

# NAČINI DOLOČANJA POLOŽAJA S SATELITSKIMI TEHNIKAMI

## SATELLITE-BASED POINT POSITIONING TECHNIQUES

*Klemen Kozmus, Bojan Stopar*

UDK: 528.28  
POVZETEK

*Prispevek predstavlja pregled metod določitve položaja z opazovanji GPS glede na tipe opazovanih količin in način obdelave opazovanj. Opisani so postopki določitve položaja z absolutno, kodno diferencialno in relativno fazno metodo določitve položaja. Omenjeni so klasični in nekateri novejši koncepti, ki omogočajo višjo natančnost določitve položaja. Prispevek zaključuje primerjava vseh obravnavanih metod.*

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04  
ABSTRACT

*The article presents a review of GPS point positioning techniques with regard to types of observables and ways of observation data processing. Proceedings of code-based, code-differential and phase-differential positioning modes are described. The classical and some of the newer concepts which enable a higher positional accuracy are mentioned. The article concludes with a comparison of the discussed techniques.*

### KLJUČNE BESEDE

*metode GPS, WAAS, DGPS, relativna določitev položaja, PPP*

### KEY WORDS

*GPS techniques, WAAS, DGPS, phase-differential positioning, PPP*

## 1 UVOD

Določitev položaja opazovalca na Zemlji temelji na določitvi razdalje med sateliti GPS, ki »krožijo« po tirnicah v vesolju, in sprejemnikom GPS na Zemlji. Določitev razdalje med sateliti in sprejemnikom temelji na dveh postopkih. To sta:

- korelacija kode nosilnega valovanja z valovanjem, generiranim v sprejemniku, t. i. kodni način in
- primerjava faze sprejetega in v sprejemniku vzpostavljenega valovanja, t. i. fazni način.

Fazni način je precej bolj natančen od kodnega, zato kakovostna določitev položaja temelji na kodnem in faznem načinu.

Točnost določitve položaja na osnovi opazovanj GPS je odvisna od številnih vplivov. Ti imajo izvor v položaju satelitov, mediju širjenja signalov, sprejemniku/anteni, neposredni okolici in programski obdelavi. Kadar opazovanja izvajamo z enim sprejemnikom, povzroči vsota vseh vplivov napako v določitvi položaja tudi več 10 metrov.

Na natančnost določitve položaja ima vpliv tudi upravljavec sistema GPS s specifičnimi mehanizmi. Mehanizem omejene dostopnosti S/A (angl. Selective Availability), ki je natančnost

samostojnega opazovanja GPS znižal na več kot 100 metrov, so leta 2000 odstranili. Še vedno pa lastnik sistema (ameriška vlada) degradira natančnost z zamenjavo P in Y kode, do katere imajo dostop le pooblaščen (vojaški) uporabniki.

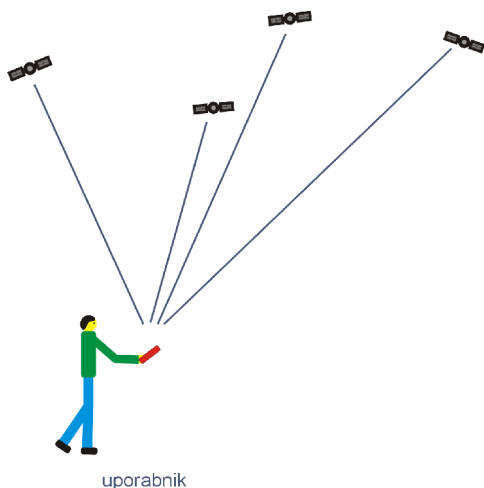
Sateliti GPS oddajajo signale na dveh frekvencah, L1 in L2. Cenejši sprejemniki GPS lahko sprejemajo in obdelujejo zgolj signale na L1 frekvenci, programska oprema v boljših in dražjih sprejemnikih pa omogoča obdelavo signalov na obeh frekvencah.

Sprejemnike za opazovanja GPS torej razlikujemo po načinu obdelave signalov (samo kodni ali kodni in fazni način), frekvenčnem razponu (samo L1 ali L1 in L2), poleg tega pa še po vsebnosti elektromagnetnega šuma, pomnilniških sposobnostih ter po obliki, velikosti in masi. Glede na našete dejavnike se določita namen in uporabnost posameznega instrumenta.

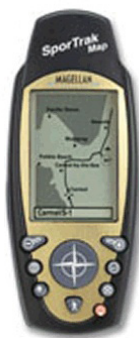
V nadaljevanju sledi pregled metod določanja položaja s satelitskimi tehnikami od najmanj do najbolj natančnih metod, ki se trenutno uporabljajo. Navedene metode in natančnosti se nanašajo na sistem NAVSTAR GPS.

## 2 ABSOLUTNA DOLOČITEV POLOŽAJA

Opazovanja izvajamo s samostojnim sprejemnikom. Določitev položaja poteka na podlagi psevdorazdalj (razdalje niso prave, ker so obremenjene z vplivi) od satelitov do sprejemnika, kot je prikazano na sliki 1. Možno je določiti položaj s faznimi opazovanji, vendar je zaradi velikega vpliva nemodeliranih pogreškov izboljšava v natančnosti določitve položaja relativno majhna.



Slika 1: Sprejemanje signalov z enim sprejemnikom.



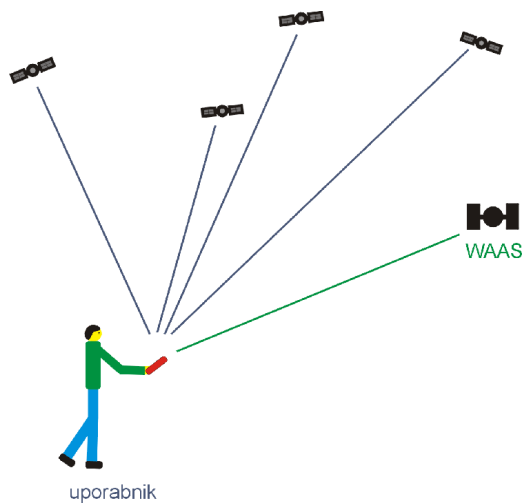
Slika 2: Ceneji sprejemnik GPS (vir: [www.magellangps.com](http://www.magellangps.com)).

S samostojnim GPS sprejemnikom po ukitvi mehanizma S/A dosežemo položajno natančnost okoli 10 metrov in približno dvakrat nižjo višinsko natančnost, kar zadostuje zgolj potrebam navigacije. Absolutna metoda torej lahko služi za navigacijo vozil, plovil, letal, popotnikov, padalcev, nadzor vozil ... Za geodetske potrebe je dosežena natančnost premajhna.

Uporabo metode omogočajo najcenejši instrumenti na trgu, s ceno od 50 tisoč SIT naprej. Ti obdelujejo signale na kodni način in so enofrekvenčni, saj je civilna koda C/A (angl. Coarse Acquisition), ki je dostopna vsem, modelirana zgolj na frekvenci L1. Primer tovrstnega instrumenta je na sliki 2. Najboljših sprejemnikov, ki so hkrati tudi najdražji, za tovrstna opazovanja ni smiselno uporabljati. Cena teh sprejemnikov je namreč lahko tudi stokrat višja od najcenejših, izboljšava natančnosti absolutnega položaja pa je minimalna. Uporabna je še vedno zgolj za navigacijo, instrumenti pa so praviloma precej bolj nerodni kot ceneni sprejemniki.

## 2.1 Izboljšanje absolutne določitve položaja s pomočjo WAAS

WAAS (angl. Wide Area Augmentation System) je novejša tehnologija, namenjena predvsem izboljšavi natančnosti absolutne metode določitve položaja. Za razliko od samega sistema GPS, ki je vojaškega izvora, je WAAS posledica civilne pobude. Koncept WAAS je razvila ameriška letalska zveza FAA (angl. Federal Aviation Administration) za izboljšanje natančnosti približevanja pristajalnim stezam civilnih letal. Sistem WAAS sestavljajo geostacionarni sateliti



Slika 3: Shema sledenja signalov z dodatkom WAAS.

Nadzorne postaje WAAS so ločene od kontrolnih postaj GPS, služijo pa za zbiranje podatkov opazovanj večjega števila sprejemnikov, na podlagi katerih izračunavajo popravke opazovanj, jih nato pošljejo satelitom WAAS, ki te popravke nato oddajajo uporabnikom. Nadzorne postaje WAAS se nahajajo le na ozemlju ZDA. Ker so signali WAAS drugačni od signalov GPS, jih ne prepoznajo vsi sprejemniki GPS, ampak samo novejši, ki imajo vgrajeno elektroniko tudi za sprejem signalov WAAS.

Izvedba metode je identična običajni absolutni, le sprejemnik mora dodatno podpirati sprejem WAAS signalov (slika 3). Tehnologijo WAAS podpira večina novejših, tudi cenениh, instrumentov. Cenovni razpon teh instrumentov je od 50 do 150 tisoč SIT.

Podobno vlogo, kot jo ima WAAS za Severno Ameriko, bo za Evropo v bližnji prihodnosti imel

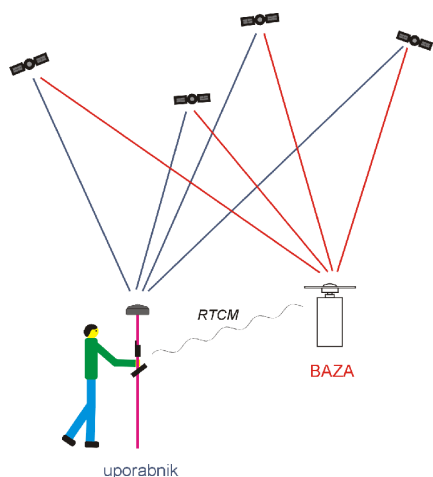
sistem EGNOS (angl. European Geostationary Navigation Overlay Service), ki naj bi prešel v polno uporabo leta 2004 in zagotavljal natančnost, boljšo od petih metrov (ESA, 2003).

Snovalci tehnologije WAAS obljublajo natančnost do treh metrov v 95 % primerov na območju Severne Amerike, za katero se računajo popravki. Drugje naj bi bila pričakovana natančnost okoli sedem metrov (Magellan SporTrak User Manual, 2002). Ta natančnost je še vedno preslaba za geodetske potrebe. V povezavi z geodezijo so tovrstni instrumenti primerni za iskanje obstoječih geodetskih točk – na podlagi trenutnega in iskanega položaja lahko sprejemnik preko prikazov na ekranu operaterja pripelje v bližino točke.

### 3 DIFERENCIALNI GPS

Višjo natančnost določitve položaja, kot jo zagotavlja samostojen sprejemnik, lahko dosežemo zgolj z istočasnimi opazovanji z več sprejemniki. Sprejemniki, ki so med seboj oddaljeni tudi več 10 km, so glede na oddaljenost satelitov (okoli 20 000 km) relativno blizu skupaj, torej so vplivi pri potovanju signala skozi atmosfero zelo podobni. To dejstvo se izkorišča za doseg precej višje natančnosti določitve položaja točk.

Diferencialna opazovanja (krajše DGPS) običajno izvajamo tako, da je en sprejemnik postavljen na baznem stojišču, točki z znanim položajem, drugi sprejemnik pa uporabimo za določanje položaja novih točk. Bazni in premični sprejemnik istočasno sprejemata signale z istih satelitov, njuna medsebojna oddaljenost pa ne sme biti prevelika – do 100 km. Bazni sprejemnik na osnovi prejetih signalov s satelitov določa trenutni lastni položaj, ki zaradi vplivov in pogreškov ne sovпада z danim položajem. Na podlagi odstopanj v položaju se določijo popravki psevdorazdalj med referenčnim sprejemnikom in sateliti. Zaradi podobnih vplivov na opazovanja obeh sprejemnikov se popravki psevdorazdalj, ki so izračunani na baznem stojišču, upoštevajo kot popravki merjenih psevdorazdalj na premičnem sprejemniku. Shema delovanja DGPS je na sliki 4.



Slika 4: Shema DGPS.



Slika 5: Hibridni napravi GPS (vira: [www.trimble.com](http://www.trimble.com), [www.navman-mobile.com](http://www.navman-mobile.com)).

Kodne popravke se računa in upošteva z naknadno obdelavo opazovanj para ali več sprejemnikov ali pa se jih računa sproti in se jih preko internega formata ali standarda RTCM (angl. Radio Technical Commission For Maritime Services) oddaja in sprejema v realnem času. Popravke RTCM lahko sprejemamo z referenčnega sprejemnika ali bližnje permanentne postaje GPS. Za sprejem diferencialnih popravkov potrebujemo dodatno opremo za sprejem signala RTCM, hkrati pa mora sprejemnik omogočati diferencialno popravljanje položaja.

Z uporabo DGPS-a dosežemo natančnost nekaj metrov, z boljšimi sprejemniki GPS celo pod enim metrom. Višinska komponenta je približno dvakrat slabše določena kot horizontalni položaj. Natančnost določitve položaja se slabša z večanjem oddaljenosti med sprejemnikoma. Dosežena natančnost običajno zadošča zahtevam kartografske in GIS-izmere, strogim geodetskimi zahtevam pa še vedno ne ustreza.

Ker določitev položaja temelji na psevdorazdaljah in popravkih teh razdalj, za ta opazovanja uporabimo kodne enofrekvenčne instrumente. Kadar želimo podatek o položaju pridobiti takoj, morajo instrumenti omogočati sprejem sporočil RTCM in sproti izračunavati popravljene položaje. Večina instrumentov (tudi cenejših) ima vgrajen protokol RTCM. Za izvedbo metode sta potrebna vsaj dva instrumenta ter radio-modemi ali aparati GSM za oddajo in sprejem sporočil RTCM.

Za GIS in kartografske naloge v zadnjem času uporabljamo hibridne naprave, ki so hkrati sprejemnik GPS z vgrajeno anteno in programsko orodje GIS. Te naprave so nekaj večje od osnovnih modelov GPS, ker imajo večji ekran, ki je običajno barvni, in več funkcijskih tipk. Lahko so predelani dlančniki, na katerih se lahko uporablja komercialna oprema GIS, napravo pa se upravlja z aktivnim pisalom (primer na sliki 5, levo). Obstajajo tudi rešitve v obliki t. i. srajčk za dlančnike (primer na sliki 5, desno). Uporabnik uporablja klasični dlančni računalnik na platformah Pocket PC ali Palm, po potrebi pa na dlančnik natakne »srajčko« s sprejemnikom GPS. Cene hibridnih naprav se gibljejo od 500.000,00 do milijona SIT ali več, običajno brez programske opreme.

#### 4 FAZNA RELATIVNA DOLOČITEV POLOŽAJA

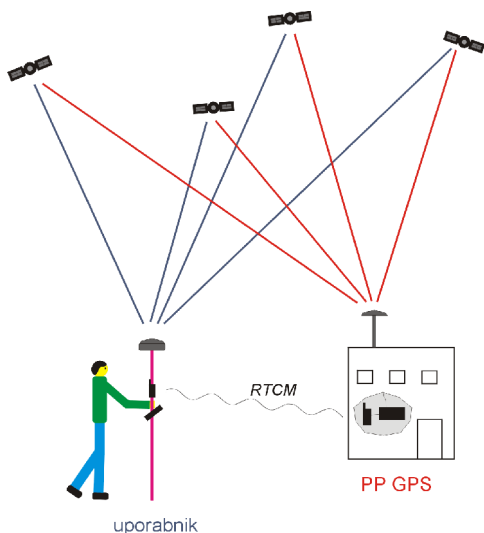
Relativna določitev položaja na osnovi faznih opazovanj je edina prava geodetska metoda. Določitev položaja temelji na tvorjenju faznih razlik, kjer se izločijo pogreški satelitovih (enojne fazne razlike) in sprejemnikovih ur (dvojne fazne razlike), kombinaciji opazovanj na frekvencah L1 in L2 za odstranitev vpliva ionosfere ter možnosti uporabe najbolj točnih podatkov o tirnicah satelitov (King et al., 2002). Ključnega pomena za kvaliteto določitve položaja je določitev neznank celih začetnih valov. Rešitev neznank je prava – celoštevilčna ali nepopolna – realna vrednost. V geodetskih nalogah je sprejemljiva le določitev neznank začetnih valov v območju celih števil.

Klasična izvedba relativne izmere za namen določitve položaja ene ali več točk se imenuje statična metoda. Večje število sprejemnikov (vsaj dva) istočasno na izbranih točkah izvaja opazovanja. Čas opazovanj na isti točki je odvisen od zahtevane natančnosti, geometrične

razporeditve satelitov in trenutnih merskih pogojev. Najbolj natančne izmere se opravljajo 48 ur ali tudi več, obenem pa se izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov: temperature, relativne vlage in zračnega tlaka. Praviloma se opazovanja izvajajo v več serijah, ob tem morajo biti postavitve instrumentov v vsaki seriji neodvisne. Meritve v serijah omogočajo izboljšanje natančnosti določitve položaja. Opazovanja vseh serij in vseh sprejemnikov se po opravljenem terenskem delu prenesejo v računalnik, kjer se jih v ustreznem programskem okolju obdelava. Po določitvi neznank celih začetnih valov se določi bazne vektorje, ki se jih povezuje v mrežo. Opazovanja in neznanke v mreži se nato izravna po načelih izravnave opazovanj v geodeziji. Rezultat obdelave so koordinate novih točk, pridobljene v izravnavi po metodi najmanjših kvadratov. Naknadna obdelava nudi tudi možnost vključevanja bolj natančnih podatkov o tirnicah satelitov, ki so na razpolago že pred samo izmero, t. i. najhitrejše (angl. UltraRapid) efemeride, ali z nekajdnevnim zamikom, t. i. hitre (angl. Rapid) ali končne (angl. Final) efemeride (IGS, 2003).

Položaj nove točke z relativno metodo je možno določiti tudi v kinematičnem načinu. Načelo kinematične določitve položaja je podobno kot pri DGPS, le da se tu ne računa popravkov psevdorazdalj, ampak izračun relativnega položaja temelji na določitvi baznega vektorja med referenčnim in premičnim sprejemnikom. Komponente baznega vektorja se izračuna s skupno obdelavo faznih in kodnih opazovanj obeh sprejemnikov. Zelo pomembna je določitev števila celih začetnih valov, ki se izvede v postopku inicializacije na začetku izmere. Kvaliteta določitve položaja novih točk je odvisna ravno od kvalitete izvedene inicializacije.

Podobno kot pri DGPS lahko rezultate izmere pridobimo v realnem času, če je med sprejemnikoma vzpostavljena stalna podatkovna povezava. Referenčni sprejemnik je lahko lastni ali pa se uporabi podatke stalne referenčne postaje. Razdalja med baznim in referenčnim



Slika 6: Relativna določitev položaja v omrežju PP.



Slika 7: Geodetski sprejemnik GPS (vir: [www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)).

sprejemnikom naj ne bi bila večja od 10 km, saj se natančnost določitve položaja z oddaljenostjo slabša. Novejši instrumenti dovoljujejo nekaj daljše razdalje, a še vedno manj kot 20 km. Shema relativne določitve položaja je prikazana na sliki 6, primer geodetskega sprejemnika pa je na sliki 7.

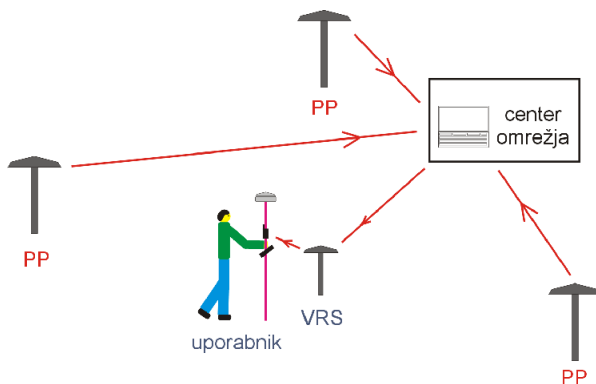
Z uporabo relativne metode ob uporabi primerne instrumentarije in algoritmov obdelave opazovanj lahko dosežemo tudi milimetrsko natančnost. Takšna natančnost je primerna za večino geodetskih nalog: vzpostavitev in zgoščevanje geodetskih mrež, detajlno izmero, izmero dolžinskih objektov, snemanje oslonilnih točk za potrebe aerosnemanja in beleženje položaja aerokamere v trenutku ekspozicije, zakoličbo točk, linij in krožnih lokov, spremljanje deformacij in premikov (Kozmus, 2002). Možnosti uporabe so neomejene, praktična omejitev je edino ta, da je potrebna zadostna odprtost nad horizontom vseh sprejemnikov v izmeri, kar zagotavlja sprejem zadostnega števila signalov s satelitov.

Relativna opazovanja lahko izvajamo z geodetskimi sprejemniki, ki obdelujejo signale na kodni in fazni način. Uporabljamo lahko enofrekvenčne sprejemnike, ki pa nezadostno modelirajo atmosferske vplive, zato strokovnjaki priporočajo uporabo dvofrekvenčnih sprejemnikov, saj se lahko moteči vpliv ionosfere s kombinacijo opazovanj L1 in L2 v veliki meri odpravi. Sprejemniki imajo lahko ločeno anteno, kar je boljše z vidika elektromagnetnih motenj, ali vgrajeno, kar je boljše z vidika mobilnosti in enostavnosti uporabe. Najbolj natančni geodetski sprejemniki dosegajo vrednost čez 5 milijonov SIT. Običajno potrebujemo vsaj dva takšna instrumenta, razen v primeru, ko uporabljamo podatke stalne referenčne postaje. Tudi obdelava teh opazovanj je precej bolj zahtevna kot pri metodi DGPS.

#### 4.1 Koncept omrežja referenčnih postaj

Izmero lahko izvajamo tudi z večjim številom baznih sprejemnikov, ki so stalno postavljeni in sprejemajo signale na izbranih lokacijah. Take sprejemnike imenujemo permanentne postaje. Ker je taka rešitev za posameznega uporabnika ekonomsko nesmiselna, se omrežje permanentnih postaj vzpostavlja v primeru, ko takšno omrežje uporablja večje število uporabnikov. Tovrstna omrežja se običajno vzpostavljajo na regionalni ravni v primeru večjih držav ali na državni ravni v primeru manjših držav, kamor spada tudi Slovenija. Praviloma je upravljanje omrežja permanentnih postaj v rokah matične geodetske organizacije v okviru pristojnega ministrstva. S stališča uporabnika je pomen takšnega omrežja, da lahko opravlja izmero (tudi relativno) z enim samim sprejemnikom.

Uporabnik se lahko s svojim sprejemnikom poveže na najbližjo permanentno postajo, kar pa zna biti problematično, kadar je uporabnik od najbližje postaje oddaljen več kot 20 km. Omrežje permanentnih postaj je v zelo redkih primerih tako gosto, da na celotnem območju zagotavlja oddaljenost manj kot 20 km. Naloga mrežnih konceptov je zmanjšati gostoto permanentnih postaj v omrežju, kar je doseženo s skupno obravnavo podatkov opazovanj vseh postaj v omrežju. Trenutno sta v uporabi predvsem dva koncepta: ploskovni korekcijski parametri (nem. FKP – Flächenkorrekturparameter) in navidezne referenčne postaje (angl. VRS – Virtual Reference Stations). Princip delovanja obeh konceptov (povzeto po Seeber, 2000) je primerjava znanih



Slika 8: Shema VRS.

koordinat referenčnih točk z rezultati opazovanj, vključno z določitvijo neznank celih začetnih valov, za vsak trenutek opazovanj. Izračunana odstopanja na posameznih postajah definirajo ploskev na obravnavanem območju. Popravke za izbrani položaj uporabnikovega sprejemnika ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) se določi z enostavno interpolacijo. S pomočjo linearnih kombinacij različnih frekvenc je možno vplive v geometričnem modelu razstaviti na troposferske, orbitalne in ionosferske. Razlika med FKP in VRS je v obliki pošiljanja podatkov mrežne obdelave. Podatki FKP so enotni za celotno omrežje, interpolacija se izvaja na strani uporabnika, medtem ko gre pri VRS za t. i. računsko vzpostavitev navideznega položaja v bližini uporabnika in izračuna popravkov za ta položaj z interpolacijo na računski ploskvi. Omenjeni postopki še niso popolnoma preizkušeni, avtorji koncepta navideznih postaj pa obljublajo centimetrsko natančnost (Wanninger, 2002).

## 5 PRECIZNO DOLOČANJE POLOŽAJA

Velika večina razpoložljivih programskih paketov za obdelavo opazovanj temelji na principu relativne določitve položaja. Konec 90-ih let so izpeljali idejo, kako se izogniti potrebi po tvorjenju faznih razlik, vseeno pa zagotoviti točno določitev položaja. Metodo so poimenovali PPP (angl. Precise Point Positioning). Bistvo metode je, da za razliko od relativnih metod ni potrebnih več sprejemnikov, ampak so zadostna opazovanja enega sprejemnika. Glavna razlika je v obravnavi pogreškov sprejemnikovih in satelitovih ur. PPP uporablja zelo točne ocene stanja satelitovih ur, ki so pridobljene na osnovi podatkov globalne mreže postaj GPS. Pogreške sprejemnikovih ur se v PPP vključi kot neznanke v model izravnave. S 24-urnimi opazovanji lahko s PPP dosežemo natančnost centimetrskega razreda. Glavna pomanjkljivost metode PPP je odložena obdelava, saj je treba na precizne podatke o satelitovih položajih in urah čakati okoli dva tedna (King et al., 2002).

V primerjavi z relativnimi metodami se prednosti PPP kažejo tam, kjer relativne metode kažejo slabosti, in obratno. Zato se odlično dopolnjujejo. Metode PPP so zelo primerne za npr. sledenje gibanja platform oljnih vrtin na odprtih morjih, ker ne potrebujejo bazne postaje na dani točki. Spremljanje gibanja platforme temelji na časovnih serijah položajev, določenih s PPP. Uporaba PPP pa ni primerna za določanje koordinat točk v mreži, saj je vsaka točka določena neodvisno od ostalih. Poleg tega je tudi določitev neznank celih valov lažja v primeru relativnih metod določitve položaja (King et al., 2002).



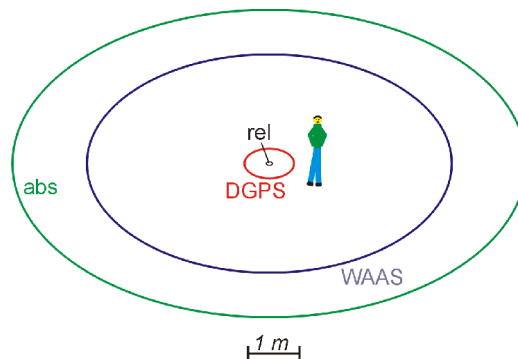
## 6 ZAKLJUČEK

Od časov, ko se je izvajala le statična izmera GPS, so se razvile številne metode, ki omogočajo določitev položaja tudi v realnem času. Iz spodnje preglednice je razvidno, da je možno vse metode, razen PPP, izpeljati tako, da pridobimo podatke o položaju in kvaliteti opazovanj takoj na terenu. Seveda to podraži izmero, saj uporabnik potrebuje dodatno opremo za prenos podatkov, praviloma pa mora plačati tudi sam prenos podatkov, npr. preko omrežja GSM. V preglednici je opisana tudi težavnost obdelave posamične vrste opazovanj in možnost vpliva uporabnika na obdelavo.

Metoda	Natančnost	Instrument	Število instrum.	Obdelava	
				V realnem času	Naknadna
absolutna	10 m H, 20 m V	kodni, 1-frekv.	1	enostavna, brez upor. vpliva	ni
WAAS	7 m	kodni, 1-frekv. + WAAS	1	enostavna, brez upor. vpliva	ni
DGPS	1 m	kodni, 1-frekv. hibridni GPS/GIS	2 ali 1 + perm. post.	lahka, v primeru komb. GPS/GIS nekaj težja, malo upor. vpliva	enostavna, malo vpliva
relativna	nekaj mm	fazni + kodni, 2-frekvenčni	2 ali 1 + perm. post.	delno zahtevna, malo upor. vpliva	zahtevna, veliko vpliva
VRS, FKP	nekaj cm	fazni + kodni, 2-frekvenčni	1	delno zahtevna, na strani uporabnika malo vpliva, glavni del se opravi v centru	ni
PPP	nekaj cm	fazni + kodni, 2-frekvenčni	1	ni možna	da, z zamikom do 14 dni

Preglednica 1: Pregled aktualnih metod določitve položaja z GPS.

Iz preglednice 1 je razvidno, da je razpon dosežene natančnosti z opazovanji GPS zelo širok, od nekaj milimetrov do nekaj 10 metrov. Podobno razmerje je tudi pri cenah instrumentov, ki se začnejo pri 50 tisoč SIT in dosežejo več milijonov SIT. Natančnost in cena instrumentov sta razumljivo strogo povezani. Navigacijski instrument si lahko privoščijo kdorkoli, vendar bo ta



Slika 9: Grafična primerjava natančnosti metod.

omejen na dosegljivo natančnost položaja nekaj metrov. Kdor pa želi določiti položaj točke s centimetrsko natančnostjo, lahko izbira zgolj med različnimi proizvajalci najbolj natančnih instrumentov, pripraviti pa bo moral zajeten kup tolarjev.

Na sliki 9 so natančnosti metod GPS prikazane z grafično primerjavo glede na velikost človeka. Zaradi perspektivnega pogleda so na sliki elipse namesto koncentričnih krožnic. S samostojnim sprejemnikom se lahko položaj določi zgolj približno, zato je uporaba zelo omejena. Ob uporabi dveh sprejemnikov ali podatkov omrežja permanentnih postaj se lahko doseže visoka natančnost, ki je primerna za vsakdanje, pa tudi za najbolj natančne geodetske naloge.

## LITERATURA IN VIRI:

ESA (2003). *ESA – Satellite Applications – Navigation*. Spletna stran: [www.esa.int/export/esaSA/navigation.html](http://www.esa.int/export/esaSA/navigation.html). Pridobljeno 04. 11. 2003.

IGS (2003). *IGS Product Availability*. Spletna stran: [http://igsceb.jpl.nasa.gov/components/prods\\_cb.html](http://igsceb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html). Pridobljeno 21. 11. 2003.

King, M., Edwards, S. in Clarke, P. (2002). *Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing*. Spletna stran: [www.staff.ncl.ac.uk/peter.clarke/offprints/king\\_etal2002.pdf](http://www.staff.ncl.ac.uk/peter.clarke/offprints/king_etal2002.pdf). Pridobljeno 06. 11. 2003.

Kozmus, K. (2002). *Analiza in obdelava kinematičnih GPS opazovanj*. Magistrska naloga. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.

*Magellan SporTrak User Manual (2002)*.

Seeber, G. (2000). *Real-Time Satellite Positioning on the Centimeter Level in the 21st Century using Permanent Reference Stations*. Institut für Erdmessung, University Hannover.

Wanninger, L. (2002). *Virtual Reference Stations for Centimeter-Level Kinematic Positioning*. Predstavljeno na ION GPS 2002. Spletna stran: <http://www.wasoft.de/lit/ion02f36.pdf>. Pridobljeno 04. 11. 2003.

[www.navman-mobile.com](http://www.navman-mobile.com)

[www.magellangps.com](http://www.magellangps.com)

[www.garmin.com](http://www.garmin.com)

[www.trimble.com](http://www.trimble.com)

[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

**asist. mag. Klemen Kozmus, univ. dipl. inž. geod.**

FGG – Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana  
e-pošta: [kkozmus@fgg.uni-lj.si](mailto:kkozmus@fgg.uni-lj.si)

**izr. prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.**

FGG – Oddelek za geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana  
e-pošta: [bstopar@fgg.uni-lj.si](mailto:bstopar@fgg.uni-lj.si)

**Prispelo v objavo: 7. november 2003**