aspx>, (12. 9. 2025.).

- URL 30: Presentacije s EUREF simpozija grupirane po godinama,
<https://www.euref.eu/euref-symposia>, (12. 9. 2025.).
- URL 31: Slovenska SIGNAL mreža, <https://gu-signal.si/>, (12. 9. 2025.).
- URL 32: Grčka HEPOS mreža, <https://www.hepos.gr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 33: Portugalska ReNEP mreža,
<https://renep.dgterritorio.gov.pt/estacoes>, (12. 9. 2025.).
- URL 34: ASG-EUPOS, Poljska nacionalna GNSS mreža,
<https://www.asgeupos.pl/language/en/>, (12. 9. 2025.).
- URL 35: CROPOS hrvatski pozicijski sustav,
<https://www.cropos.hr/>, (12. 9. 2025.).
- URL 36: Ukidanje troškova korištenja usluga CROPOS-a,
<https://cropos.hr/obavijesti/170-zakon-o-izmjenama-i-dopuni-zakona-o-drzavnoj-izmjeri-i-katastru-nekretnina>, (12. 9. 2025.).

Status and Development Trends of Permanent GNSS Networks in Europe

ABSTRACT. Permanent GNSS networks in Europe constitute a key infrastructure for precise positioning, geodetic measurements, scientific research, and various engineering applications. Their development, especially over the past decade, has been marked by an increase in the number of stations, the modernization of outdated technology through the replacement of old equipment with new multi-frequency and multi-constellation antennas and receivers, and the growth in the number of users employing precise positioning for non-geodetic purposes. National networks of EU member states and other European countries are increasingly being developed or repurposed into multi-purpose networks, combining scientific, reference, and commercial services. The aim of this paper is to analyze the current status and development trends of permanent GNSS networks in Europe, with particular emphasis on national services, models of availability, and network densification through the addition of more stations. The analysis is based on data from the international M3G database, reports and presentations from EUREF meetings, as well as publicly available national sources and official correspondence with institutions. The research identified 161 networks across 51 European countries, including over 3,500 active stations, of which 423 are part of the EPN. The role of the EPN in metadata standardization and ensuring a homogeneous reference frame is particularly highlighted. The study showed that open-access models encourage exponential growth in users, whereas commercial or hybrid models exhibit a more stable but slower development. Analysis of the collected data on permanent GNSS networks in Europe indicates that the growth in the number of network stations results in better coverage of regional or national territories, as well as a more diverse application of precise positioning. These indicators confirm that permanent GNSS networks in Europe are becoming increasingly accessible, reliable, and multifunctional, thereby contributing more significantly to the development of digitalization, technology, and infrastructure in Europe.

Keywords: Permanent GNSS networks, CORS, national positioning system, RTK, growth trends, EPN.

Prilmljeno / Received: 2025-10-10

Prihvaćeno / Accepted: 2025-11-24