

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Išić, F., 2016. Navigacija GNSS v kopenskem prometu. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Stopar, B.): 75 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5875/>

Datum arhiviranja: 17-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Išić, F., 2016. Navigacija GNSS v kopenskem prometu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Stopar, B.): 75 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5875/>

Archiving Date: 17-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*

Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GEODEZIJA  
SMER GEODEZIJA V  
INŽENIRSTVU**

Kandidatka:

**FANI IŠIĆ**

## **NAVIGACIJA GNSS V KOPENSKEM PROMETU**

Diplomska naloga št.: 448/GI

## **GNSS NAVIGATION IN LAND TRANSPORT**

Graduation thesis No.: 448/GI

**Mentor:**

prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 19. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE »ERRATA«**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka FANI IŠIČ, vpisna številka 26207209, avtor/-ica  
pisnega zaključnega dela študija z naslovom: NAVIGACIJA GNSS V KOPENSKEM PROMETU

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: LjUBJANI

Datum: 11.07.2016

Podpis študenta/-ke:

fani isic

---

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK**

<b>UDK:</b>	528.2:656.05(043.2)
<b>Avtor:</b>	Fani Išić
<b>Mentor:</b>	prof.dr. Bojan Stopar
<b>Naslov:</b>	Navigacija GNSS v kopenskem prometu
<b>Tip dokumenta:</b>	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
<b>Obseg in oprema:</b>	75 str., 35 sl., 1 tab.
<b>Ključne besede:</b>	GNSS-sistemi, delovanje GNSS-sistemov, uporaba GNSS –sistemov, GNSS-navigacija v kopenskem prometu, aplikacije GNSS v cestnem prometu, aplikacije GNSS v železniškem prometu

### **Povzetek**

V diplomski nalogi smo predstavili globalne navigacijske satelitske sisteme in podporne sisteme oziroma sisteme za izboljšanje natančnosti določitve položaja. Opisali smo osnovne principe delovanja, vplive na določanje položaja in omenili področja uporabe GNSS-sistemov.

V drugem delu diplomske naloge so predstavljeni principi GNSS-navigacije na kopnem oziroma v cestnem in železniškem prometu. Predstavljenih je nekaj novejših GNSS-aplikacij za uporabo v prometu na kopnem. V cestnem prometu so to satelitska navigacija vozil, upravljanje z voznim parkom, satelitsko cestninjenje in eCall, pri železnicah je to lociranje in sledenje vlakovnih kompozicij. Narejen je tudi pregled stanja na področju GNSS-aplikacij v kopenskem prometu v svetu.

## **BIBLIOGRAPHIC AND DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	528.2:656.05(043.2)
<b>Author:</b>	Fani Išić
<b>Supervisor:</b>	prof.dr. Bojan Stopar
<b>Title:</b>	GNSS navigation in land transport
<b>Document type:</b>	Graduation Thesis – Higher professional studies
<b>Notes:</b>	75 p., 35 fig., 1 tab.
<b>Key words:</b>	GNSS-systems, principles of GNSS-systems, use of GNSS-systems, GNSS-navigation in land transport, GNSS-applications in road traffic, GNSS-applications in rail transport

### **Abstract**

In this thesis we present a global navigation satellite systems and their supporting systems which improve the accuracy of positioning. We describe the principles of operation, the error sources on position determination and use of the GNSS-systems.

In the second part of the thesis we present the principles of GNSS-navigation on the land transportation, what include road and railway transport. We describe some of the newest GNSS-applications for transport on the land. In the road transport, there is satellite navigation in vehicles, fleet management, satellite tooling, eCall in the rail transport, there is locating and tracking the trains. We have also listed the current review of the situation on the field of GNSS-land transport applications on a global scale.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof.dr. Bojanu Stoparju za podporo, strokovno pomoč in vodenje pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala gre moji družini, katera mi je omogočila študij. Zahvaljujem se tudi svojemu partnerju na potrpežljivosti in spodbudi.

Hvala vsem!

## KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE »ERRATA« .....	I
IZJAVE .....	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK .....	III
BIBLIOGRAPHIC AND DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE .....	VI
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PREGLEDNIC.....	X
KAZALO OKRAJŠAV .....	XI
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 GNSS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Pojem in zgodovina satelitske navigacije in GNSS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Princip delovanja in sestava GNSS.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Vplivi na opazovanja GNSS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Metode določitve položaja z GNSS .....</b>	<b>9</b>
2.4.1 Določitev absolutnega položaja.....	9
2.4.2 Določitev relativnega položaja.....	10
<b>3 SISTEMI GNSS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Navstar GPS .....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Razvoj sistema GPS .....	11
3.1.2 Segmenti sistema GPS.....	11
3.1.3 Izboljšanje točnosti sistema GPS.....	13
<b>3.2 Evropski GNSS-program .....</b>	<b>15</b>
3.2.1 EGNOS .....	15
3.2.2 GALILEO .....	17
3.2.2.2 Segmenti sistema Galileo .....	18
3.2.2.3 Storitve sistema Galileo .....	20



---

<b>3.3</b>	<b>GLONASS</b> .....	<b>22</b>
3.3.1	Razvoj sistema GLONASS.....	22
3.3.2	Segmenti sistema GLONASS .....	23
<b>3.4</b>	<b>Ostali regionalni navigacijski satelitski sistemi</b> .....	<b>26</b>
3.4.1	BEIDOU .....	26
3.4.2	IRNSS.....	27
3.4.3	QZSS .....	28
<b>4</b>	<b>UPORABA GNSS</b> .....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>NAVIGACIJA GNSS V CESTNEM PROMETU</b> .....	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Satelitska navigacija v cestnem prometu</b> .....	<b>32</b>
<b>5.2</b>	<b>Navigacijske naprave v cestnem prometu</b> .....	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Prometne informacije</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4</b>	<b>Prednosti uporabe GNSS v cestnem prometu</b> .....	<b>35</b>
<b>5.5</b>	<b>Aplikacije GNSS v cestnem prometu</b> .....	<b>37</b>
5.5.1	Navigacija na cesti.....	38
5.5.2	Upravljanje s cestnim prometom.....	39
5.5.3	Upravljanje in sledenje voznega parka .....	41
5.5.4	Satelitsko cestninjenje .....	44
5.5.5	Telematika avtomobilskega zavarovanja.....	46
5.5.6	Inteligentni sistemi v vozilih.....	47
5.5.6.1	Napredni sistemi za pomoč vozniku ADAS.....	47
5.5.7	Storitve nujne pomoči.....	48
5.5.7.1	eCall.....	50
<b>5.6</b>	<b>Trg aplikacij GNSS v cestnem sektorju</b> .....	<b>51</b>

---

<b>6</b>	<b>NAVIGACIJA GNSS V ŽELEZNIŠKEM PROMETU .....</b>	<b>54</b>
<b>6.1</b>	<b>GNSS v železniškem prometu .....</b>	<b>54</b>
6.1.1	Lociranje vlakov s pomočjo satelitov .....	56
6.1.2	Avtomatsko sledenje in upravljanje z tovornimi vagoni .....	57
<b>6.2</b>	<b>Sistem ERTMS .....</b>	<b>58</b>
<b>6.3</b>	<b>Prednosti GNSS pred ERTMS v železniškem prometu.....</b>	<b>59</b>
<b>6.4</b>	<b>Aplikacije GNSS v železniškem prometu .....</b>	<b>60</b>
<b>6.5</b>	<b>Trg GNSS-aplikacij v železniškem prometu.....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI .....</b>	<b>65</b>
<b>7.1</b>	<b>Inteligentni transportni sistemi za cestni promet.....</b>	<b>66</b>
<b>7.2</b>	<b>Inteligentni transportni sistemi za železniški promet .....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>GNSS IN INS.....</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>GNSS IN GIS.....</b>	<b>71</b>
<b>9.1</b>	<b>GIS v cestnem prometu.....</b>	<b>72</b>
<b>9.2</b>	<b>GIS v železniškem prometu.....</b>	<b>75</b>
<b>10</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>76</b>
<b>VIRI.....</b>		<b>77</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Navigacijski satelitski sistemi SBAS .....	4
Slika 2: Trilateracija.....	5
Slika 3: Določitev 3D položaja sprejemnika na osnovi presečišča sfer štirih satelitov .....	6
Slika 4: Primera dobre in slabe geometrijske postavitve satelitov.....	8
Slika 5: Situacija ob prekenitvi sprejema signala .....	8
Slika 6: Konstelacija GPS satelitov .....	12
Slika 7: Princip diferencialnega GPS.....	14
Slika 8: Pokritost sistema EGNOS .....	15
Slika 9: Konstelacija sistema Galileo.....	18
Slika 10: Arhitektura sistema Galileo .....	21
Slika 11: Razvoj GLONASS-satelitov.....	22
Slika 12: Konstelacija sistema GLONASS .....	23
Slika 13: Arhitektura sistema GLONASS.....	24
Slika 14: Pokritost sistema Beidou .....	26
Slika 15: Konstelacija sistema IRNSS .....	27
Slika 16: QZSS-sateliti v orbitalni ravnini .....	28
Slika 17: Osebna navigacijska naprava PND .....	33
Slika 18: Head-up zaslon.....	34
Slika 19: Center za nadzor prometa.....	40
Slika 20: Upravljanje voznega parka .....	42
Slika 21: Prikaz satelitskega cestninjenja.....	45
Slika 22: Prikaz reševanja pri prometni nesreči.....	49
Slika 23: eCall .....	50
Slika 25: Aplikacije GNSS v cestnem prometu na GNSS-napravah .....	52
Slika 26: Prihodki od prodaje in storitev aplikacij GNSS.....	52
Slika 27: Prodaja GNSS-sprejemnikov po regijah.....	53
Slika 28: Konstelacije satelitov sistemov GNSS podprte v GNSS-sprejemnikih.....	53
Slika 29: Uporaba GNSS v železniškem prometu .....	55
Slika 30: Omejevalna dejavnika GNSS sistema .....	56
Slika 31: Pozitivni nadzor vlakov .....	62

Slika 32: Uporaba naprav GNSS v železnicah po regijah.....	63
Slika 33: Aplikacije GNSS v napravah GNSS v železniškem prometu.....	64
Slika 34: Inteligentni transportni sistemi .....	65
Slika 35: GIS podatkovne plasti .....	73

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Tabela 1: Napake GNSS .....	9
-----------------------------	---

## KAZALO OKRAJŠAV

<b>Kratika</b>	<b>Pomen kratice</b>
ADAS	Advanced Driver Assistance systems
AGNSS	Assisted GNSS
DGPS	Differential GNSS
EDAS	The EGNOS Data Access Service
EETS	The European Electronic Toll Service
EGNOS	The European Geostationary Navigation Overlay Service
EOC	Early Operational Capability
ERTMS	The European Railway Traffic Management System
ESA	The European Space Agency
ETCS	The European Train Control System
ETML	The European Traffic Management Layer
FOC	Full Operational Capability
GAGAN	The GPS Aided GEO Augmented Navigation
GIOVE	Galileo In-Orbit Validation Element
GIS	Geographic Information System
GLONASS	rus. Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communication
GSS	Galileo Sensor Stations
HUD	Head-up display

<b>Kratika</b>	<b>Pomen kratice</b>
INS	Inertial Navigation System
IOC	Initial Operational Capability
IRNSS	Indian Regional navigation satellite system
ITS	Intelligent transport system
LBS	Location Based Service
NLES	Navigation Land Earth Station
OBU	On-Board Unit
PND	Personal Navigation Device
PPP	Precise Point Positioning
PTC	Positive Train Control
QZSS	Quazi Zenith satellite system
SAR	Search and Resque
SARSAT	Search and Resque Aided Tracking
SBAS	A Satellite based augmentation system
SDMC	The System for Differential Corrections and Monitoring
TMC	Traffic Message Channel
TT&C	Telemetry, tracking and command
WAAS	Wide Area Augmentation System

**PRAZNA STRAN**

## 1 UVOD

V diplomski nalogi predstavljamo uporabo satelitskih navigacijskih sistemov za potrebe navigacije v kopenskem prometu.

Diplomska naloga je sestavljena iz dveh delov, v katerih sem poskušala predstaviti bistvene podatke o eni od najbolj obetavnih tehnologij današnjega časa, globalnih navigacijskih satelitskih sistemih (GNSS).

V prvem delu so opisani nekateri globalni navigacijski satelitski sistemi in njihova zgodovina, zgradba in delovanje. Pojasnjeni so tudi vplivi na opazovanja GNSS.

V kratkem je predstavljena splošna uporaba sistemov GNSS in nekatere storitve v različnih panogah.

V drugem delu diplomske naloge se nanaša na principe navigacije GNSS v kopenskem prometu, natančneje v cestnem in železniškem prometu.

Predstavljene so nekatere obstoječe in nove aplikacije za množično uporabo naprav GNSS. Nekatere aplikacije so namenjene nezahtevenemu uporabniku, katerega cilj je lažja in bolj sproščena vožnja, druge pa so zasnovane kot del inteligentnih transportnih sistemov.

V vseh primerih pa uporaba sistemov GNSS v prometnem sektorju zlahko prispeva svoj delež k izboljšanju prometne varnosti.



## 2 GNSS

### 2.1 Pojem in zgodovina satelitske navigacije in GNSS

Satelitska navigacija je najbolj razširjena oblika elektronske navigacije. Temelji na globalni infrastrukturi, ki omogoča sledenje in vodenje premičnega objekta po najlažji, najbolj ekonomični in varni poti. Prav tako pa omogoča določitev položaja nepremičnega objekta. Globalni navigacijski satelitski sistemi omogočajo da elektronski sprejemniki, s pomočjo signalov satelitov, določijo natančen položaj in čas v vsaki točki na Zemlji, v zraku ali prostoru okoli nje, ki se nahajajo v srednji Zemeljski orbiti. (Satellite Navigation, 2016)

Satelitska navigacija je naslednica t.i. hiperboličnih radionavigacijskih sistemov, ki so se začeli uporabljati med drugo svetovno vojno za letalsko in pomorsko navigacijo. Primeri takih hiperboličnih navigacijskih sistemov so DECCA, LORAN in Omega sistemi, ki so delovali na podlagi dveh ali več fiksnih oddajnikov in sprejemnika, ki je določal svoj položaj z merjenjem oddaljenosti od oddajnikov. (Omega, 2016)

Položaj je lahko ugotovil s pomočjo časovne razlike prihoda signalov, ki jih pošiljata dva radijska oddajnika. To časovno razliko lahko prikažemo z hiperbolo pozicije – uporabnik se nahaja na hiperboli točno tam kjer je razlika med časom prihodov signalov konstantna. Radionavigacija se je uporabljala vse do prihoda satelitskih navigacijskih sistemov. (LORAN, 2008)

Z razvojem vesoljske tehnologije, oziroma z izstrelitvijo ruskega satelita Sputnik 1 se je začela razvijati tudi satelitska navigacija, oziroma satelitski navigacijski sistemi.

Globalni navigacijski satelitski sistemi GNSS je skupen izraz za vse satelitske navigacijske sisteme, ki določajo položaj na podlagi sprejema radijskih valov s satelitov, ki krožijo okoli Zemlje. (Nassif, 2013)

Namen sodobnih GNSS je zagotavljanje tridimenzijskega položaja kjerkoli na površini Zemlje.

ZDA so leta 1960 izstrelile prvi satelit prvega delujočega satelitskega navigacijskega sistema TRANSIT, ki je bil sestavljen iz petih satelitov, postavljenih na le 1100 km višine, in nekaj nadzornih postaj na Zemlji, ki so skrbele za pravilno usmerjenost satelitov. (Transit satellite, 2016)

Podoben satelitski sistem, sistem Tsikada, so vzpostavili tudi bivši Sovjetni zvezi.

Delovanje sistema TRANSIT je temeljilo na Dopplerjevem efektu. Satelit je oddajal signal na dveh frekvencah. Sprejemnik je sprejel signal z enega satelita in je z opazovanjem signala na dveh frekvencah odpravil ionosfersko refrakcijo. (Radiokomunikacije, 2016)

Radionavigacija je bila mogoča le z enim satelitom, kar je pomenilo, da je bilo potrebno za določitev položaja izvajati opazovanja dalj časa, običano čakati do okrog trideset minut. (aerospace.org, 2010)

Da bi izboljšali satelitsko navigacijo za vojaške potrebe, so ZDA v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja združili raziskovanja različnih satelitskih navigacijskih konceptov in predstavili novi satelitski navigacijski sistem NAVSTAR GPS. Podoben satelitski navigacijski sistem GLONASS so razvili tudi bivši Sovjetni zvezi. Oba omenjena satelitska navigacijska sistema sta se uporabljala izključno v vojaške namene.

GPS se je osemdesetih letih prejšnjega stoletja začel uporabljati v civilne namene, vendar so vojaške oblasti z uporabo sistema omejene dostopnosti (ang. Selective Availability S/A) omejile njegovo natančnost na okrog 100 metrov. Leta 2000 je bila ta omejitev odpravljena, tako da se sedaj sistem uporablja z natančnostjo, ki omogoča široko civilno in komercialno uporabo. (Error analysis for GPS, 2016)

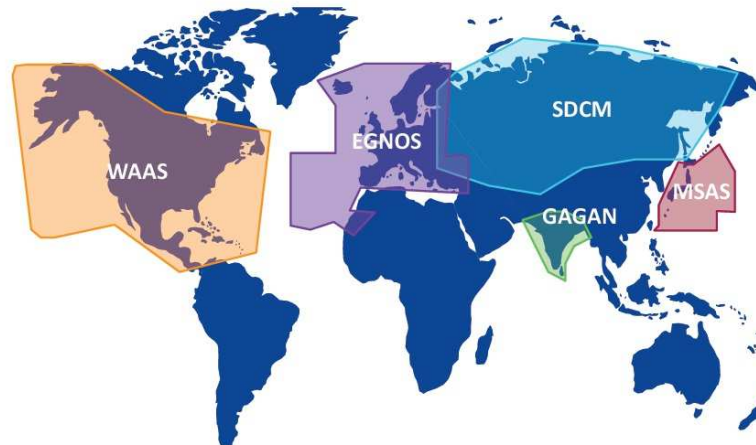
Prva generacija GLONASS satelitov ni bila dovolj zanesljiva, ker se je število delujočih satelitov zmanjševalo zaradi gospodarske krize v državi. Modernizacija sistema GLONASS se je začela z začetkom 21. stoletja. Druga generacija satelitov je omogočala uporabo sistema za civilne in komercialne namene z natančnostjo položaja okrog 10 metrov, kar je do tedaj uporabljala ruska vojska. Tretja generacija GLONASS-satelitov naj bi bila kompatibilna z sistemoma GPS in Galileo. (dijaski.net, 2012)

Z začetkom 21.stoletja se je začel razvoj evropskega satelitskega navigacijskega sistema Galileo, sta ga vodili Evropska komisija in Evropska vesoljska agencija. Prvi satelit sistema Galileo je bil izstreljen leta 2005. Sistem Galileo je trenutno še vedno v izgradnji. Namenjen je predvsem za civilne namene. Dostopen bo vsem, vendar bodo določene storitve plačljive. (Galileo, 2016)

Azijski navigacijski program predstavljajo kitajski Beidou, indijski IRNSS ter japonski QZSS. IRNSS in QZSS sta regionalni navigacijski satelitski sistemi, medtem ko je Beidou globalni navigacijski satelitski sistem.

V skupino GNSS-sistemov spadajo tudi dopolnilni navigacijski satelitski sistemi SBAS, ki omogočajo izboljšanje natančnosti in zanesljivosti sistemov GNSS. Sistemi SBAS so EGNOS, WAAS, GAGAN, MSAS in SDMC. (gnss.si, 2012)

Kar se tiče delovanja, vzrokih za razvoj in namenov uporabe, so ti sistemi podobni. Razlika med njimi je v infrastrukturi ter lokaciji in lastništvu sistema. (GNSS augmentation, 2016)



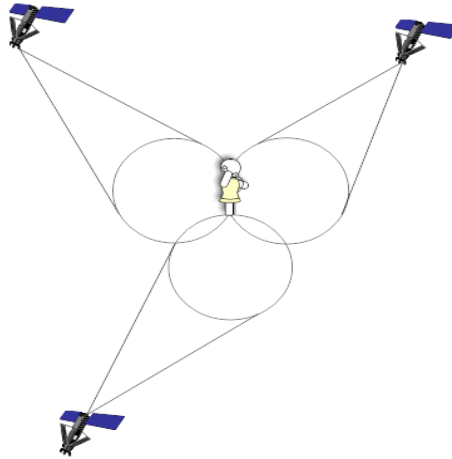
Slika 1: Navigacijski satelitski sistemi SBAS  
(vir: [https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/map\\_ruc.png](https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/map_ruc.png))

## 2.2 Princip delovanja in sestava GNSS

Globalni satelitski navigacijski sistemi omogočajo določitev položaja in hitrosti s pomočjo signalov, ki jih prenašajo radijski valovi oddani s satelitov in sprejeti z ustreznim sprejemnikom. Določitev položaja točk s pomočjo sistema GNSS temelji na geometrijski trilateraciji, oziroma na izmeri razdalj med danimi in novo točko. Geometrijska trilateracija je tehnika za izračun položaja nove točke - sprejemnika, na osnovi razdalj med danimi – sateliti v orbiti in novimi točkami.

Navigacijski sateliti, ki krožijo okrog Zemlje predstavljajo referenčne točke, katerih položaj v vesolju je v vsakem trenutku natančno poznan. Razdalje do satelitov se določijo na osnovi merjenja časa, ki ga signal potrebuje od posameznega satelita do sprejemnika. Sateliti oddajajo signal, ki vsebuje podatke o lokaciji satelita v orbiti in čas, ko je oddajnik v satelitu oddal signal. Sprejemnik na Zemlji primerja čas, oddaje signala s satelita in čas sprejema signala, ter iz njune razlike in hitrosti potovanja signala, izračuna razdaljo med satelitom in sprejemnikom. Če ima sprejemnik na razpolago razdalje od 4 ali več satelitov lahko določi svoj položaj.

Torej, za pravilen izračun položaja uporabnikovega sprejemnika sta pomembna podatek o položaju satelita in natančno izmerjen čas, ki ga signal potrebuje, za pot od satelita do sprejemnika. Natančnost položaja sprejemnika je odvisna od natančnosti določitve položaja satelita, natančnosti merjenja časa in modeliranja vplivov na opazovanja. (Mlakar, 2010)



**Slika 2: Trilateracija**

(vir: [http://www.academia.edu/10375008/Application\\_of\\_GNSS\\_in\\_Road\\_Traffic\\_and\\_Construction](http://www.academia.edu/10375008/Application_of_GNSS_in_Road_Traffic_and_Construction))

Natančno pot vsakega satelita je zelo težko določiti predvsem zaradi vpliva Lune, Sonca in drugih nebesnih teles in njihovih gravitacijskih sil, ter zaradi solarnega radiacijskega pritiska, ki vpliva na hitrost satelitov. Solarni radiacijski pritisk je odvisen od velikosti in orientacije sončnih panelov satelitov, oddaljenosti od Sonca, itn. Solarna radiacija upočasnjuje satelite, ki se gibljejo proti Soncu, in pospešuje - satelite, ki se od Sonca oddaljujejo in zaradi tega predstavlja tudi največjo napako pri izračunu lokacije satelitov. Poti satelitov ni možno natančno napovedati in zato je treba njihov položaj in prepotovano pot neprekinjeno meriti. (Mlakar, 2010)

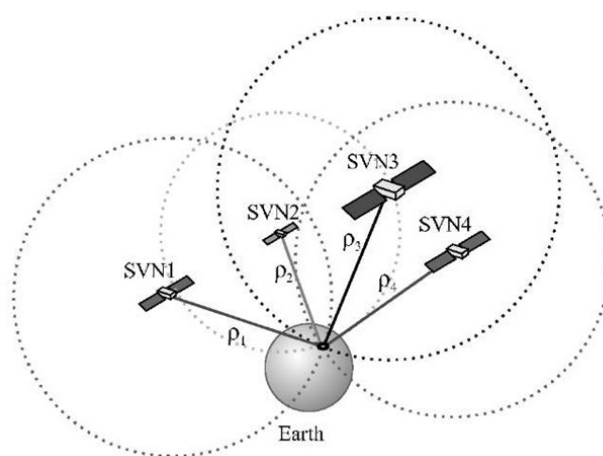
Na krovu satelita se nahajajo atomske ure. Na osnovi, satelitove ure generiran je generiran satelitski signal, del katerega je tudi navigacijsko sporočilo, ki vsebuje podatke o urnem teku satelitove ure, podatke o položaju satelita, oziroma efemeride in almanah ter podatke o stanju satelita in sistema v celoti. (Radiokomunikacije, 2016)

Efemeride so parametri, ki predstavljajo podatke o tirnicah satelitov ter podatke o urnem teku satelitovih ur. To so osnovni podatki za izračun položaja in satelita. Vsak satelit oddaja svoje efemeride 30 sekund.

Almanah vsebuje orbitalne parametre za vse satelite oziroma približne podatke o tirnicah satelitov in urinih tekih satelitovih ur ter model ionosfere.

Glavni namen almanaha je zagotovitev informacije o položajih satelitov, ki bodo za sprejemnik GNSS na razpolago v določenem trenutku. Natančen položaj sprejemnika torej pridobimo s pomočjo efemerid, almanah pa zagotavlja osnovne informacije o položaju satelitov za čim hitrejši sprejem signalov satelitov. (Spirent, 2011)

Da uporabniki lahko neprekinjeno določajo svoj položaj, mora biti v vsaki točki na Zemlji na razpolago signal najmanj štirih satelitov. Poleg tega morajo biti sateliti ugodno razporejeni na nebu, da je sistem navigacijskih enačb dobro pogojen. Na temelju podatkov iz navigacijskega sporočila in razdalj do “vidnih” satelitov, sprejemnik lahko izračuna svojo lokacijo. Sprejemnik se nahaja na sferi, katere središče je v položaju satelita in katere polmer je razdalja med sprejemnikom in satelitom. Sprejemnik hkrati sprejema signale iz več satelitov in omogoča določanje lege sprejemnika na osnovi presečišča sfer s posameznih satelitov. (GPS, 2015)



**Slika 3: Določitev 3D položaja sprejemnika na osnovi presečišča sfer štirih satelitov**  
(vir: [http://www.academia.edu/10375008/Application\\_of\\_GNSS\\_in\\_Road\\_Traffic\\_and\\_Construction](http://www.academia.edu/10375008/Application_of_GNSS_in_Road_Traffic_and_Construction))

Da bi celoten sistem GNSS pravilno deloval, so potrebne nadzorne in kontrolne postaje na Zemlji, ki upravljajo s sistemom. Nadzorni sistem spremlja in upravlja delovanje in gibanje satelitov. Efemeride, almanah in natančen čas se iz kontrolnega centra posredujejo satelitom, ki jih nato posredujejo uporabnikom v oddanemu signalu. Razporeditev sledilnih in opazovalnih postaj na Zemlji je tak da je signal vsakega satelita sprejet z vsaj eno kontrolno postajo. (Monitor, 2014)

Torej, GNSS sestavljajo trije segmenti: vesoljski segment – navigacijski sateliti v orbiti, kontrolni segment – globalno omrežje centrov in postaj za opazovanje in upravljanje satelitov in uporabniški segment – uporabnikov sprejemnik.

Sprejemnik GNSS zazna, dekodira in procesira signale, sprejete s satelitov ter uporabi vsebino signala za določitev svojega položaja, hitrosti in časa. Tako se izpolni osnovna funkcija globalnega navigacijskega sistema. (Čuk E., 2008)

### 2.3 Vplivi na opazovanja GNSS

Na natančnost določitve položaja na osnovi GNSS-opazovanj vplivajo pogreški, ki imajo različne izvore. Če so pogreški veliki, je položaj sprejemnika slabo določen.

Vplivi na opazovanja GNSS so:

- Vplivi z izvorom v Zemljini atmosferi

Atmosfera se deli na več plasti, med ostalimi na troposfero in ionosfero. Razmere v atmosferi, predvsem ionosferi, vplivajo na hitrost razširjanja GNSS-signalov.

Troposfera je najnižja plast atmosfere, ki se praktično dotika Zemljine atmosfere in sega do višine približno 18 km višine. V troposferi se nahaja skoraj vsa vodna para, zato v troposferi nastaja vreme. Vpliv troposfere na opazovanja GNSS imenujemo troposferska refrakcija. Merilna napaka zaradi vpliva troposferske refrakcije je odvisna tudi od zenitne razdalje satelita. Večina sprejemnikov uporablja model povprečne troposfere s katerim upoštevajo povprečen vpliv troposfere na opazovanja GNSS. (Kozmus Trajkovski, 2010)

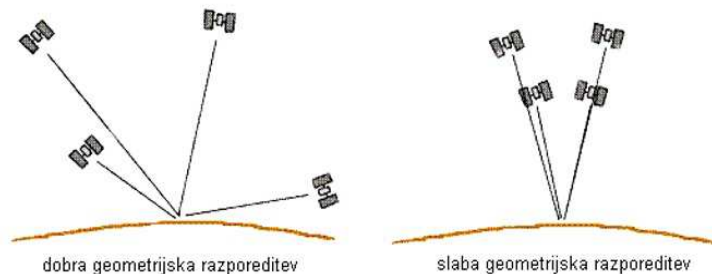
Ionosfera je ionizirana plast v Zemljini atmosferi, ki se nahaja na višini med 80 km in 1500 km nad Zemljo. To plast je sestavljajo prosti elektroni in pozitivni ioni. Ioni upočasnjujejo satelitski signal in lahko povzročijo precej veliko napako izmerjene razdalje, ki lahko znaša tudi do  $\pm 150$  metrov. Ionosferski vpliv se spreminja skupaj z Sončevo aktivnostjo in ga je težko natančno napovedati. Vpliv je manjši, ko se povečuje višinski kot satelita. Ker je frekvenčna odvisnost vpliva ionosfere natančno znana, se ta pogrešek lahko odstrani z izmero signala na dveh frekvencah nosilnega valovanja. (Radiokomunikacije, 2016)

- Vplivi z izvorom v satelitu

Natančnost določitve položaja sprejemnika je odvisna od kakovosti efemerid, oziroma podatkov o tirnicah satelitov, ter od kakovosti modelov teka satelitovih ur. (Mlakar, 2010)

- Geometrijska razporeditev satelitov

Vpliv geometrije satelitov na natančnost določitve položaja določajo DOP (ang. Dilution of Precision) faktorji. Za doseganje boljše natančnosti določitve položaja sprejemnika, morajo biti sateliti enakomerno razporejeni po nebu. (Škerbec, 2009)



Slika 4: Primeri dobre in slabe geometrijske postavitve satelitov

- Vplivi z izvorom v sprejemniku

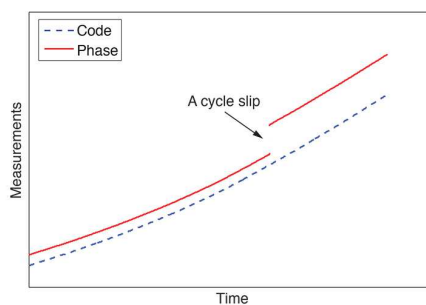
Ta skupina pogreškov sprejemnika nastanejo zaradi toplotnega šuma sprejemnika. Električni šum v signalu v sprejemnikovi elektroniki je odvisen od kakovosti sprejemnika. Na določitev položaja sprejemnika ponavadi vpliva do velikosti 0,6 metrov. (Kozmus Trajkovski, 2010)

- Odboj signala ali "Multipath"

Večpotje (ang. Multipath) vpliva na izmerjene razdalje med satelitom in sprejemnikom. Nastane zaradi odboja signala GNSS od vodnih površin, objektov, vozil, ki se nahajajo v bližini sprejemnika GNSS. Zaradi odboja signal potrebuje več časa za pot do sprejemnika kot neposredno sprejeti signal. Vpliv večpotja lahko povzroči napako v položaju sprejemnika do nekaj metrov. Ta vpliv lahko zmanjšamo z izogibanjem objektov na terenu, ki povzročajo večpotje, z uporabo posebnih anten ter izločanjem levosučno polariziranih signalov v obdelavi opazovanj. (Berdajs, 2010)

- Izguba signala ali "Cycle slip"

Med prekinitvijo sprejema signala, ki ga oddaja satelit, pride do spremembe vrednosti faze. Vsak "cycle slip" je potrebno ugotoviti in določiti njegovo velikost v postopku obdelave podatkov opazovanj za določitev položaja sprejemnika. (GPSworld, 2014)



Slika 5: Situacija ob prekenitvi sprejema signala

(vir: <http://gpsworld.com/innovation-cycle-slips/>)

NAPAKA	VREDNOST NAPAKE
Satelitove ure	$\pm 2.1$ m
Tirnice satelita	$\pm 2.1$ m
Ionosfera	$\pm 4$ m
Troposfera	$\pm 0.7$ m
Šum sprejemnika	$\pm 0.5$ m
Odboj signala	$\pm 1$ m

**Tabela 1: Napake GNSS**  
(vir: <http://www.aboutcivil.org/sources-of-errors-in-gps.html>)

## 2.4 Metode določitve položaja z GNSS

### 2.4.1 Določitev absolutnega položaja

Položaj uporabnikovega sprejemnika na Zemlji se lahko določi z različnimi metodami izmere GNSS. Vse metode omogočajo določitev sprejemnika na osnovi razdalje med oddajnikom satelita in anteno sprejemnika. Čas med trenutkom oddaje in trenutkom sprejema signala se lahko določi na osnovi kodnih ali faznih opazovanj.

Kodna opazovanja omogočajo določanje časa potovanja signala na podlagi korelacije dveh kod; ene oddane s satelita in druge generirane v sprejemniku. Fazna opazovanja predstavljajo razliko faz dveh valovanj; enega oddanega s satelita in drugega generiranega v sprejemniku. (Resnik, 2006)

Pri določitvi absolutnega položaja uporabljamo en sam sprejemnik. Absolutni položaj se lahko določi glede na dane položaje satelitov v času opazovanj in opazovane razdalje med sateliti in sprejemnikom. Pri kodnih opazovanjih, atmosferske vplive, ter pogreške satelitovih ur lahko odstranimo z uporabo ustreznih matematičnih modelov. (Lebeničnik, 2013)

Položaj sprejemnika in pogrešek sprejemnikove ure se računata hkrati na podlagi danih položajev satelitov in izmerjenih razdalj med sateliti in sprejemnikom v enem trenutku. Na ta način je možno pridobiti položaj sprejemnika GNSS tudi v gibanju.

Uporaba faznih opazovanj za določitev absolutnega položaja je možna, ampak je izboljšava natančnosti določitve položaja relativno majhna, zaradi velikega vpliva nemodeliranih vplivov na opazovanja.



Z absolutno metodo dosežemo natančnost določitve položaja okrog 5-10 metrov in to kar zadošča za večino potreb kopenske, pomorske in drugih oblik navigacije. (Kozmus, Stopar, 2013)

Precise Point Positioning (PPP) je GNSS metoda za določitev absolutnega položaja sprejemnika, ki se čedalje bolj uporablja tudi v geodeziji.

Kozmus in Stopar (2003) razlagata da je bistvo metode uporaba le enega sprejemnika ter znan natančen položaj satelitov in stanje njihovih ur v času izmere. Podatki o položaju satelitov in stanju njihovih ur se pridobijo na osnovi podatkov globalnega omrežja postaj GNSS. V postoku obdelave opazovanj se pogreški sprejemnikove ure označijo kot neznanke ter z neprekinjenimi opazovanji lahko s to metodo dosežemo tudi milimetrsko točnost položaja.

#### **2.4.2 Določitev relativnega položaja**

Za potrebe geodezije se uporabljajo relativne metode izmere z GNSS, katere omogočajo natančnost določitve položaja do nekaj centimetrov. Pri relativni metodi določitve položaja sta potrebna najmanj dva sprejemnika in sicer en sprejemnik na znani točki in drugi sprejemnik na novi točki. Z uporabo ustrezne programske opreme in pravilne obdelave opazovanj se lahko doseže tudi milimetrska natančnost. (Čadež, 2010)

Metode določitve relativnega položaja (geodetske izmere GNSS) so:

- Statična metoda
- Hitra statična metoda
- Kinematična metoda
- RTK metoda ("Real-time Kinematic")

Statična, hitra statična in kinematična metoda omogočajo pridobitev koordinat z obdelavo opazovanj po opravljeni izmeri. RTK-metoda pa omogoča pridobitev koordinat v realnem času. Z uporabo statične metode dosežemo natančnost koordinat do nekaj milimetrov. Druge metode zagotavljajo natančnost koordinat od nekaj centimetrov do nekaj metrov. (geoid.si, 2012)

### **3 SISTEMI GNSS**

#### **3.1 Navstar GPS**

##### **3.1.1 Razvoj sistema GPS**

GPS (ang. Global Positioning System) je glavni in še vedno edini polno delujoči GNSS-sistem. Razvojno obdobje sistema GPS je bilo v letih 1964 do 1978. V temu obdobju je Ministrstvo za obrambo ZDA razvilo dva neodvisna projekta, ki ju štejemo za predhodnika sistema GPS – satelitski navigacijski sistem Transit, ter sistem Timation. (Mio, 2011)

Prva generacija satelitov GPS, Block I sateliti so bili sateliti v poskusnem obdobju vzpostavitve navigacijskega satelitskega sistema GPS. Prvi satelit Block I je izstreljen leta 1978. Obdobje operativnega delovanja sistema GPS je začelo leta 1989 z izstrelitvijo prvega operativnega satelita Block II. Sistem je dosegel polno operativnost, konstelacijo 24 satelitov leta 1994. Vsaka naslednja serija satelitov Block II, kot so Block IIA, Block IIR, Block IIM, Block IIF, je izboljšana različica prejšnje. Nova generacija satelitov Block III - bo zagotavljala še boljšo natančnost sistema GPS. Od prvega satelita, lansiranega leta 1978 do danes, je bilo utirjenih 70 satelitov. V praksi sestavljajo sistem GPS starejši in novejši sateliti. (GPS Satellite Blocks, 2016)

##### **3.1.2 Segmenti GPS sistema**

V sistemu GPS je predvidenih 24 satelitov, vendar pa je v sistemu trenutno aktivnih 31 satelitov. Sateliti krožijo okrog Zemlje na višini približno 20200 km in njihov obhodni čas znaša 11 ur in 58 minut. V šestih orbitalnih ravninah se na vsaki ravnini nominalno nahajajo po štirje sateliti, ki zaradi optimalne pokritosti Zemlje s signalom GNSS, niso na njej povsem enakomerno razporejeni. Optimalna pokritost pomeni da je z vsake točke na Zemlji ob vsakem trenutku vidnih vsaj šest satelitov. Inklinacija, oziroma nagnjenost ravnine tirnice glede na ekvator je 55°. Dodatni sateliti so namenjeni za zavarovanje sistema in povečanje števila razpoložljivih satelitov. (GPS Space Segment. 2016)



**Slika 6: Konstelacija GPS satelitov**  
(vir: <http://www.pocketgpsworld.com/howgpsworks.php>)

Sateliti oddajajo signal na dveh nosilnih valovanjih, L1 in L2. Satelitski signal vsebuje podatke, ki skupaj z opazovanji, ki jih opravi sprejemnik GPS omogočajo določitev položaja sprejemnika na Zemlji. Signal je kodiran z dvema merskima kodama PRN (Pseudo Random Noise), ki sta modulirani na nosilni valovanji L1 in L2. Sicer pa sestavljajo signal tri kode, in sicer dve merski, P (Precise) in C/A (Coarse Acquisition) koda ter navigacijska koda (navigacijsko sporočilo). Valovanje L1 je modulirano z vsemi tremi kodami, valovanje L2 je modulirano s P kodo in navigacijskim sporočilom. C/A-koda je namenjena za navigacijo oziroma za civilno uporabo. Oddaja P-kode na dveh različnih frekvencah omogoča odstranitev vpliva ionosfere na signal GPS. P-koda se oddaja z večjo bitno hitrostjo kot C/A-koda in tako omogoča večjo točnost navigacije. P-koda je namenjena pooblaščenim uporabnikom in se uporablja za vojaške potrebe. P-koda je dostopna civilnim uporabnikom v sistemu GPS, vendar ob uporabi ustreznih sprejemnikov GPS. (gnss.si, 2012)

Kontrolni segment GPS sistema je sestavljen iz štirih glavnih centrov: (GPS Control Segment, 2016)

- glavni nadzorni center v Colorado Springsu, ZDA, ki nadzira in upravlja s satelitskim segmentom ter pošilja navigacijske podatke satelitom
- dodatne kontrolne postaje
- globalno omrežje sledilnih postaj, ki zbirajo navigacijske podatke vseh satelitov ter jih pošiljajo v glavni nadzorni center na obdelavo
- omrežje štirih zemeljskih anten, ki skrbi za prenos navigacijskih podatkov satelitom

Uporabniški del sistema so sprejemniki, ki na osnovi signalov izračunajo svoj položaj. Danes so cenovno dostopni in se nahajajo že v praktično vseh prenosnih komunikacijskih napravah.

Sistem GPS je v osnovi mišljen kot vojaški navigacijski sistem, ampak je omogočena tudi civilna uporaba z omejeno natančnostjo določitve položaja. Sistem selektivne dostopnosti je umaknjen leta 2000. Splošna natančnost določitve položaja za civilno uporabo sistema GPS je okrog 5 metrov. Sistem GPS ponuja dve možnosti uporabe, in sicer standardno in natančno navigacijo. Civilna storitev s standardno natančnostjo je dostopna za vse uporabnike, medtem ko je natančno določanje položaja na voljo samo pooblaščenim uporabnikom, kot so vojaške sile ali zvezne agencije ZDA. (GPS performances, 2011)

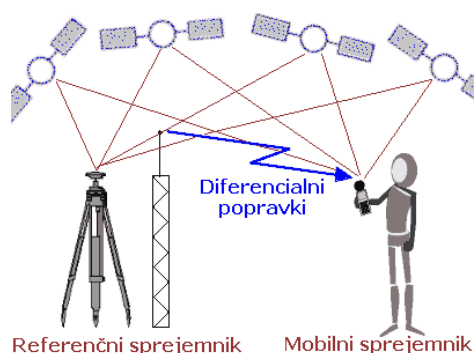
### 3.1.3 Izboljšanje točnosti sistema GPS

Čeprav je edini polno delujoči GNSS in se široko uporablja v civilne namene, ima sistem GPS tudi nekaj pomankljivosti, kot je spremenljiva natančnost določitve položaja in slaba zanesljivost, predvsem v gosto pozidanih ali gozdnih območjih in na polarnih geografskih širinah. Zaradi tega so vzpostavljeni številni sistemi za izboljšanje kakovosti določitve položaja v GPS.

- Diferencialni GPS (DGPS) sistem

DGPS temelji na uporabi vsaj dveh GPS-sprejemnikov. En sprejemnik se nahaja na točki z znanim položajem, ter predstavlja referenčno bazno postajo, ki sprejema signale GPS in izračunava svoj položaj na osnovi opazovanj signala satelitov. Izračunani položaj primerja s predhodno točno določenim in na osnovi razlik obeh položajev določa razlike med pravimi in izmerjenimi vrednostmi opazovanj. Te razlike oziroma popravke opazovanj referenčna postaja posreduje sprejemnikom GPS v bližini. Ti uporabljajo popravke za popravljanje lastnih opazovanj, kar omogoča določitev položaja premičnega sprejemnika višje kakovosti kot le na osnovi opazovanj GPS. (Kozmus Trajkovski, 2010)

DGPS se lahko deli na dva sistema: DGPS v realnem času, ter DGPS z naknadno obdelavo podatkov. Realnočasovni DGPS se uporablja za določanje točnega položaja v realnem času, kot je letalo pri pristajanju ali avtomobil, ki potuje proti svojemu cilju. DGPS z naknadno obdelavo podatkov je uporaben takrat, ko ni potrebe po podatku o natančnem položaju, sicer se uporabi določitev položaja v realnem času.



Slika 7: Princip diferencialnega GPS

Cenejši GPS-sprejemniki lahko v načinu DGPS dosežejo natančnost položaja boljšo kot 1 meter, še posebej če je bazna postaja oddaljena le nekaj kilometrov in če ta bazna postaja in sprejemnik uporabljata opazovanja istih satelitov. Dražji GPS-sprejemniki lahko na osnovi faznih opazovanj izračunajo položaj v načinu DGPS s točnostjo višjo kot 1 centimeter. (Kozmus, Stopar, 2003)

DGPS ni vedno možno uporabljati na temelju zemeljskih referenčnih, oziroma baznih postaj. V letalstvu ni možna uporaba baznih postaj, ki bi nam zagotavljale popravke na celotnem letu zato so bili razviti podporni navigacijski satelitski sistemi SBAS. Dopolnilni sistemi SBAS omogočajo posredovanje diferencialnih popravkov opazovanj z geostacionarnih satelitov uporabnikom na večjih območjih. (Škerbec, 2009)

- WAAS

WAAS je ameriški satelitski sistem za izboljšanje določitve položaja v sistemu SBAS, ki ga uporablja uprava za letalstvo ZDA za zagotovitev prenosa navigacijskih podatkov letalom v vseh fazah leta. Sodeluje z mednarodno organizacijo za civilni letalski promet in pokriva območje ZDA, Aljasko, Kanado in Mehiko. (WAAS, 2016)

WAAS uporablja omrežje zemeljskih baznih postaj, ki posredujejo napake in korekcije v glavno bazno postajo (WMF). V glavni bazni postaji se izračunajo napake in popravki integriteta signala in sistema GPS. Ta informacija je potem v rednih intervalih posredovana na geostacionarne komunikacijske satelite, ki nato pošiljajo sporočilo s popravki sprejemnikom, ki te podatke uporabijo za izboljšanje svojega položaja. Veliko sprejemnikov SBAS ima vgrajeno podporo WAAS tako, da lahko uporabijo te dodatne podatke za večjo točnost določitve svojega položaja. (Mlakar, 2010)

## 3.2 Evropski GNSS-program

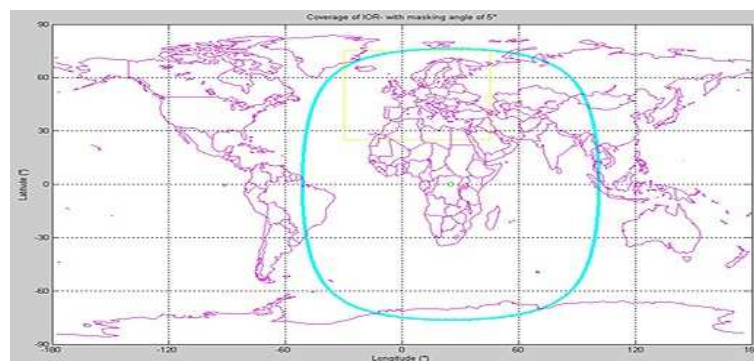
### 3.2.1 EGNOS

Skupni evropski geostacionarni navigacijski sistem EGNOS (ang. European Geostationary Navigation Overlay Service) je prva evropska iniciativa na področju satelitske navigacije in predhodnik GNSS-sistema Galileo. EGNOS je projekt Evropske komisije, Evropske vesoljske agencije in EUROCONTROL organizacije, ter deluje od leta 2005. (EGNOS, 2016)

Prednost sistema je v brezplačni izboljšani satelitski navigaciji na področju Evrope, severnega dela Afrike ter arabske regije. Sistem zagotavlja interoperabilnost z vsemi GNSS v določenih območjih, ter je zasnovan tako, da zagotavlja dostopnost, natančnost, integriteto in varnost. (EGNOS, 2016)

Evropski SBAS-sistem omogoča izboljšanje navigacije glede na navigacijo le na osnovi signalov, ki jih oddajajo obstoječi GNSS sateliti. S pomočjo diferencialnih korekcij izboljša kakovost določitve položaja uporabnika sistemov GNSS. S tem je omogočeno tudi povečanje varnosti določenih uporabnikov, kot na primer pri letenju letal v ozkih dolinah ali plovbi po ozkih kanalih. (Šavor, 2008)

EGNOS sistem oddaja popravke signalov GNSS, ki jih oddajajo trije geostacionarni sateliti. Geostacionarni sateliti se nahajajo v ravnini ekvatorja na treh različnih zemljepisnih dolžinah. Satelit Inmarsat-3 AOR-E se nahaja nad Atlantikom na zemljepisni dolžini  $15.5^\circ$  zahodno, satelit Inmarsat-3 IOR-W na zemljepisni dolžini  $25^\circ$  vzhodno in ESA-Artemis satelit na  $21.5^\circ$  vzhodno nad Afriko. S takšno postavitvijo EGNOS signal omogoča "pokritje" območja celotne Evrope. (EGNOS Space Segment, 2016)



Slika 8: Pokritost sistema EGNOS

(vir: <http://www.egnos-portal.eu/discover-egnos/programme-information/status>)

Signal geostacionarnega satelita je podvržen podobnim vplivom kot signal oddan iz navigacijskega satelita. Uporaba sistema EGNOS je nekoliko omejena na severnejših delih Evrope zaradi nizke višine satelitov nad horizontom. Na zemljepisnih širinah nad 80° EGNOS sateliti niso vidni. Problem z vidnosti satelitov nastane tudi v urbanih sredinah in v gozdovih. (Kos in drugi, 2005)

Če Uporabnik uporablja sprejemnik GPS, ki ne podpira sistema EGNOS, lahko doseže natančnost do 17 metrov. Kontinuirano spremljanje signalov dopolnilnega sistema omogoča natančnost položaja 1 do 2 metrov, ter je dostopen v 99% primerov. (EGNOS Portal, 2016)

Zemeljski segment sestavlja omrežje zemeljskih postaj in sicer platforme za sprejem GNSS-signalov (RIMS Ranging Integrity Monitoring Stations), ki sodelujejo s kontrolnimi centri za obdelavo podatkov (MCC Mission Control Center). Centri določajo podatke o integriteti in diferencialne popravke za vsak satelit, skupaj z vplivom ionosfere. Podatki se nato pošiljajo navigacijskim zemeljskim kopenskim postajah (NLES Navigation Land Earth Stations), ki jih posredujejo satelitom v navigacijskem sporočilu. Geostacionarni sateliti sistema EGNOS pošiljajo nato navigacijske podatke preko nosilnega valovanja določene frekvence uporabnikom. (Šavor, 2008)

EGNOS zagotavlja satelitsko navigacijo visoke zmogljivosti za vse uporabnike.

Storitve, ki jih ponuja sistem EGNOS:

- Prost dostop (ang. Open Service)

EGNOS zagotavlja prosto dostopne podatke potrebne za navigacijo kjerkoli v Evropi za katerikoli sprejemnik GNSS, združljiv s sistemom EGNOS. Ta storitev deluje od leta 2009. (EGNOS Open Service, 2016)

- Uporaba za potrebe zaščite in reševanja (ang. Safety-of-Life Service)

Storitev je namenjena za večino prometnih aplikacij na različnih področjih, kjer je človeško življenje lahko ogroženo, v primeru zmanjšane natančnosti navigacije. (EGNOS SoL service, 2011)

Storitev Safety-of-Life temelji na GPS-signalih tako, da uporabnikom na kritičnih območjih posreduje podatke o integriteti signalov ter opozorila o nepravilnemu delovanju satelitov sistema GPS. Namen te storitve je zagotavljanje varnosti v vseh oblikah prometa in transporta. Safety-of-Life funkcija deluje od leta 2011. (EGNOS SoL service document, 2014)

- Komercialna storitev ali strežnik za dostop do podatkov sistema EGNOS – EDAS (ang. The EGNOS Data Access Service)

Storitev je namenjena za komercialne uporabnike, ki zahtevajo večjo zmogljivost in natančnost sistema za profesionalno uporabo. Storitev EDAS ne potrebuje neposrednega dostopa do EGNOS-satelita. Prenos podatkov se lahko izvede preko zemeljskega omrežja, oziroma internetne povezave. EDAS omogoča uporabo navigacije EGNOS v realnem času in v okviru zagotovljene zmogljivosti. Svojim uporabnikom storitev ponuja zanesljivo in popolno delovanje, prenos podatkov v realnem času, pokritost na področju Evrope in Severne Afrike ter možnost komercialne pogodbe. (EGNOS Commercial, 2016)

Zaradi izjemno dobre natančnosti in zanesljivosti sistema EGNOS je možen razvoj storitev in aplikacij za različne potrebe v vseh oblikah prometa in transporta. Drugi podporni sistemi, kot so WAAS, ali japonski MSAS (ang. Multi-functional Satellite Augmentation System) so namenjeni izključno za zračno navigacijo. Svetovni trg za satelitsko navigacijo je zelo obetaven. Za Evropo je to velika priložnost pri razvoju gospodarstva.

### **3.2.2 GALILEO**

#### **3.2.2.1 Razvoj Galileo navigacijskega satelitskega sistema**

Galileo je evropski neodvisni globalni satelitski navigacijski sistem, projekt Evropske komisije in Evropske vesoljske agencije (ESA). Evropska komisija, ki upravlja s sistemom, je za ta namen vzpostavila Evropski GNSS programski odbor. Galileo bo prvi GNSS pod civilnim vodstvom, inteoperabilen z sistemi GPS in GLONASS. Eden od ciljev programa Galileo je omogočanje zanesljive in natančne navigacije, neodvisno od sistema GPS in GLONASS, v primeru onemogočenega dostopa do teh dveh sistemov. V nasprotju z ameriškim GPS in ruskim GLONASS sistemom, ki sta vojaška sistema, je Galileo v celoti namenjen civilni uporabi. (Galileo, 2016)

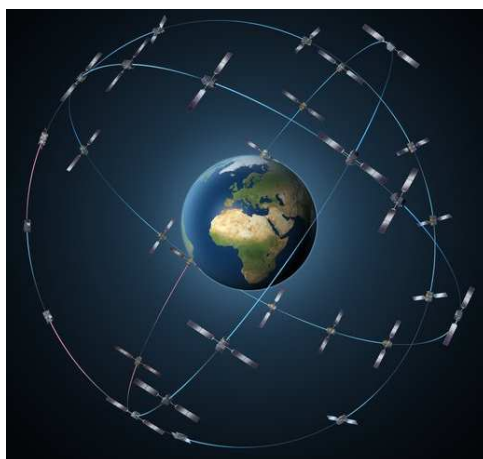
Realizacija projekta Galileo se je začela leta 2005 z izstrelitvijo testnega Galileo-satelita, GIOVE-A. Nekaj let kasneje, je uspešna analiza signalov na naprednejših testnih satelitih GIOVE-A2 in GIOVE-B prinesla razvoj na osnovi IOV razvoja Galileo-satelitov. IOV testiranja satelitov omogočajo navigacijo in funkcijo "Search and Rescue" (SAR). Do leta 2012, so bili lansirani v vesolje štirje sateliti za testiranja IOV s katerimi naj bi potrdili delovanje sistema. Sprejemniki GNSS, v avtomobilih ali telefonih, izračunajo svoj položaj na osnovi štirih vidnih satelitov. Ko je bo sistem v celoti stestiran, se bo začelo lansiranje ostalih satelitov, ki bodo zagotovili polno operativno zmogljivost sistema. (Galileo Test Beds GIOVE, 2016)



V začetku leta 2010, je bil podpisan sporazum za izgradnjo prvih 14 polno operativnih satelitov FOC (ang. Full Operational Capability). Leta 2016 je predvideno začetno delovanje sistema Galileo (EOC, ang. Early Operational Capability), potem sledi začetna operativna zmogljivost (IOC, ang. In Operational Capability) do leta 2018. Polna operativnost sistema, konstelacija od 30 satelitov FOC, je načrtovana za leto 2020. (Galileo, 2016)

### 3.2.2.2 Segmenti sistema Galileo

Ko bo sistem polno operativen bo vesoljski segment sestavljalo 30 satelitov, 24 aktivnih in 6 nadomestnih. Sateliti bodo krožili na višini od 23 222 km nad Zemljo v treh orbitalnih ravninah z inklinacijo  $56^\circ$ . Na vsaki tirnici bo 8 aktivnih ter 2 nadomestna satelita, ravnine bodo med seboj zamaknjene za  $120^\circ$ . Obhodni čas satelita okrog Zemlje bo 14 ur in 7 minut. (Galileo Space Segment, 2016)



**Slika 9: Konstelacija sistema Galileo**  
(vir: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/giove>)

Satelit deluje s pomočjo mehanizmov, ki omogočajo premikanje satelita po tirnici. Satelit nima motorja, ki bi ga usmerjal zato je zelo pomembno da se izstreli na pravo lokacijo. (Mravinec, 2009)

Načrtovana konstelacija satelitov naj bi zagotavljala več kot 90% verjetnost, da bodo na vsaki točki na zemlji v katerem koli trenutku vidni vsaj štirje sateliti sistema Galileo. Dodatna prednost je boljša pokritosti polarnih področij. (Galileo Space Segment, 2016)

Sateliti vsebujejo platformo, koristen tovor za navigacijo ter koristen tovor za storitve iskanja in reševanja (SAR), kot so antene za SAR storitve. Satelit oddaja deset navigacijskih signalov in en SAR signal, na določenih frekvencah in tako bo omogočil ponudbo različnih storitev. Signali bodo oddani na štirih različnih frekvencah. Dostop do sistema bo odprt in brezplačen. Vsakemu signalu je dodana koda, s pomočjo katere sprejemnik "ugotovi" kateri satelit oddaja signal in določi čas, ki ga je signal potreboval iz satelita do sprejemnika. Ta koda je različna za vsak satelit, ter predstavlja temelj kvalitetnega satelitskega navigacijskega sistema. (Galileo Navigation)

Kode signala so lahko znane, kar pomeni da je signal namenjen za civilno uporabo, ali so pod kriptografsko zaščito, kar pomeni da je dostop dovoljen le za komercialne ali pooblašene uporabnike. Zaradi večjega števila signalov sistema Galileo, novega modela satelitske ure in izboljšanih popravkov ionosferskih vplivov, bo omogočena boljša natančnost določenega položaja na osnovi sistema Galileo. V kombinaciji s sistemom GPS, bo na voljo večje število vidnih satelitov in s tem bo zagotovljena še boljša zanesljivost in natančnost navigacije. (Šavor, 2008)

Zemeljski segment sistema Galileo skrbi za nadzor konstelacije, določitev parametrov satelitove tirnice, ugotavljanje urinega teka satelitovih ur, obnavljanje navigacijskega sporočila ter določitev podatkov o integriteti navigacijskega signala. Sestavljen je iz dveh glavnih kontrolnih centrov v Italiji in Nemčiji, ki predstavljajo jedro celotnega sistema, in globalnega omrežja dodatnih postaj. Vsak kontrolni center opravlja kontrolno funkcijo, ki jo bo omogočil kontrolni sistem, ter funkcijo misije, z uporabo misijskega sistema. Galileo kontrolni sistem je odgovoren za vzdrževanje, spremljanje in nadzor satelitske konstelacije. Postaje za spremljanje, telemetrijo in upravljanje (TT&C) nadzirajo konstelacijo satelitov. Galileo nadzorni center nadzira globalni navigacijski sistem, in sicer omogoča določitev položaja tirnic in usklajevanje satelitovih ur ter obdelavo in prenos navigacijskih sporočil. Omrežje Galileo-senzorskih postaj (GSS) preko satelitov zbira navigacijske in meteorološke podatke ter druge pomembne informacije. Vse te podatke senzorske postaje posredujejo kontrolnemu centru preko globalnega komunikacijskega omrežja (ang. Global area network), ki skrbi za povezavo vseh zemeljskih delov med seboj. Navigacijski podatki in podatki o integriteti se pošiljajo satelitom kot navigacijsko sporočilo preko omrežja povezovalnih postaj (ang. Galileo Up-Link station). Potem lahko sateliti naprej oddajajo navigacijski signal uporabnikom. (Šavor, 2008)

Vesoljski in zemeljski segment sistema predstavljata globalno komponento sistema Galileo. (Šavor, 2008) Lokalna komponenta je pomembna predvsem zaradi zagotavljanja interoperabilnosti sistema Galileo z drugimi GNSS ter sistemi terestričnega določanja položaja na lokalni ravni. Lokalna komponenta sistema

omogoča natančnost določitve položaja do 1 metra ter visoko natančnost do 10 cm, lokalno podporo navigacije ter lokalno dostopnost.

Galileo s podpornim sistemom EGNOS je izjemno pomembna kombinacija za zagotavljanje večje zmogljivosti, natančnosti ter br ezihbnega delovanja sistema Galileo. (Šavor, 2008)

Za uporabo sistema Galileo na območjih izven Evrope, obstajajo regionalne komponente za potrebe iskanja in reševanja, oziroma regionalni sistemi, ki jih upravljajo neevropske organizacije ali države, kot so japonski QZSS, indijski IRNSS. (Mravinec, 2009)

Za razvoj in delovanje regionalnih komponent so odgovorni ponudniki storitev na teh območjih.

Uporabniški segment predstavljajo sprejemniki, ki ponujajo različne možnosti uporabe sistema Galileo v okviru številnih vrst storitev, ki jih ponuja sistem. Za polno uporabo sistema Galileo morajo sprejemniki sprejemati signal direktno od Galileo-satelitov in lahko uporabljajo signale ostalih sistemov, ter morajo imeti možnost dostopa do signalov regionalne in lokalne komponente. (Šavor, 2008)

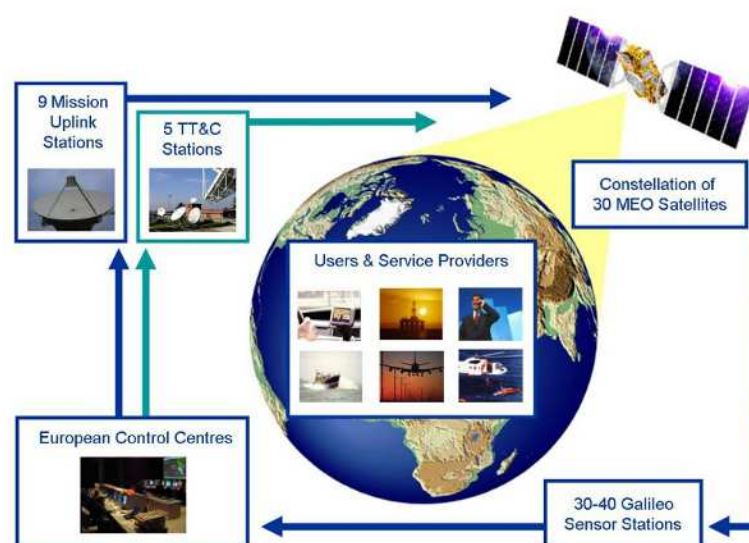
### **3.2.2.3     Storitve sistema Galileo**

Galileo sistem vsebuje pet različnih storitev glede na natančnost, garancijo, celovitost in druge parameter (Šavor, 2008):

- Prosto dostopna storitev (ang. Open Service-OS) ponuja storitve na osnovni ravni, ki so namenjene uporabniškim aplikacijam in splošni uporabi navigacije (npr. v avtomobilih ali mobilnih telefonih) ter omogoča brezplačno določanje položaja, hitrosti in časa. Storitve ne zagotavlja podatkov o integriteti signala tako, da bo kakovost pozicioniranja odvisna od kakovosti uporabnikovega sprejemnika.
- Storitve varovanja človeškega življenja (ang. Safety of Life-SoL) je kodirana in zagotavlja visoko stopnjo varnosti in zanesljivosti, predvsem v prometu. Storitve deluje na podlagi signalov storitve proste uporabe, vendar z dodanimi podatki o integriteti, ki omogočajo zagotavljanje dosegljivosti, oziroma pravočasno opozorijo uporabnika o izgubi signala. V primeru nesreče, se jo bo dalo določiti na 5 metrov natančno, in ta informacija bo na reševalni center poslana v 10 sekundah po nesreči. Sistem bo na razpolago pooblaščenim uporabnikom v skladu s pravili mednarodne transportne politike. Dostop do teh storitev omogočajo posebni sprejemniki, ki izpolnjujejo visoke varnostne zahteve. Storitve bodo dostopne proti plačilu naročnine.

- Komercialna storitev (ang. Commercial Service-CS) je namenjena za profesionalne in komercialne uporabnike proti plačilu. Poleg prosto dostopnih signalov iz prostega dostopa bosta na voljo še dva dodatna signala, ki vključujeta podatke z dodanimi vrednostmi. Storitve ponujajo boljše zmogljivost in dostopnost sistema ter visoko natančnost navigacije. Dostop do podatkov bo omogočen z vnosom zaščitnega gesla na sprejemniku.
- Storitve v javnem upravljanju (ang. Public Regulated Service-PRS) se uporabljajo za pooblaščen uporabnike in bodo dostopne samo najpomembnejšim evropskim javnim službam za civilno zaščito, nacionalno varnost in organom kazenskega pregona. Omogočale bodo visoko stopnjo zaščite pred možnimi motnjami ali izpadom signala ter kontinuirano dostopnost.
- Storitve iskanja in reševanja (ang. Search and Rescue Service-SRS) v sodelovanju z že obstoječim sistemom COSPAS-SARSAT, mednarodnem sistemu za iskanje in reševanje, omogoča natančno in hitrejše določanje položaja ob klicu v sili iz vseh možnih lokacij na Zemlji. Položaj uporabnika v nevarnosti bo znan takoj, ob aktiviranju klica v sili. Nato bo dobil povratno informacijo, da je bil klic v sili sprejet in da je pomoč že na poti.

Večina predvidenih možnosti uporabe sistema Galileo so danes možne z uporabo signalov GPS in GLONASS. Ključna točka je v tem da bo Galileo izboljšal natančnost ter dostopnost in s tem omogočal razvoj še več uporabnih in dobičkonosnih storitev in aplikacij. Kot dopolnilo obstoječim sistemom bo povečal zanesljivost in razpoložljivost storitev navigacije in določanja položaja na svetovni ravni. (GMES Galileo, 2012)



Slika 10: Arhitektura sistema Galileo  
(vir: [http://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history/index_en.htm))

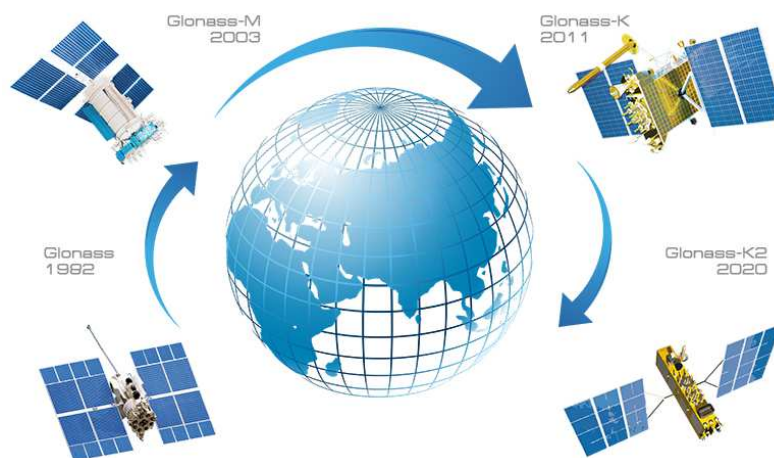
### 3.3 GLONASS

#### 3.3.1 Razvoj GLONASS sistema

GLONASS (rus. Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema) je satelitski navigacijski sistem, s katerim upravlja Rusija. GLONASS sistem dopolnjuje in ponuja alternativo ameriškemu GPS, evropskemu Galileo in kitajskemu sistemu Compass. (Conde, 2013)

V sedemdesetih letih prejšnjega stoletja se je začel razvoj ruskega satelitskega navigacijskega sistema. Prvi operativni sateliti GLONASS, Uragan Block I, so bil izstreljeni leta 1982. Do konca osemdesetih let je bilo v vesolje lansirano dvanajst nadgrajenih satelitov Uragan Block IIa, IIb in IIc, ter se je začela testna uporaba navigacijskega sistema. Leta 1996 je dosežena polna operativnost sistema, ob konstelaciji od 24 satelitov. Zaradi gospodarske krize v državi v devedestih letih, je število delujočih satelitov upadalo in leta 2001 je bilo uporabnih le še 6 satelitov, predvsem zaradi njihove kratke življenske dobe. (GLONASS Satellites, 2016)

Obnova sistema se je začela z lansiranjem modernejših satelitov Uragan-M, ki so imeli življensko dobo do 7 let. Tem satelitom je dodan civilni referenčni signal L2 na nosilnem valovanju in ta način se je povečala natančnost navigacije za civilne uporabnike. Do leta 2011, je v sistemu GLONASS začelo operativno delovati 24 satelitov. Tretja generacija satelitov Uragan-K je v fazi razvoja. Sateliti Uragan-K imajo življensko dobo do 10 let in možnost prenosa več navigacijskih signalov, ki so kompatibilni s sistemoma GPS in Galileo. (Conde, 2013)



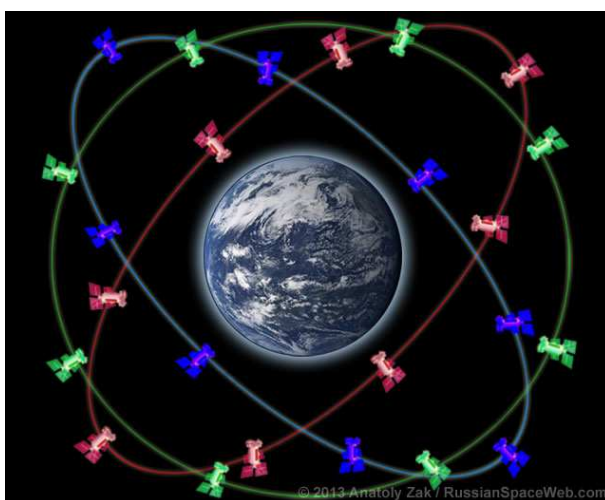
Slika 11: Razvoj GLONASS-satelitov  
(vir: <https://www.glonass-iac.ru/en/guide/>)

GLONASS je, enako kot GPS, začel nastajati kot vojaški navigacijski sistem, od leta 1996 pa je omogočena uporaba tudi za civilne namene. Sistem nima vgrajenih nobenih varnostnih funkcij, kot je selektivna dostopnost v GPS. Uporabniki lahko dosežejo natančnost položaja od 5-10 metrov. (GLONASS Accuracy, 2016)

### 3.3.2 Segmenti sistema GLONASS

Vesoljski segment sistema GLONASS je sestavljen iz 21 aktivnih satelitov in treh dodatnih rezervnih satelitov. Sateliti se nahajajo v treh orbitalnih ravninah, ki so med seboj razmaknjene za  $120^\circ$ . Na vsaki od ravnin se nahaja po osem satelitov, ki so med sabo razmaknjeni  $45^\circ$ . Sateliti krožijo na višini 19100 km z inklinacijo  $64.8^\circ$ , kar omogoča boljšo pokritost s signalom na višjih zemljepisnih širinah. Obhodni čas satelita okoli tirnice je 11 ur in 15 minut. Položaj satelitov omogoča vidnost vsaj petih satelitov ob kateremu koli času kjerkoli na Zemlji. (GLONASS, 2016)

GLONASS deluje podobno kot GPS. Sistem uporablja frekvenčni multipleks in vsakemu satelitu je določen signal določene frekvence. Vseh 24 satelitov deluje na 15 različnih frekvenc. Kot GPS, tudi GLONASS-sateliti oddajajo signal nanosilnih valovanjih L1 in L2. Na frekvenci L1 oddajata koda C/A in P, na L2 pa samo P-kodo namenjeno ruskim oboroženim silam. (GLONASS Accuracy, 2016)



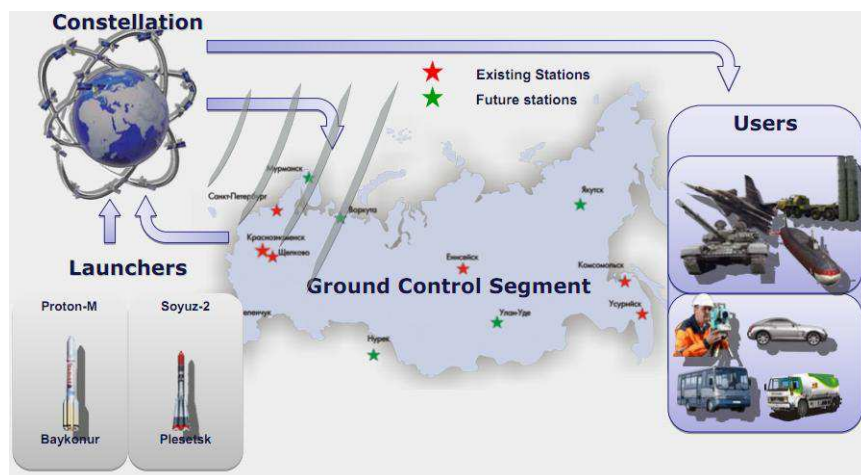
**Slika 12: Konstelacija sistema GLONASS**  
(vir: <http://www.russian-spaceweb.com/glonass.html>)

Dejstvo da je realizacija sistema GLONASS nekoliko slabša od sistema GPS je posledica več dejavnikov, kot so zmogljivost atomskih ur na krovu satelita, aktivni sateliti v konstelaciji in dejstvo da je kontrolni segment GLONASS omejen na rusko ozemlje. Sistem GLONASS ni toliko zmogljiv, kot recimo GPS ampak, če se GLONASS sistem uporablja v kombinaciji z drugimi GNSS lahko doseže zelo dobro natančnost in pokritost. Kombinacija satelitov GLONASS in GPS omogoča natančnosti do 2 metra in dostop do signalov 55 satelitov. (Beebom, 2016)

Kot del ruskega programa GNSS, je razvit SDCM (ang. The System for Differential Corrections and Monitoring), podporni geostacionarni satelitski sistem za povečanje zmogljivosti sistemov GNSS in SBAS na področju Ruske Federacije. Cilji sistema SDCM so spremljanje integritete satelitov GLONASS in GPS, zagotavljanje diferencialnih popravkov GLONASS-signalov in naknadno analizo zmogljivosti sistema GLONASS. Z uporabo ustreznih sprejemnikov, ki podpirajo SDCM sistem bo uporabnik lahko dosegel natančnost položaja 1-1.5 metrov. (SDCM, 2011)

Kontrolni segment je vezan za območje nekdanje Sovjetske zveze in zaradi tega občasno nastanejo težave pri nadzoru satelitov in posodabljanju navigacijskih podatkov. (Cvahte, 2010)

Da bi sistem GLONASS pravilno deloval skrbi več kot 20 zemeljskih nadzornih postaj med katerima so glavni kontrolni center, ki upravlja s konstelacijo GLONASS-satelitov, omrežje centrov za telemetrijo, sledenje in upravljanje ter nadzorne postaje. V okviru modernizacije sistema je predvidena izgradnja novih nadzornih postaj po celemu svetu. (GLONASS Future and Evolutions, 2016)



**Slika 13: Arhitektura sistema GLONASS**  
(vir: [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Architecture](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Architecture))

Kljub temu da GLONASS ponuja skoraj globalno pokritost, njegova komercializacija, zlasti razvoj uporabniškega segmenta zaostaja, v primerjavi z sistemom GPS. Da bi izboljšali stanje, ruska vlada spodbuja na uporabo navigacije v civilne namene. Ruska vlada je leta 2011 objavila da, bi morali biti vsi osebni avtomobili, velika transportna vozila ter vozila, ki prevažajo nevarne snovi, opremljeni z GLONASS-sprejemnikom. Nadzor cestnega prometa na takšen način bo omogočil pobiranje cestnega davka ter pomoč na cesti v primeru prometne nesreče. Komerčni odziv na izboljšano natančnost GLONASS sistema je v prodaji prenosnih napravah in mobilnih telefonih, ki podpirajo GLONASS-signal. (GLONASS, 2016)

Aplikacije GLONASS uporabljajo sistem GLONASS za določanje položaja, hitrosti in časa, ter se uporabljajo v vojaške namene, pri geodeziji in kartografiji, pri komunikacijskih in energetskih sistemih, pri spremljanju geodinamike, pri pomorski in cestni navigaciji, pri sledenju živali, oziroma varstvu okolja, za iskanje pogrešanih oseb, za zaščito in reševanje, itn. (GLONASS User Segment, 2011)



### 3.4 Ostali regionalni navigacijski satelitski sistemi

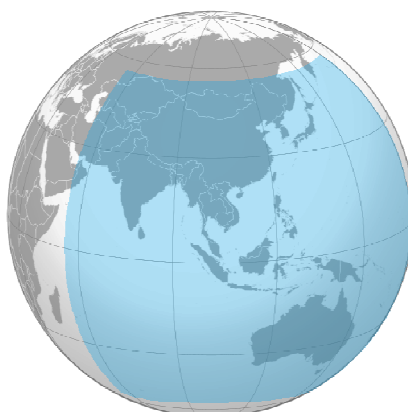
#### 3.4.1 BEIDOU

Beidou ali COMPASS je kitajski navigacijski satelitski sistem. Začetek sistema BeiDou sega v leto 1983, ko je bil sistem zamišljen kot navigacijska podpora kitajskemu pomorskemu prometu. Realizacija tega sistema je bila v sodelovanju z ZDA neuspešna, tako da je v začetku 21.stoletja Kitajska začela sama razvijati svoj navigacijski sistem. (Cvahte, 2010)

Kitajski navigacijski sistem je sestavljen iz dveh različnih konstelacij – regionalni sistem, ki je v delovanju od leta 2000, in globalnega satelitskega navigacijskega sistema, ki je trenutno v fazi razvoja. Prvo generacijo, sistem BeiDou-1, predstavlja konstelacija treh satelitov. Sistem ponuja omejeno pokritost tako, da deluje zgolj regionalno, torej na ozemlju Kitajske in sosednih regij.

Druga generacija BeiDou sistema, znana kot BeiDou-2 ali COMPASS, trenutno deluje kot regionalni kitajski navigacijski sistem. Konstelacija desetih satelitov je začela delovati leta 2011. Sistem je bil najprej omejen na vojaško in vladno uporabo, kmalu pa je dovoljena uporaba tudi za civilne, oziroma komercialne namene na področju Kitajske, delu jugovzhodne Azije in Pacifika. Uporabniki lahko dosežejo natančnost pozicioniranja do 10 metrov. (Beidou, 2016)

Tretja generacija, globalni sistem BeiDou bo v polni funkciji do leta 2020. Končni sistem bo vseboval 30 satelitov v treh orbitalnih ravninah ter pet geostacionarnih satelitov. Novi sistem bo pokrival celotno Zemljo in bo uporaben v civilne in komercialne namene ter za potrebe vojske. (Beidou, 2016)



**Slika 14: Pokritost sistema Beidou**

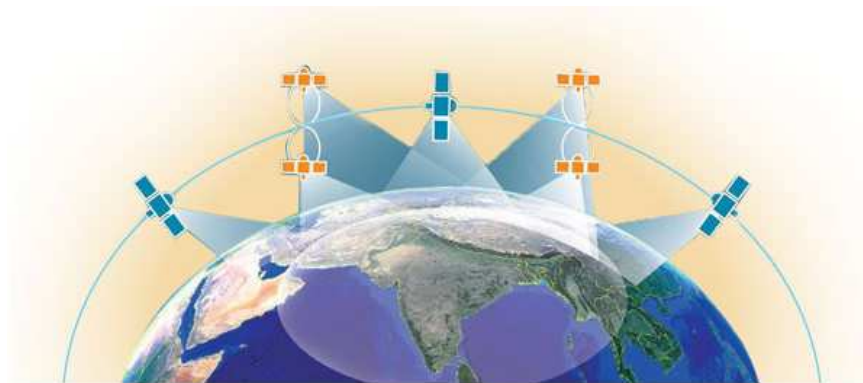
(vir: [https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System))

### 3.4.2 IRNSS

Indijski regionalni navigacijski satelitski sistem IRNSS (ang. Indian Regional Navigation Satellite System) ali NAVIC (ang. Navigation with Indian Constellation) je avtonomni regionalni satelitski navigacijski sistem, ki deluje na področju Indije in približno 2000 km okoli nje. Cilj sistema je popolna indijska kontrola tako, da bosta celoten sistem in oprema izdelana v Indiji.

V orbiti je trenutno sedem satelitov, ki krožijo na višini 36 000 km. IRNSS bo zagotavljal standardno natančnost navigacije slabšo od 20 metrov za civilne uporabnike ter visoko natančnost za pooblaščen uporabnike, vključno z vojsko. (IRNSS, 2016)

Oblikovanje podpornega satelitskega sistema GAGAN s strani Indijske vlade je spodbudilo razvoj IRNSS sistema. Sistem GAGAN izboljšuje natančnost določitve položaja na osnovi signala GPS. Uporaben je predvsem v zračnem prometu na indijskem območju. Omogočena bo navigacija ob letenju s trimetrsko natančnostjo ter lažje pristajanje letala v težkih vremenskih razmerah ali na nepreglednem terenu. (GPS Aided Geo Augmented Navigation, 2016)



**Slika 15: Konstelacija sistema IRNSS**  
(vir: <http://orbiterchspacenews.blogspot.hr/2015/03/pslv-c27-successfully-launches-irnss-1d.html>)

### 3.4.3 QZSS

Japonski kvazi-zenitni satelitski sistem QZSS (Quasi-Zenith Satellite System, jap. Jun-Tencho) je regionalni satelitski navigacijski sistem.

Leta 2002 je japonska vlada sprejela sklep o razvoju lastnega navigacijskega satelitskega sistema v sodelovanju z konzorcijem več kot 50 zasebnih podjetij, kot so Mitsubishi Electric, Hitachi, GNSS Technologies Inc. Leta 2007 je ta ideja propadla in projekt QZSS je prevzel SPAC (ang. Satellite positioning Research and Application Center) pod vodstvom japonske vlade. (QZSS, 2016)

QZSS sestavljajo trije sateliti, razmaknjeni za  $120^\circ$ , ki krožijo na višini od 32 000 km do 40 000 km nad Zemljo in se nahajajo v visoki eliptični orbitalni ravnini (HEO, ang. High Elliptical Orbit). V vsakem trenutku je, nad Japonsko, »viden« vsaj en satelit v bližini opazovalčevega zenita. Satelitski navigacijski sistem je kompatibilen in sooperativen z sistemom GPS. Namreč, za potrebe navigacije QZSS sateliti podpirajo navigacijo na osnovi sistema GPS. Sistem je v uporabi za navigacijo in mobilno komunikacijo. (Quazi-Zenith Satellite System, 2016)



**Slika 16: QZSS-sateliti v orbitalni ravnini**  
(vir: <https://www.e-education.psu.edu/geog862/node/1880>)

MSAS je japonski podporni satelitski sistem na področju Japonske. Sistem je v osnovi SBAS in deluje kot dopolnilo sistemu GPS ter omogoča informacijo o zanesljivosti in natančnosti položaja določenega na osnovi GPS-signalov. Sistem izboljša natančnost določitve položaja do 2 metra. (MTSAT, 2016)

#### 4 UPORABA GNSS

Razvoj satelitske tehnologije zelo vpliva na razvoj vseh sektorjev gospodarskih in negospodarskih dejavnosti. Vsako leto se stopnja rasti trga aplikacij in storitev, vezanih uz satelitsko navigacijo, povečuje. Pomen navigacijskega satelitskega sistema najboljše dokazuje uporaba vesplošnega znanega sistema GPS, ki je v uporabi v številnimi prometnimi panogami – v zračni ali pomorski navigaciji, železniškem in cestovnem prometu. Natančna satelitska navigacija je bila najprej mišljena za vojaške potrebe in za ta namen sta razvita dva delujoča sistema GNSS, GPS in GLONASS. Sistem GPS, katerega nenehano nadgrajujejo in posodablajo je z leti začel zagotavljati storitve tudi civilnim uporabnikom in sedaj je resna konkurenca evropskemu sistemu Galileo v izgradnji. Če Galileo nebi zaživel, bi bila Evropa povsem podrejena ameriški strani tako pri transportu, obrambi in številnih drugih dejavnostih. (Galileo, 2016)

- LBS – Location based service

Integracija storitve LBS v mobilne telefone, prenosne ali tablične računalnike in podobne naprave je en od je eden od temeljev širitve trga pametnih telefonov in tabličnih računalnikov. LBS omogočajo osebno navigacijo oziroma ugotavljanje položaja oseb ali predmetov. Storitve je najpogosteje uporabna pri iskanju naslovov, možnostih iskanja najbližje trgovine, bankomatov in podobnega, pri mobilnem oglaševanju na podlagi lokacije, itn. (Holc, Senekovič, 2013)

- Kmetijstvo in ribištvo

Satelitska navigacija v kmetijstvu pomeni uporabo satelitsko-navigacijskih senzorjev, posnetkov iz zraka ter drugih orodij za določanje optimalne gostote setve, gnojenja in ustrezne uporabe zaščitnih sredstev. Dodatna prednost je možnost sledenja živini v realnem času, kar pomeni kontrolo nad čredami. Sodobne tehnike omogočajo kmetom prihranek denarja, zmanjšanje njihovega škodljivega vpliva na okolje ter povečanje pridelka. Pri ribištvu je zagotovljeno zanesljivo in natančno pozicioniranje na morju ter bolj uspešno ribarjenje in navigacija ribiških plovil. (Cvahte, 2010)

- Energija, nafta in plin

Natančni sistemi lociranja so nepogrešljivi pri načrtovanju, gradnji in delovanju sodobnih energetskih sistemov in omrežij. Električna omrežja je treba nenehano spremljati v primeru okvare ali prenehanja delovanja je zelo pomembno da so instrumenti za spremljanje sinhronizirani z največjo natančnostjo. Podobno je v naftni ali plinski industriji. Natančno raziskovanje terena in določitev vseh geomorfoloških in geofizikalnih tveganj bo omogočilo večjo varnost pri delu z naftnimi vrtnami.

- Logistika, okolje, vreme

GNSS tehnologija je zelo uporabna za izvajanje znanstvenih raziskav Zemlje za potrebe meteorologije in geologije, hidrografije, kartografije in geodezije, iskanja naravnih virov, nadzora onesnaževalnih območij ali ledenih gor, itn. GNSS omogoča spremljanje sprememb v atmosferi, kar pomeni natančnejše vremenske napovedi, raziskave podnebja ali predvidevanje in napovedovanje potresov. Sledenje in določanje položaja zabojev, zabojnikov ali palet izboljšuje upravljanje dobavnih verig in upravljanje tovora za vse vrste prevoza. (GMES-Galileo, 2012)

- Civilna zaščita

Ob nesrečah je zelo pomembno hitro in natančno ukrepanje. V primeru nesreč velikokrat prenehajo delovati skoraj vse komunikacijske naprave. Z pomočjo GNSS bo možno hitrejšo iskanje morebitnih žrtev ter odpravljanje posledic nesreč. (GMES-Galileo, 2012)

- Bančni sistemi in zavarovanje

V današnji informacijski družbi so varnost, celovitost podatkov, verodostojnost in zaupnost najpomembnejša vprašanja v izmenjavi elektronskih dokumentov in datotek. Certificirani časovni žig je digitalni zapis, ki zagotavlja podpis dokumenta z veljavnim digitalnim potrdilom v določenem časovnem trenutku, ter se uporablja pri elektronskem bančništvu, e-poslovanju, zalogi transakcij. GNSS bo omogočil varovanje takih informacij z uporabo najnovejše tehnike za preverjanje pristnosti. (Sitsa, 2016)

- Šport

Številni športniki uporabljajo športne ure z GNSS-sprejemnikom, ki meri razdaljo, hitrost, čas, višino in ritem gibanja. Planincem pomaga pri natančnem določanju položaja ne glede na čas, višino ali vreme, možnost gibanja v popolnoma neznanem svetu, natančno usmerjanje k določenemu cilju, možnost spremljanja poti, določanja pomembnih točk, prikazovanja reliefa v 3D, itn. GNSS je zelo uporaben pri reševanju v gorah, predvsem na težko prehodnih območjih in v slabemu vremenu.

- Vojaška uporaba

Vojska je bila prva, ki je začela razvijati satelitsko navigacijo za različne naloge. Za vojaka in njegove nočne akcije je navigacija najpomembnejša, predvsem zaradi nepoznanega terena in pomanjkanja prepoznavnih zemeljskih točk. GNSS se uporablja tudi pri uničevanju ključnih tarč. Moderni sistemi oborožitve so zasnovani tako, da svojo trenutno pozicijo v realnem času določijo glede na GNSS podatke in z njimi popravijo smer leta da svoj cilj zadanejo čim bolj natančno. Reševanje in hiter odziv v krizi je še eno področje, kjer se GNSS izkaže za nepreceljiv pripomoček. (Mlakar, 2010)

Satelitski navigacijski sistem je uporaben v vseh oblikah prometa in transporta. Najbolj pogosta uporaba GNSS sistema v zraku se nanaša na letalsko navigacijo. Na morju je običajno zelo pomemben pri navigaciji v rekreativni navtiki ribolovu. (Mravinec, 2009)

- Letalstvo

Storitve GNSS so v letalski navigaciji prisotne že od samega začetka razvoja satelitske navigacije. GNSS zagotavlja natančnost vodenja v vseh fazah leta, od vzleta do pristajanja letala. GNSS-naprava namreč nenehano izračunava lokacijo letala. Ob souporabi dodatnih podpornih sistemov je tak izračun položaja letala zelo zanesljiv. Integracija sistema GNSS v helikopter omogoča povečanje natančnosti določitve višine in s tem olajša gorsko reševanje ali aktivnosti nujne medicinske pomoči ter pri navigaciji v slabših vremenskih razmerah. Jadralska letala tudi uporabljajo GNSS-navigacijo za izračun in za načrtovanje poti letenja. (Mlakar, 2010)

- Pomorstvo

Plovila lahko uporabljajo satelitsko navigacijo na jezerih, morjih in oceanih na celemu svetu. GNSS v pomorstvu je namenjen za nadzor in varnost pomorskega prometa, raziskovanja morja ter ribištva na odprtemu morju. V pomorskem prometu je nekaj sto tisoč zabožnikov že opremljenih z GNSS-napravami za sledenje in določanje položaja. (Zelena knjiga o satelitskih navigacijskih aplikacijah, 2006)

Velika prednost teh naprav je navigacija v pristaniščih in na prometnih vodnih potev v vseh vremenskih pogojih. Naprave vključujejo kartografske podlage v obliki pomorskih kart ter možnost označevanja zanimivih lokacij. Pomorski GNSS vključujejo tudi posebne oddajnike, ki oddajajo signal takoj, ko se na ladji pojavijo težave.

V naslednjem poglavju zaključnega dela bom predstavila principe navigacije GNSS v kopenskem prometu. GNSS je ključno orodje za kvalitetno upravljanje kopenskim prometom, bodisi cestnim bodisi železniškim. V obeh primerih zagotavlja varnost, zanesljivost ter natančnost določitve položaja.

GNSS v cestnem prometu obsega številne funkcije, od navigacije do elektronskega cestinjenja in nadzora prometa. Prav tako, omogoča številne aplikacije v železniškem prometu. (GMES-Galileo, 2012)

## **5 NAVIGACIJA GNSS V CESTNEM PROMETU**

### **5.1 Satelitska navigacija v cestnem prometu**

Satelitska navigacija je danes že zelo običajna tehnologija v vrstah cestnih vozil. Sateliti zagotavljajo edinstveno zanesljivo navigacijo v večjem delu sveta ter s tem zagotavljajo tudi možnost razvoja številnih drugih storitev v cestnem prometu.

Ena od osnovnih funkcij navigacijskega sistema v vozilih je določitev položaja vozila ter iskanje poti potovanja do zelenega cilja. Dostopnost navigacijskega sistema je možna s pomočjo satelitskih navigacijskih naprav, ki omogočajo določitev položaj vozila in njegove lege na cesti. Uporabniku omogočajo prikaz poti do določenega cilja.

Podatki GNSS v kombinaciji z elektronskimi kartami omogočajo lociranje in vodenje vozila na cesti. Usmerjanje po cesti s pomočjo satelitske navigacije je že ustaljen produkt, z vgrajeno napravo s strani proizvajalca vozil kot z neodvisno navigacijsko napravo. Večina teh naprav temelji na satelitskih navigacijskih sistemih, ki jih je mogoče združiti s senzorji, kot so števec prevožene poti ali žiroskop, za izračun poti v realnem času.

V primeru izgube satelitskega signala na območjih, kot so urbana središča ali tuneli, se položaj vozila ugotovi z uporabo navigacije na »slepo« (ang. Dead Reckoning). Ustrezni senzorji ugotavljajo položaj na podlagi zadnjega podatka o smeri, hitrosti oziroma dolžini poti ter časa premikanja. (Dead Reckoning, 2016)

### **5.2 Navigacijske naprave v cestnem prometu**

Navigacija v cestnem prometu se izvaja s pomočjo vgrajenih navigacijskih naprav v vozilih (ang. In-vehicle navigation device), s samostojnimi osebnimi navigacijskimi napravami (ang. Personal navigation device) ali z aplikacijami v pametnih telefonih, ki podpirajo tehnologijo GNSS.

Osebne navigacijske naprave (ang. Personal Navigation Devices) so prenosne naprave, ki omogočajo ali podpirajo tehnologijo GNSS za izvajanje aplikacij cestne navigacije. Sedanje osebne navigacijske naprave, omogočajo poleg cestne navigacije še prostoročni mobilni sistem, predvajanje multimedijskih vsebin - ponujajo različne igre, podporo zunanjim aplikacijam ter potovalne pripomočke, kot so svetovni

čas, pretvornik valut, itn. Z uporabo zvočnih navodil, uporabniku zagotavljajo natančno navigacijo in vse potrebne informacije.



**Slika 17: Osebna navigacijska naprava PND**

Glavni konkurenti osebnim navigacijskim napravam so navigacija s pametnimi telefoni in inteligentni sistemi v vozilih. Z večjo uporabo pametnih telefonov in boljšo dostopnostjo inteligentnih sistemov v vozilih, je trg osebnih navigacijskih naprav upadel. Prednost osebnih navigacijskih naprav je da so cenejše in prenosne, za razliko od sistemov v vozilih pa nimajo možnosti integracije za boljšo natančnost in zanesljivost delovanja. Po drugi strani, pa so pametni telefoni vsestranski, ampak ne ponujajo velike zanesljivosti navigacijskega sistema. (Personal Navigation Devices, 2011)

Osebne navigacijske naprave omogočajo dostop do zelene lokacije z vnosom naslova, koordinat ali izborom zanimive točke na karti. Zemljevidi, ki se uporabljajo v cestni navigaciji so redno posodabljeni, točni in zelo preprosti. Vsebujejo nazive ulic, cest, omejitve hitrosti, smeri in dr. Naprave ponujajo možnost povezave z internetom in pridobitev zemljevidov drugih držav ali regij.

Navigacijske naprave postajajo nekaj vsakdanjega tudi v avtomobilih nižjega cenovnega razreda, v dražjih modelih pa postaja vsakdanje, če je avto neposredno povezan s storitvami v internetnem oblaku. Navigacijske sisteme prve generacije vedno bolj nadomeščajo izdelki vedno bolj povezani z internetom in različnimi geolokacijskimi storitvami, ki odpirajo nove možnosti dejavnega obveščanja glede na lokacijo uporabnika. V nekaj modelih vozil je že vgrajen tako imenovan »head-up« zaslona, ki ključne informacije projicira kar na vetrobransko ali posebno steklo, tako da vozniku ni treba odmikati pogleda s ceste. Head-up zaslon je na voljo tudi kot samostojni izdelek. (Monitor, 2014)





**Slika 18: Head-up zaslon**

(vir: <http://www.northamericanmotoring.com/>)

Razvoj cestne navigacije: (GNSS Market Report, 2015)

1980 – sredi osemdesetih letih je na trg lansiran prvi pripomoček v cestni navigaciji, sistem Etak, ki je temeljil na navigaciji »na slepo« (ang. dead reckoning) in kartografskih podatkov shranjenih na kasetah

1990 – pojav prvih navigacijskih naprav, ki so temeljile na navigacijskem satelitskem sistemu GPS in na podlagi kart shranjenih na CDih

1998 – prve prenosne navigacijske naprave (PND), kot Garmin StreetPilot, ki je stal več 500 dolarjev

2000 – preboj navigacijskih naprav z zemljevidi shranjenimi na trdih diskih, ki vsebujejo funkcije kot so prikaz pravilnega voznega pasu in prometne informacije

2002 – podjetje Telenav razvija mobilno navigacijsko napravo z zunanjim GPS-sprejemnikom za Motorola Telephone

2007 – na trg pridel iPhone ter z njem razvoj številnih navigacijskih aplikacij

2011 – navigacija s pomočjo pametnih telefonov že prekaša sprejemnike GNSS

2013 – večje povpraševanje za sisteme v vozilih (ang. in-vehicle systems)

Navigacijski sistemi v vozilih predstavljajo konvergenco številnih različnih tehnologij, ki so na voljo že mnogo let ampak so bile nedostopne ali predrage za delovanje. Omejitve, kot so baterije, zaslon in zmogljivost procesorja, je bilo treba premagati, preden je prodaja navigacijskih naprav postala komercialno uspešna. (Automotive navigaton system, 2016)

### 5.3 Prometne informacije

Traffic Message Channel (TMC) je tehnologija uporabna na področju sporočanja informacij o prometnem in vremenskem stanju na cestah v realnem času. RDS-TCM je specifična aplikacija, ki oddaja digitalno informacijo s pomočjo običajnega radijskega oddajanja. Najbolj pogost sistem za sprejemanje in dekodiranje sporočil je navigacijski sistem z ustreznim sprejemnikom TMC. Ta ponuja in omogoča dinamično vodenje potovanja, z obveščanjem uporabnika cestne mreže o morebitnih dogodkih na cesti in s kalkulacijo ustrezne alternativne poti, da se lahko izognemo prometni nesreči in podobnim dogodkom.

En način implementacije te tehnologije je sistem ALERT, ki ponuja kompatibilen, kontinuiran in interoperabilen način obveščanja uporabnikov glavne cestne mreže Evropske Unije. Združuje področja nacionalnega in regionalnega delovanja RDS-TMC tehnologije z določenimi standardi, da uporabniki sprejemajo sporočila na vseh lokacijah v lastnem jeziku. ALERT skrbi za varnost voznikov in učinkovito delovanje v izrednih prometnih razmerah. (Traffic Message Channel, 2016)

### 5.4 Prednosti uporabe GNSS v cestnem prometu

Globalni navigacijski satelitski sistemi zagotavljajo hiter in natančen podatek o trenutnem položaju uporabnika. Z razvojem in združitvijo več sistemov GNSS, kot sta sistema Galileo in GPS, bo na voljo še boljše natančnost določitve položaja ter možnost povečanja zmogljivosti upravljanja prometa.

Razvoj cestnega prometa in avto industrije je prineslo tudi več zastojev in nesreč na cestah ter večje onesnaževanje okolja. Tehnologija GNSS omogoča storitve, ki omogočajo rešitev teh težav. Od vodenja vožnje po najbolj ekonomični poti do elektronskega cestninjenja, storitvi iskanja in reševanja ter zagotavljanja varnosti prevoza nevarnih snovi.

V cestnem prometu, uporaba GNSS lahko izboljša obstoječo storitev ali omogoča ustvarjanje nove. (EGNOS Portal, 2016)

Na primer, zaračunavanje cestnine je poenostavljeno z razvojem sistema elektronskega cestninjenja. Sledenje vozilom s pomočjo satelitov omogoča ustrezno zaračunavanje cestnine v odvisnosti od uporabe cest. Vozniku se ni treba ustavljati na cestninskih postajah. Sodobni sprejemnik GNSS na svojem zaslonu prikazuje pot od izhodišča do zelene destinacije, z možnostjo glasovne komunikacije.

Upravljanje voznega parka je omogočeno s pošiljanjem navigacijskih podatkov iz GNSS-sprejemnikov v vozilih na server podjetja. Uporaba sprejemnika GNSS zagotavlja bolj uspešno iskanje ukradenih vozil. Nadzor in vodenje prometa omogoča predvidevanje gneče in zastojev na cestah ter pravočasno reagiranje. Prav tako, če pride do okvare vozila bo pomoč hitreje na razpolago.

GNSS je lahko del naprednih sistemov za pomoč pri vožnji ADAS (ang. Advanced Driver Assistance Systems) in HUD (ang. Heads-up) projekcijskim zaslonom. Sateliti oddajajo signal za pridobitev informacije o položaju, medtem ko senzorji in računalnik v vozilu ugotavljajo vremenske in druge okoliščine. Pričakuje se da bo do leta 2020 vsaj polovica osebnih avtomobilov v Evropi uporabljala sistem ADAS.

Štern in Bešter (2014) menijo da se naprednim sistemom za pomoč v vožnji pridružujejo tudi uspešno preizkušeni koncepti samodejne vožnje in vsesplošne povezanosti med vozili samimi ter okoliško infrastrukturo v obliki kooperativnosti vozil (VANET, ang. Vehicular Ad Hoc Networks), ki predstavlja zasnovano daljnosežnega cilja popolne avtomatizacije prometa z odpravo prometnih nesreč in drugih negativnih posledic zaradi človeškega faktorja.

Pomembna je tudi uporaba sistemov GNSS s strani reševalnih služb in vozil nujne pomoči. Poleg klasičnega načrtovanja poti je možna tudi kombinacija satelitske navigacije ter dinamičnih prometnih sistemov da bi se lahko ustvaril zeleni val na semaforjih, da bi reševalne enote hitreje prispele do svojega cilja. (Galileo applications 2002)

Uporaba programa GNSS v cestnem sektorju obsega številne funkcije, od telematskih storitev do elektronskega pobiranja cestnine EFC (ang. Electronic Fee Collection) za avtoceste ali mestne ceste ter varnostnih aplikacij in plačila zavarovanja glede na uporabo.

Štern in Bešter (2014) večino storitev označujeta kot ekonomsko ali varnostno kritične, saj lahko pri njih začasno odstopanje od kvalitete povzroči večje ekonomske izgube ali ogrozi varnost udeležencev v prometu. Zato nekatere storitve v strojno arhitekturo vključujejo dodatne senzorje za zajem in obravnavo fizikalnih veličin, kot so pospeškometer, žiroskop, videokamera, LIDAR, itn.

Z razvojem navigacijskega satelitskega sistema Galileo, se razvijajo tudi "pametne" aplikacije in s tem GNSS postaja ključnega pomena pri načrtovanju novih ITS infrastruktur, ki temeljijo na komunikacijsko informacijski in elektronski tehnologiji. (GPS goverment, 2006)

## 5.5 Aplikacije GNSS v cestnem prometu

Aplikacije GNSS so danes uporabne tudi na področju transporta. Upravljanje prometa je izboljšano z uvedbo satelitskega cestinjenja in potovalnih informacij v realnem času, ki obveščajo voznika o zastojih na cestah. Aplikacije GNSS v cestnem prometu zagotavljajo različne ugodnosti za uporabnike, vključno z izboljšanjem produktivnosti in varnosti ter spremljanje operacij in blaga. (Road Applications, 2011)

Evropska vesoljska agencija (2015) deli GNSS-aplikacije za cestni promet na:

- Aplikacije za pametno mobilnost (ang. Smart mobility applications) ponujajo boljšo učinkovitost, uspešnost in udobnost cestnega prometa:
  - Navigacija
  - Upravljanje voznega parka
  - Nadzor in upravljanje cestnega prometa
- Aplikacije za varnosti v kritičnih situacijah (ang. Safety-critical applications) zagotavljajo natančno in zanesljivo navigacijo v primeru nevarnosti za ljudsko življenje ali okolje:
  - GNSS navigacija bo, v povezanih vozilih (ang. connected vehicle), integrirana z podatki, ki jih pošiljajo senzorji in komunikacijske tehnologije v inteligentne sisteme v vozilih, kar pomeni izboljšanje varnosti in udobnosti voznika
  - Prevoz nevarnih snovi ali stanje tovora je olajšano z uporabo navigacije GNSS
- Aplikacije z plačilno odgovornostjo (ang. Liability applications) so povezane z pravnimi in ekonomskimi obveznostmi:
  - Cestninjenje
  - Telematika zavarovanja vozil
- Regulirane aplikacije (ang. Regulated applications) uveljavljajo prometno politiko določeno z državno ali mednarodno zakonodajo:
  - eCall – klic v sili
  - sodobni digitalni tahometri omogočajo snemanje položaja določenega vozila na različnih točkah med delovnim časom

### 5.5.1 Navigacija na cesti

Satelitska navigacija v vozilih na cesti je še vedno ena od najbolj pomembnih aplikacij GNSS.

Običajno so karte in baze podatkov teh aplikacij lokalnega namena, ampak v nekaterih primerih je lokalna aplikacija podprta s spletnimi storitvami, ki zagotavljajo posodobitve baze podatkov, dodatne dinamične podatke kot so prometne informacije ali celo dele funkcionalnosti navigacije. Čeprav, navigacijske naprave ne potrebujejo dostopa do interneta, lahko ga izkoristijo za pridobitev prometnih informacij v realnem času. Dostop do interneta je možno pridobiti neposredno iz naprave, posebej v primeru uporabe pametnih telefonov.

Na trgu je na tisoče GNSS naprav, ampak večina jih deluje na istem principu. Najprej, uporabnik vnese želeno destinacijo. Potem, vgrajeni procesor, s pomočjo GIS sistema, izračuna nekaj različnih možnih poti, lahko tudi v skladu s trenutnimi prometnimi razmerami ter določi najbolj optimalno pot za uporabnika. Izbira parametrov za določitev optimalne poti je različna od naprave do naprave. Večina naprav lahko poišče najbližjo, najhitrejšo ali najzanimivejšo pot do destinacije glede na koordinate ali naslov. (Application of GNSS in Road Traffic and Construction, 2016)

Aplikacija uporablja ulične in cestne zemljevide za izračun najbolj optimalne poti v skladu s konfiguracijo in omejitvami na poti, npr. cestninjenje, ter uporabnika usmerja vizualno in glasovno po poti postopoma korak za korakom. Če uporabnik preusmeri ali zgreši predlagano pot, bo aplikacija preračunala in predlagala drugo možno pot. Aplikacije ponavadi vsebujejo podatkovne baze zanimivih točk (ang. Points of Interest) vključno z hoteli, restavracijami, bencinskimi postajami in drugimi podobnimi znamenitostmi.

Nekatere naprednejše funkcije, ki niso prisotne v vseh navigacijskih napravah so lahko indikator voznega pasu za pravilno usmerjanje v križiščih, včasih vključno z prikazom prometnih znakov, ter opozarjanje na prekoračeno hitrost, včasih vključno z lokacijami radarjev za meritev hitrosti.

Aplikacije navigacije na cesti ne potrebujejo visoke natančnosti tako, da sedanja natančnost civilnega signala GPS zadošča v večini primerov.

Aplikacije ponujajo dva različna prikaza karte cestišča: (Road Navigation, 2011)

- 2D prikaz karte:

Zemljevid je viden v dvo-razsežni obliki od zgoraj, ter se zavrti glede na smer premikanja.

- 3D prikaz karte:

Zemljevid je prikazan v simuliranih 3D dimenzijah nad cestiščem in usmerjen v smer gibanja.

Nekateri proizvajalci vključujejo tudi možnost uporabe satelitskih posnetkov ter 3D prikaza stavb in višinskih podatkov. Takšne naprave imajo tudi bogatejši vmesnik, ki omogoča lažjo zaznavo zanimivih točk ali razvrstitev na pravilni vozni pas.

Glavni ponudniki navigacijskih naprav za navigacijo na cesti so Garmin, TomTom in MiTAC.

### **5.5.2 Upravljanje cestnega prometa**

Zastoji na javnih cestnih omrežjih so v številnih državah vedno večji problem. Za bolj zanesljivo upravljanje prometa, potrebujejo prometni načrtovalci natančne, pravočasne in popolne prometne informacije. Tudi uporabniki potrebujejo kakovostne prometne informacije da bi lahko planirali in prilagodili svojo pot. S povečevanjem prometa, se je povečala tudi potreba po prometnih informacijah za lažje vodenje prometnega toka in zagotavljanje prometne varnosti. S pomočjo določenih prometnih informacij, se cestna infrastruktura lahko optimizira z usmerjanjem prometa in nadzorom prometnega toka. Aplikacija zagotavlja smernice poti v primeru prometnega zastoja, nesreč ali del na cesti. (Traffic Management, 2011)

Spremljanje in upravljanje prometa bo bistveno lažje, ko bo večina vozil opremljena s satelitskim navigacijskim sistemom in sistemom za vodenje. Na primer, ko se povprečna hitrost vozil na cesti zniža, bo nadzorni center predvidel gnečo na cesti in svetoval vozilom da izberejo drugo pot. Nekatere študije predvidevajo da se bo čas potovanja skrajšal za 10-20%. (Galileo Applications, 2002)

Običajno, prometne informacije zbirajo detektorji z induktivno zanko in video kamero, vgrajeni v cestah na določenih mestih. Takšne naprave ponujajo le informacije na svoji lokaciji. Uporaba tehnologije GNSS pri zbiranju podatkovnega toka vozil (ang. Floating car data) je drugačen koncept pridobitve prometnih podatkov v realnem času na celotnem cestnem omrežju. Vsako vozilo opremljeno z aktivnim mobilnim telefonom ali sprejemnikom GNSS deluje kot senzor na cestnem omrežju. Podatki o lokaciji, hitrosti in smeri gibanja ter vremenski podatki se pošiljajo v center za obdelavo podatkov, ki zbira in izloča uporabne informacije, kot so razmere v prometu in alternativne poti, ter jih distribuira med voznike na cesti. Podatkovni tok vozil je dopolnilni vir zelo kvalitetnih podatkov obstoječih tehnologij, ki bodo pomagali izboljšati varnost, učinkovitost in zanesljivost transportnega sistema. (Kočar, 2009)

Sistem upravljanja prometa se lahko integrira z drugimi aplikacijami, kot je satelitska navigacija, upravljanje voznega parka, satelitsko cestninjenje ali storitev nujne pomoči. (Traffic Management, 2011)



**Slika 19: Center za nadzor prometa**

(vir: [http://www.navipedia.net/index.php/Traffic\\_Management](http://www.navipedia.net/index.php/Traffic_Management))

Realnočasovni podatki o poteku prometa v cestnem omrežju so lahko v pomoč centru za nadzor prometa pri zmanjšanju zastojev in gneče na cestah. Vozniki so o spremembah in razmerah na cesti obveščeni preko elektronskih portalov nad cestiščem. Promet se lahko regulira s pomočjo semaforjev, z odpiranjem ali zapiranjem voznih pasov, ter z zagotavljanjem teh informacij prometnem informacijskem centru.

(Traffic Management, 2011)

### 5.5.3 Upravljanje in sledenje voznega parka

Z dostopnostjo mobilnih komunikacijskih tehnologij za natančno določanje položaja vozil kjerkoli na zemlji se vedno bolj zastrujejo zahteve po obvladovanju transportnih stroškov. To zahteva uvedbo sistemov za upravljanje voznega parka (ang. Fleet Management system). V transportu je v lokalnih okoljih, še posebno pa pri mednarodnih prevozih in pri večjem voznem parku, nepogrešljiva informacijska tehnologija. (Informator, 2004)

Sistem za sledenje in upravljanje voznega parka omogoča sledenje pošiljk, vozil in voznikov, prenos položaja vozila v dispečerski center ter prenos podatkov o vozilu in razmerah na poti. Sistem z optimizacijskimi algoritmi upravlja in usmerja vozila glede na optimalno izkoriščenost in najnižje stroške. Dvosmerna komunikacija med vozilom in dispečerskim centrom lahko poteka preko mobilnega omrežja GSM/GPRS ali preko satelitskega komunikacijskega omrežja in omogoča izmenjavo kratkih sporočil ter glasovno komunikacijo s centrom. Voznik lahko pošlje v dispečerski center podatke o razmerah med vožnjo in stanju tovora, ter lahko sprejema nove elektronske potne naloge. (Informator, 2004)

Sistem za sledenje je kombinacija brezžičnih tehnologij GNSS in GSM/GPRS, ki omogočajo sledenje vozil, oseb, sredstev, itn. Podatki o položaju se pošiljajo na strežnik ter se grafično obdelajo s pomočjo sistema GIS tako, da se prikaže položaj, vsako ustavljanje, prosti tek in prevožena razdalja.

GNSS se uporablja za spremljanje in sledenje blaga, razporejanje vozil ter nadzor in izboljšanje pravočasnega dostavnega procesa. Sodobno gospodarstvo je ozko povezano z upravljanjem tovarnega in voznega parka. Prosti pretok prevoza tovora je odvisen tudi od cestnega prometa. Sistemi za upravljanje voznega parka, ki temeljijo na tehnologiji GNSS se uporabljajo za pozicioniranje vozil (tovornjakov, avtobusov, policijskih vozil, taksijev) da bi optimizirali upravljanje z njimi, zmanjšali čas vožnje, izboljšali varnost in zmanjšali porabo goriva. (Road Applications, 2011)

GNSS-naprava je najbolj pomembna za ugotavljanje položaja vozila. Sistem za sledenje običajno uporablja različne načine sledenja, ki vključujejo sprejemnik GNSS: (Fleet Management and Vehicle Tracking, 2011)

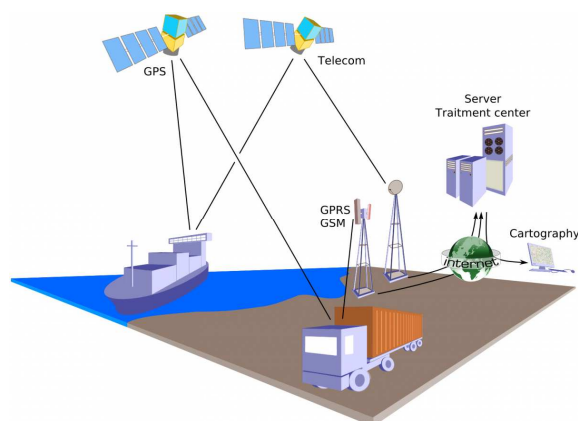
- Pasivno sledenje: sistem za sledenje pridobi položaj vozila s pomočjo GNSS-sprejemnika ter stanje vozila in morebitnega zabojnika. Podatki se zbirajo in shranjujejo ter se lahko analizirajo ko vozilo prispe na določen cilj.



- Aktivno sledenje: sledilna naprava, na osnovi podatkov GNSS-sprejemnika, pošilja svoj položaj preko brezžičnega komunikacijskega sistema v nadzorni center v rednih časovnih presledkih ali pod določenimi pogoji.
- Mobilno omrežje v realnem času: položaj in hitrost vozila se redno posredujejo preko mobilnega omrežja. Upravljalec dostopa do informacij s prijavo na spletni strani ponudnika storitve, ki zahteva plačilo mesečne naročnine.
- Satelitska navigacija v realnem času: podatki o položaju vozila se pošiljajo preko satelitov do ponudnika storitve, upravljalec lahko pride do podatkov, s prijavo na spletno stran, ob plačilu naročnine; gre torej za – t.i. spletno sledenje.

Upravljanje in sledenje voznega parka je sestavljeno iz OBU (ang. On Board Unit) naprave, ki vključuje tudi GNSS-sprejemnik in druge vrste senzorjev za spremljanje stanja vozila in tovora, ter v glavni strežnik pošilja podatke kot so zemljepisna dolžina in širina, prevoženi kilometri, odprta ali zaprta vrata, količina goriva, tlak v pnevmatikah, temperatura motorja, informacije o tovoru, itn. Voznikova konzola omogoča sporočanje in opozorila vozniku ko ne upošteva določen urnik in ustrezne postopke.

Digitalni tahograf je naprava vgrajena v tovorna vozila, avtobuse in druga vozila v voznem parku, ki omogoča registracijo voznika ter začetek in konec njegove izmene, prevoženo pot, merjenje časa, spremljanje voznikovih dejavnosti in stanja tovora (ustavljanje, nalaganje in razlaganje tovora, itn.). Glavni strežnik sprejema, shranjuje in objavljuje vse te podatke.



**Slika 20: Upravljanje voznega parka**  
(vir: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fleet\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Fleet_management))

Glavne prednosti aplikacij za upravljanje voznega parka in sledenje vozilom so izboljšana operativna učinkovitost voznega parka, izboljšana skrb za stranke, zmanjšanje tatvin, enostavno in pravočasno vzdrževanje vozil v voznem parku in uveljavljanje prometnih predpisov.

Nekateri od sektorjev, ki uporabljajo aplikacijo upravljanja in sledenja voznega parka so:

- javni sektor za odvoz smeti, vzdrževanje cest, taksi uporabljajo GNSS za optimizacijo poti, načrtovanje storitev ter hiter odziv
- reševalci in nujna pomoč – GNSS omogoča ugotovitev katero vozilo je najbolj primerno za odziv na nujni primer
- storitve "rent a car" – GNSS omogoča določitev najbližjega vozila za oddajo, spremljanje prevoženih kilometrov ter območje omejitve vožnje pri najemu vozila
- tovorni transport in distribucija – GNSS omogoča spremljanje tovora, zagotavljanje informacije o dostavi za stranke ter določitev najbližjega vozila za nenačrtovani sprejem tovora
- prevoz dragocenih ali nevarnih snovi – razen spremljanja v realnem času s pomočjo GNSS, vozilo je opremljeno z gumbom za klic v sili v primeru nesreče ali kraje
- javni prevoz – s pomočjo GNSS se lahko sledi voznemu parku in se na ta način zagotavljajo informacije za potnike

Poseben primer uporabe GNSS za upravljanje in sledenje voznega parka je prevoz živine. Evropa zahteva poseben navigacijski sistem za takšno vrsto prevoza, vključno z podatki o temperaturi v prostoru za živali, ali so vrata odprta ali zaprta ter drugimi opozorilnimi signali, da bi se zagotovil varen in hiter transport ter izboljšal počutje živali.

Ponudnikov sistema za upravljanje in sledenjem voznim parkom je že veliko. Eni omogočajo preprosto aplikacijo, drugi pa ponujajo celotno storitev z možnostjo najema opreme. (Fleet Management and Vehicle Tracking, 2011)

#### 5.5.4 Satelitsko cestninjenje

Uvedba evropskega GNSS programa omogoča novo metodo zaračunavanja pristojbine za uporabo določenih cest ali urbanih con v določenih obdobjih. Uporaba tehnologije GNSS pri elektronskem cestninjenju ima številne prednosti, saj omogoča prožen sistem z minimalno občestno infrastrukturo, kar pomeni preprosto in stroškovno učinkovito rešitev. Čeprav obstajajo tudi druge tehnike zaračunavanja cestnin, le uporaba satelitske navigacije omogoča najboljšo zanesljivost celotne storitve. (Zakon o cestninjenju, 2016)

Zaračunavanje cestnin na cestah ali v urbanih conah na osnovi GNSS pomeni da bo lokacija in smer vozila določena z uporabo satelitske navigacije ter na ta način se bo lahko odločalo o potrebnem zaračunavanju cestnine ter o višini pristojbine glede na prevoženo razdaljo.

Osnova sistema je naprava za cestninjenje OBU, ki uporablja tehnologije kot so satelitsko določanje položaja in brezžične komunikacije, ali preko mobilnega omrežja ali preko Wi-Fi, Bluetootha in DSRC sistema. Enota OBU se lahko zanaša tudi na satelitske dopolnilne sisteme EGNOS ali WAAS zaradi boljše natančnosti, celovitosti in razpoložljivosti. Nekatere enote vključujejo tudi algoritme, ki obravnavajo in zmanjšujejo vplive napak zaradi odboja signala (multipath). (Tolling, 2011)

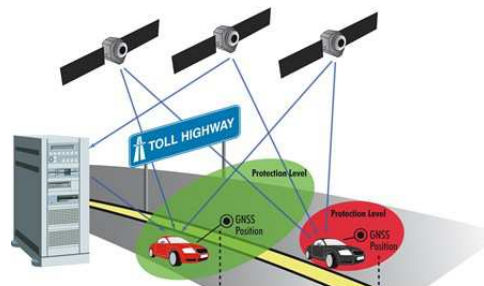
Naprava OBU ima naložen digitalni zemljevid celotnega cestnega omrežja s karakteristikami cestninskih cest, ceno cestnine za kilometer posamezne cestninske ceste in drugimi podatki potrebnimi za obračun cestnine, kot so razvrstitev vozila v cestninski razred po njegovih tehničnih in emisijskih karakteristikah, diferencijacija cestnine po času prevoza in vrsti cestninske ceste ter dejansko prevožena razdalja po posamezni cestninski cesti. Podatki se zbirajo v OBU napravi, ki sama periodično pošlje v operativni center seštevke vsot porabljenih cestnin. Sistem zagotavlja varovanje osebnih podatkov, saj je celoten izračun in zbiranje porabljenih vsot na OBU napravi v vozilu, prav tako so pa vzpostavljeni enkripcijski mehanizmi pri prenosu podatkov od enote v vozilu do komunikacijskega strežnika, oziroma operativnega centra. Sistem upošteva načelo ena enota na vozilo in ena pogodba na uporabnika ter zagotovljena enaka kvaliteta storitve na celotnem omrežju cestninskih cest. (Viapan, 2016)

Obračun cestnine se izvede na podlagi prevoženih segmentov cestninske poti. Ob tem se upoštevajo vsi preddefinirani podatki, ki so prednaloženi na OBU napravo in služijo za natančen izračun cestnine. Tisti podatki so kategorija cestninske ceste, cestninski razred vozila (kategorija vozila, število osi), časovno obdobje uporabe ceste (dnevna ali nočna tarifa), emisijski razred vozila, itn. V primeru predplačniškega načina cestninjenja, ko je na napravi OBU vnaprej naloženo dobroimetje, se bo vsota porabljenih cestnin

periodično odštevala od dobroimetja. V primeru pogodbenega razmerja s cestninskim operatorjem, bo ta uporabniku izstavljal račun za vsoto porabljene cestnine v obračunskem obdobju. V primeru pogodbenega razmerja z izdajateljem plačilnih kartic, kot jih bo določil cestninski operater, bo izdajatelj kartic porabljene vsote cestnine zaračunal uporabniku prek zbirnega računa vseh nakupov s plačilno kartico. (Viapan, 2016)

Postopek elektronskega cestninjenja: (Tolling, 2011)

- določitev položaja, hitrosti in časa vožnje na podlagi podatkov GNSS
- določitev uporabe prevožene ceste in časa vožnje po tej cesti
- izračun cene za uporabnika ali lastnika vozila
- plačilo cestnine



**Slika 21: Prikaz satelitskega cestninjenja**

(vir: <http://www.itsinternational.com/categories/charging-tolling/features/improving-the-positional-accuracy-of-gnss-road-user-charging/>)

Cilj tovrstne aplikacije je pravilen izračun cestninske pristojbine z visoko uporabno vrednostjo, kar je sprejemljivo za institucije in za uporabnike.

Leta 2004 je sprejeta interoperabilnost direktive 2004/52/EC s strani Evropske Unije in predpisan razvoj in uvedba evropskega elektronskega cestninjenja EETS z uporabo tehnologije GNSS. (Tolling, 2011)

Končni cilj Direktive 2004/52/ES je namreč uvesti plačevanje po načelu »plačaj, kolikor prevoziš«, prav tako pa naj bi vseevropsko delujoči sistem omogočal cestninjenje vseh vrst plačljivih cest, vključno z viadukti, predori in drugimi objekti. Novim cestninskim sistemom naj bi bilo možno plačevanje cestnine brez oviranja in ustavljanja, poleg tega bi z isto napravo lahko plačevali cestnino na vseh evropskih cestah, ki bodo opredeljene kot cestninske ceste. Direktiva 2004/52/ES dopušča uvedbo obeh najpogosteje preučevanih tehnologij, in sicer tehnologije mikrovalov kratkega dosega (DSRC) ter sistem na osnovi satelitskega določanja položaja vozila in prenosa podatkov po zmogljivih brezžičnih komunikacijskih omrežjih (GNSS/CN2) – za slednje se pogosto uporablja kar izraz satelitsko cestninjenje. (Podrobnejše pojasnilo poročila za javnost, 2011)

### 5.5.5 Telematika avtomobilskega zavarovanja

Telematika je pojem, ki predstavlja kombinacijo informacijske in telekomunikacijske tehnologije, ki omogoča pošiljanje in prejemanje podatkov oziroma komunikacijo med voznikom (vozilom) in ponudnikom storitve.

Telematika se v zavarovalništvu izredno hitro razvija in ima pozitivne učinke tako na varnost v cestnem prometu, hkrati pa ponuja možnosti za razvoj novih, boljših ter drugačnih zavarovalniških in asistenčnih storitev. Nove tehnologije prinašajo koristi tudi zavarovancem, saj bodo ti deležni pravičnejše premije. (Drajv, 2016)

Telematika se na področju zavarovalništva lahko izvaja z vgradnjo »črne skrinjice« v vozilo. Vsebuje merilnik pospeškov, SIM kartico in GNSS-sprejemnik, ki zbira podatke o času, kraju, smeri in hitrosti vožnje. S pomočjo telematike lahko zavarovalnica natančno prouči zavarovančeve vozniške navade in jim prilagodi zavarovalno premijo. Z analizo sloga vožnje s pomočjo telematske naprave lahko voznik dobi priporočila za varnejšo vožnjo. Na podlagi podatkov lahko sklene zavarovanje, katerega je cena odvisna od števila prevoženih kilometrov. Telematska naprava lahko ob prometni nesreči samodejno obvesti center za pomoč, ki lahko na kraj nesreče usmeri reševalce. Sočasno je o nesreči obveščena tudi zavarovalnica, ki lahko takoj začne reševati škodni primer. Omogoča tudi, da center za pomoč uporabnikom pokliče sam voznik, ki potrebuje pomoč. Bolj napredne naprave lahko s podatki pomagajo tudi pri rekonstrukciji prometne nesreče in ugotavljanju krivde. Telematska naprava je ena od varnostnih naprav proti kraji vozila in omogoča izsleditev, če je vozilo ukradeno.

O tem, kako tvegan voznik je nekdo, se zavarovalnice odločajo na podlagi izkušenj. Zato je zavarovalna premija višja, če vozilo uporablja mladi voznik. S uporabo telematske naprave, mladi voznik lahko dokaže zavarovalnici da je podpovprečno tvegan voznik in zavarovalnica mu potem zniža premijo.

Prednost telematike je v predvsem v možnosti segmentiranja vzornih voznikov, lažji rekonstrukciji škodnega dogodka in preprečevanju goljufij. Telematika pomembno vpliva tudi na vedenje voznikov.

V Evropi je uporaba telematike v okviru avtomobilskega zavarovanja najbolj razširjena v Italiji, kjer se osredotoča predvsem na zmanjševanje količine škodnih dogodkov. V Sloveniji je prva tovrstna mobilna aplikacija DRAJV novost na trgu. Aplikacija s pomočjo GNSS-signala in senzorjev v pametnem telefonu spremlja upoštevanje hitrostnih omejitev, prekomerne sile pri pospeševanju, zaviranju in vožnji v ovinek, na podlagi zbranih podatkov pa poda oceno varnosti vožnje. Aplikacija je primerna za vse voznike, še posebej pa za voznike začetnike, katere spodbuja da razvijejo navade za varno in odgovorno vožnjo.

### 5.5.6 Inteligentni sistemi v vozilih

Varnost v cestnem prometu je v veliki meri odvisna od človekovih sposobnosti, od katerih so najbolj pomembne vidne in slušne sposobnosti, saj se preko njih spremlja neposredno dogajanje v prometu. Tako se lahko v primeru nenadne nepredvidene nevarnosti nekateri vozniki hitro zmedejo in posledica tega je dolga ali nepravilna reakcija s posledicom prometne nesreče. Da bi se izognili tem situacijam lahko s svojim delovanjem pomagajo IVS (ang. In-vehicle system). Zaradi smrtnih žrtev in ostalih posledic v prometu, se uz uporabo IVS poskušajo eliminirati vzroki, zaradi katerih najpogosteje prihaja do prometnih nesreč ali pa s pasivnimi sistemi varnosti omiliti njegove posledice. Storitve, ki povezuje inteligentne transportne sisteme in inteligentne sisteme v vozilih, je v točki naprednih sistemov za nadzor v vozilih. Napredni sistemi za nadzor v vozilih lahko varujejo voznika, aktivno pomagajo pri vožnji, opozarjajo ga na neposredne tvegane situacije ali pa fizično preprečijo nadaljnjo nevarno vožnjo.

Glede na način zagotavljanja varnosti v prometu, IVS lahko razdelimo na aktivne in pasivne sisteme varnosti, napredne sisteme za asistenco vozniku ter združene aktivne in pasivne sisteme varnosti. (Umbrecht, 2009)

#### 5.5.6.1 Napredni sistemi za pomoč vozniku ADAS

ADAS (ang. Advanced Driver Assistance Systems) so sistemi, ki vozniku pomagajo pri njegovem procesu vožnje. Projekt Evropske Komisije je zelo pomemben za avtomobilsko industrijo, saj sistemi ADAS pomagajo vozniku zagotoviti varno, udobno in ekonomično vožnjo. Tipične aplikacije ADAS so tempomat, pomoč pri menjavi voznega pasu, asistenca za ohranjanje smeri vožnje, asistenca za boljšo vidljivost ponoči, sistem za ugotavljanje utrujenosti voznika, opozorilnik na prekoračitev hitrosti, nadzor tlaka v pneumatikah, prilagodljivi žarometi, asistenca pri vožnji skozi križišče, interni alkotest. (Advanced Driver Assistance Systems, 2016)

Vožnja na cestah z visoko omejeno hitrostjo postane monotona in dolgočasna, voznik postane nezbran in tako lahko hitro pride do prometne nesreče. Za preprečevanje nesreč so tako primerne predvsem naprave, ki zmorejo pravočasno zaznati nevarnosti ali nanje opozoriti voznika ali samodejno reagirati. Prilagodljiv tempomat lahko samodejno vzdržuje nastavljeno hitrost vozila glede na hitrost vozila pred seboj, brez da bi voznik držal nogo na pedal za plin. Osnova tempomata je radar, ki ob pomoči elektronske nadzorne enote zaznava relativno hitrost vozila v katerem se nahaja glede na vozila pred seboj.

Voznik nastavi želeno hitrost in varnostno razdaljo do predhodnega avtomobila na istem voznem pasu. Na takšen način tempomat stalno vzpostavlja primerno varnostno razdaljo. Voznik mora paziti le na to da vozi po svojem voznemu pasu. (Umbrecht, 2009)

Vozilo lahko zmanjša hitrost v primeru slabe vidljivost zaradi slabih vremenskih razmer ali, če se vozilo prehitro približa ozkem ovinku. Kombinacija Galileo z drugimi sistemi GNSS bo omogočila pridobitev zelo natančnih podatkov o položaju vozila. Do konca leta 2020 bo večina vozil evropske proizvodnje vsebovala sistem ADAS. (Galileo applications, 2002)

ADAS deluje s pomočjo informacij pridobljenih s senzorji, ki opazujejo okolico vozila in podatkov pridobljenih s pomočjo navigacijskih zemljevidov.

Uporaba sistema GNSS pri ADAS je mogoča ker navigacijski zemljevidi že obstajajo in navigacija že izvaja pozicioniranje vozila na zemljevidu. Aplikacija GNSS potrebuje samo zemljevid okolice vozila, ki se imenuje ADAS horizont. ADAS horizont mora biti izdelan tako, da zazna vse možne poti vozila neodvisno od načrta poti. (Brodnik, 2007)

Zemljevid ADAS vsebuje cestne omejitve hitrosti, prometne znake, informacije o cestovnih pasovih, semaforje, srečanje s soudeleženci v prometu, opozorilo na kraje kjer se dogaja veliko nesreč, položaj bankin in pločnikov, cestni gradient, itn. (Brodnik, 2007)

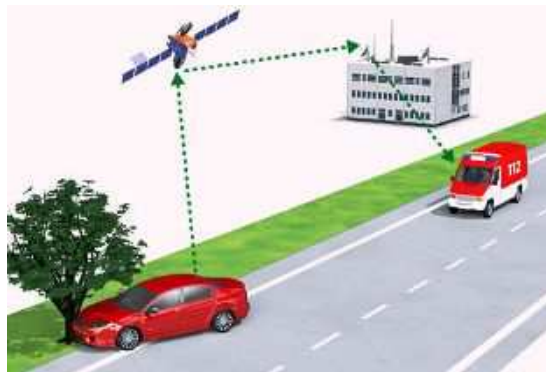
Prednosti sistema ADAS so večje udobje in varnost na daljših vožnjah, avtomatsko in varno pospeševanje in upočasnjevanje na avtocestah in glavnih cestah, hitrost vozila je mogoče nastaviti v skladu z omejitvijo hitrosti ter razbremenitev voznika. Do konca leta 2020 bo večina vozil evropske proizvodnje vsebovala sistem ADAS. (Umbrecht, 2009)

### **5.5.7 Storitve nujne pomoči**

V avtomobilskih nesrečah, je eden od najpomembnejših dejavnikov pri reševanju življenj, hiter odziv nujne medicinske pomoči. Prometna nesreča in upravljanje v nujnih primerih je načrtovan in vsklajen postopek za odkrivanje, odziv ter odstranjevanje ostankov prometnih nesreč da bi promet lahko potekal naprej. (Emergency Services, 2011)

Uporaba sistema GNSS omogoča hitrejši in boljši odziv reševalnih enot ter učinkovito storitev. Reševalne enote sprejmejo natančen položaj vozil in s pomočjo sistema za upravljanje voznega parka izberejo primerno reševalno vozilo dani situaciji.

Zelo pomembna aplikacija bo omogočala sledenje in vodenje reševalnih in interventnih vozil. V kombinaciji z dinamičnimi prometnimi informacijami, bo rešilec, ob uporabi GNSS-sprejemnika, hitreje dosegel svoj cilj. Prometni nadzorni center lahko upravlja s semaforji na cestah in s tem pospeši hitrost nujnih vozil. (Emergency Services, 2011)



**Slika 22: Prikaz reševanja pri prometni nesreči**

(vir: <http://www.qashqaiforums.co.uk/viewtopic.php?f=21&t=1915>)

V tehničnem smislu, ti sistemi temeljijo na napravah, ki so podobne napravami za sledenje vozil, ampak vsebujejo možnost sprožitve klicev v sili. Takšne naprave so uporabne za vozila nujne pomoči ker se lahko združijo z drugimi sistemi GNSS v vozilih, kot so navigacijski sistem, sistem upravljanja voznega parka ali sistem satelitskega cestninjenja. Lahko so tudi nadgrajene z senzorji trčenja, prevračanja vozila ali aktiviranja airbag-ov v vozilih. Glede na podatke, ki jih senzorji sprejmejo, se lahko samodejno sproži zahteva za posredovanje nujne pomoči. Sistem klica v sili je ponavadi integriran z prostoročnim mobilnim omrežjem ali z možnostjo video klica za lažjo komunikacijo med ponesrečenci in reševalnimi enotami. Torej, obstajata dva načina sprožitve klica v sili, oziroma ročni, ki se izvaja pritiskom na gumb v vozilu ali avtomatski, ko senzorji zaznajo trčenje in samodejno sprožijo klic v sili. (Emergency Services, 2011)

Glavne iniciative na tem področju so:

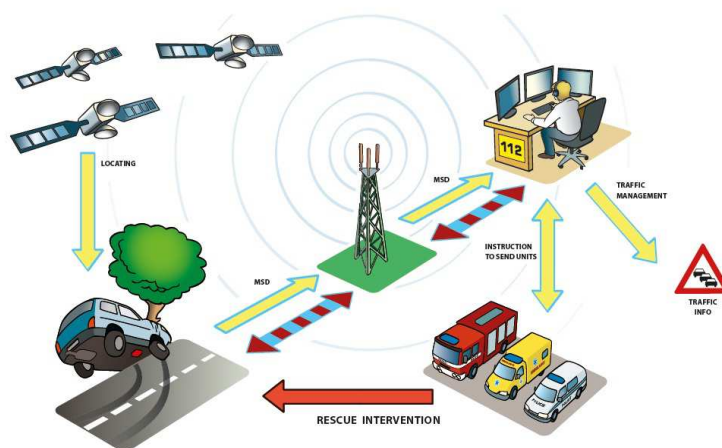
- Enhanced 911 – številka za klic v sili na področju ZDA
- E112 – izboljšana različica 112 številke za klic v sili na območju Evrope. EU direktiva zahteva mobilno omrežje za zagotovitev natančnega položaja klica v sili.
- eCall – projekt Evropske komisije je namenjen hitrem odzivu reševalnih enot pri prometnih in drugih nesrečah na območju Evropske unije



Nekateri proizvajalci avtomobilov, kot so BMW, Ford, Toyota so že uvedli storitev klicev v sili. Poleg nujne storitve zagotavlja tudi, pomoč na cesti in zaščito proti kraji vozila. (Emergency Services, 2011)

### 5.5.7.1 eCall

Direktiva 2010/40/EU z dne 7. julija 2010 o okviru za uvajanje inteligentnih prometnih sistemov v cestnem prometu in vmesnike do drugih vrst prevoza je opredelila kot enega od šestih prednostnih ukrepov, za katere bo treba določiti zavezujoče specifikacije, usklajeno zagotavljanje mednarodne vseevropske storitve eCall. V juniju 2013 je Evropska komisija sprejela dva predloga, da bi zagotovila, da bodo do oktobra 2015, avtomobili samodejno poklicali nujno pomoč v primeru hude nesreče. Ta zakonodaja bo zagotovila, da bodo vsi novi modeli osebnih avtomobilov in lahkih tovornih vozil opremljeni s storitvijo 112 eCall. Zgrajena bo tudi potrebna infrastruktura za ustrezno prejemanje in obravnavanje klicev eCall v centrih za odzivanje na klice v sili - zagotavljanje združljivosti, medpravnosti in kontinuitete vseevropske storitve eCall. (Poročilo komisije Evropskemu parlamentu in svetu, 2014)



Slika 23: eCall

(vir: <http://www.czechspaceportal.cz/en/section-7/event-calendar/national-workshop-on-ecall-112---saving-lives-through-in-vehicle-communication-technology.html>)

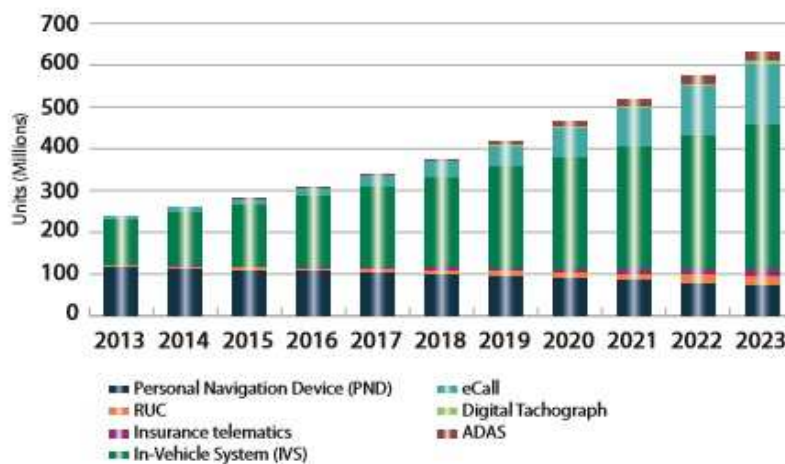
Klic eCall se sproži samodejno, takoj ko senzori v vozilu zaznajo hudo trčenje. Nato pokliče evropsko številko za klic v sili 112, vzpostavi telefonsko povezavo s PSAP (ang. public safety answering points) centri za pomoč ter reševalnim službam posreduje podatke o nesreči, med drugim o času nesreče, točni lokaciji udeleženega vozila in smeri potovanja.

Sistem eCall bo izboljšal prometno varnost, hkrati pa bo znatno zmanjšal zastoje zaradi nesreč in preprečil naknadne nesreče, ki jih povzročajo nezavarovana prizorišča nesreč. Koristi bo imela tudi industrija oziroma mnoga podjetja, ki dobavljajo tehnologijo in sestavne dele ter opravljajo storitve, potrebne za različne elemente tega sistema, vključno z avtomobilskimi sistemi, brezžičnim prenosom podatkov in sistemi v centrih za obveščanje. Pričakuje se tudi, da bi se avtomobilska oprema, ki bo vgrajena zaradi sistema eCall, lahko uporabljala za dodatne storitve (npr. sledenje ukradenim vozilom). (Evropska komisija, Sporočilo za medije, 2013)

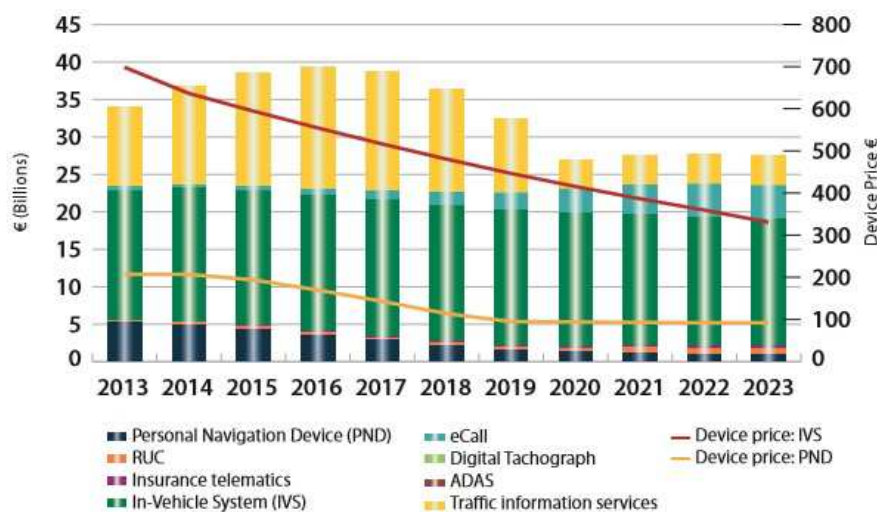
## **5.6 Trg GNSS-aplikacij v cestnem sektorju**

Od leta 2008, z uspehom osebnih navigacijskih naprav PND-jev, se je letna proizvodnja GNSS-sprejemnikov ustalila na 50 milijonov enot. V zadnjih nekaj letih, so telefoni prevzeli tržišče osebnim navigacijskim napravam. To je posledica tega je izboljšane zmogljivosti GNSS-sprejemnikov (AGNSS in multiozvezdje), uvedba podpornih tehnologij in senzorjev (dead-reckoning), postopno povečanje velikosti zaslona in navigacijske aplikacije s samodejno posodabljavajočimi se zemljevidi. Zmanjšano prodajo osebnih navigacijskih naprav nadomestila rast prodaje navigacijskih sistemov vgrajenih v vozila (IVS), ki se je od leta 2009 do 2013 povečevala po 11% na leto. Takšna rast je omogočila mnoge poslovne priložnosti vezane na IVS kot platformo za navigacijo "povezanih" vozil, pa še druge storitve GNSS, ki uporabniku omogočajo udobje in varnost. V letu 2013 so dodatne aplikacije GNSS, kot je satelitsko cestninjenje, telematika zavarovanj vozil in eCall omogočile prodajo 3 milijonov dodatnih GNSS enot. (GNSS Market Report, Road, 2015)

Poleg komercialnih aplikacij, tudi aplikacija telematike avtomobilskega zavarovanja beleži svojo rast. Do leta 2020 je pričakovana prodaja do 5 milijonov telematskih naprav. (GNSS Market Report, Road, 2015)  
Iz grafikonov evropske vesoljske agencije o poročilu trga aplikacij GNSS je viden porast vgrajenih inteligentnih sistemov v vozilih IVS in padec njihove cene na trgu do leta 2023.

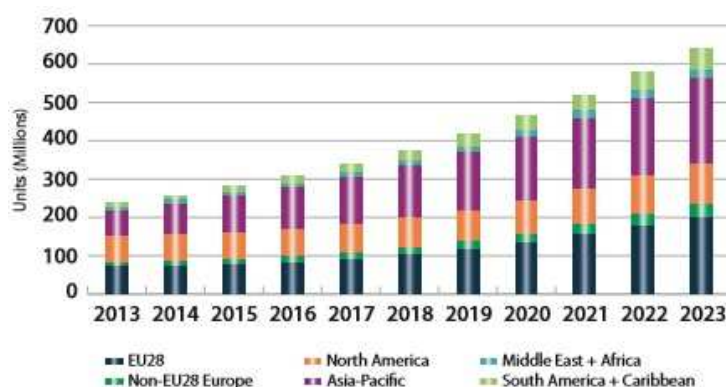


Slika 24: Aplikacije GNSS v cestnem prometu na GNSS-napravah  
 (vir: GNSS Market Report, 2015)



Slika 25: Prihodki od prodaje in storitev aplikacij GNSS  
 (vir: GNSS Market Report, 2015)

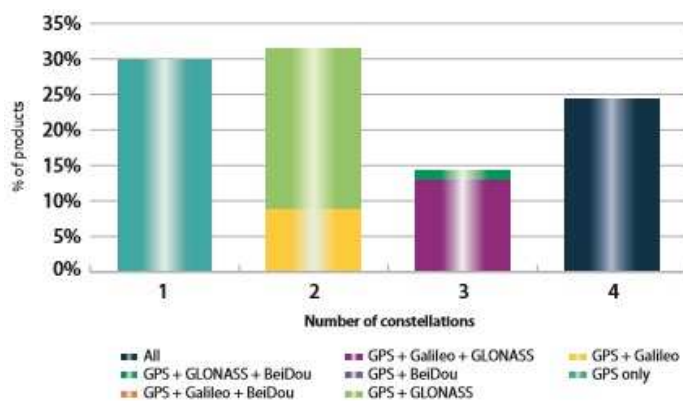
V svetovnem merilu, cestni prometni sektor je eden od največjih in najbolj dinamičnih potrošniških trgov, ki predstavlja veliko poslovno priložnost za razvoj aplikacij GNSS. Do leta 2023 je predvideno da bo na svetovnem trgu prodano 620 milijonov GNSS-sprejemnikov, kar pomeni obetavnost prihodnosti evropskega satelitskega navigacijskega programa. (GSA The Road Segment, 2015)



Slika 26: Prodaja GNSS-sprejemnikov po regijah

(vir: GNSS Market Report, 2015)

Z razvojem aplikacij je prišlo do prodora sistemov GNSS v Evropski uniji za več kot 100%. Obstoječe storitve bodo podprte z eno samo, široko uporabno enoto GNSS. Potreba za bolj učinkovite rešitve in ekonomsko rast je prinesla komercializacijo multi konstelacije in multi frekvence v GNSS-sprejemnikih. Dodatne možnosti za rast je tudi povezava GNSS z drugimi segmenti, kot so lokacijsko podprte storitve ter povečanje uporabe aplikacije na mobilnih telefonih.



Slika 27: Konstelacije satelitov sistemov GNSS podprte v GNSS-sprejemnikih

(vir: GNSS Market Report, 2015)

Zaradi načela določanja položaja z metodo GNSS, meritve, ki so pod močnim vplivom delovnega okolja ter potrebe po zagotovitvi ustrezne zmogljivosti opreme, je razvoj področja standardov in certifikatov bistvenega pomena tako za proizvajalce teh naprav kot tudi ponudnike storitev, predvsem pri varnostno občutljivih aplikacij. Cilj je priprava postopkov za vzpostavitev zmogljivosti sistemov cestnega prevoza, ki temeljijo na GNSS sistemu. Razvoj takšnih standardov bo zagotovo imelo pozitiven učinek na prihodnost razvoja inteligentnega prometnega sistema v cestnem prometu in zagotavljanje brezhibnega delovanja storitev GNSS. (GNSS Market Report, Road, 2015)

## 6 NAVIGACIJA GNSS V ŽELEZNIŠKEM PROMETU

### 6.1 GNSS v železniškem prometu

V zadnjih tridesetih letih so železnice postale praktično najmanj zanimivo prevozno sredstvo, ki je iz leta v leto izgubljal delež na trgu transporta. Revitalizacija železnic je zato ena izmed priorit et Evropske unije. Polno delovanje evropskega GNSS sistema Galileo bo postal pomemben del nadzora in varnosti železniškega prometa. Visoke zahteve po varnostnih nadzorih lahko dosežemo z integracijo GNSS sprejemnikov in ostalih merilnikov, kot so odometri, giroskopi in podobno. Uporaba GNSS sistema predstavlja zaradi velikosti železniške infrastrukture in številne železniške suprastrukture veiko potencialno področje uporabe v železniškem prometu. Sledenje tovoru, nadzor vagonov, lokomotiv, signalna varnost, informacije uporabnikom transportne storitve, usklajenost z ostalimi vrstami transporta so najpomembnejša področja uporabe za železniški promet.

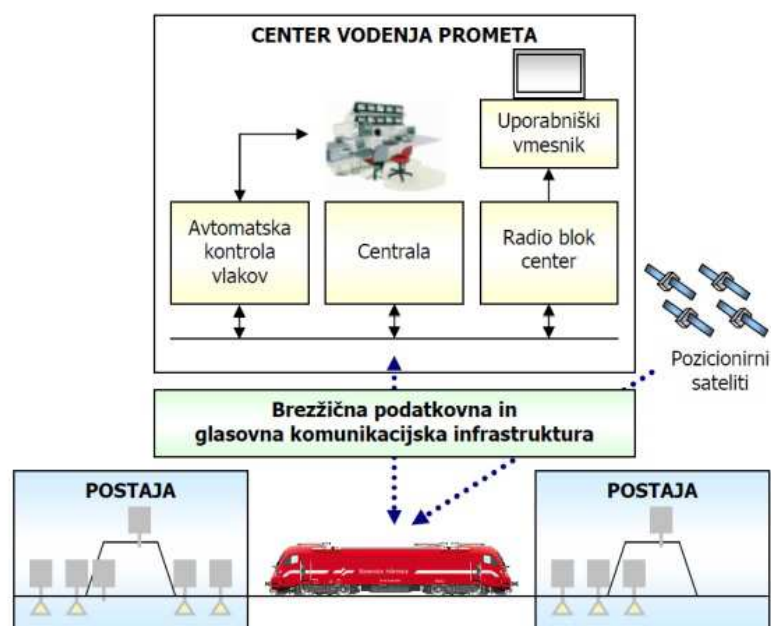
Za določanje položaja vozil se danes uporabljajo satelitske tehnologije, senzorske tehnologije in kombinacija obeh. Splošno je uporaben satelitski navigacijski sistem, ki omogoča natančnost položaja nekaj metrov. (Cvahte, 2010)

Železniški sektor uporablja satelitsko navigacijo pri nadzoru in upravljanju železniškega prometa. S tem bi odpravil tehnične ovire, ki danes preprečujejo neoviran železniški promet med državami. Satelitska tehnologija tudi omogoča nepretrgan prenos podatkov, avtomatsko sledenje vozil in satelitsko določanje položaja. Vse te prednosti, ki jih omogoča satelitska tehnologija, bi železniškem prevozniku omogočila predvsem pravočasno, zanesljivo, kakovostno in učinkovito prevozno storitev. Za nadzor in upravljanje železniškega prometa je nujna stalna in popolna pokritost železniških tirov s satelitskim signalom najmanj štirih satelitov. Težave se začnejo, ko je potrebno satelitom določiti položaj vlaka na manj kot meter natančno. Ker predvidena kvaliteta storitve sistema GNSS ne zadošča železniškim zahtevam, predvsem pri varnostnih aplikacijah, nadzoru in vodenju prometa, je za izboljšanje rezultatov potrebno tudi vključevanje zemeljskih navigacijskih in lokacijskih sistemov, kot sta DGNSS ali GSM-R. Poleg osnovnih parametrov, s pomočjo satelitskega nadzora vlakov lahko spremljamo tudi čas, v katerem se izvede komunikacija vlak-satelit-center, hitrost s katero vplivamo na vlak, zanesljivost delovanja sistema, natančnost satelitskih signalov ter možne alternative. (Požlep, 2008)

Upravljanje z voznim parkom je pomemben del organizacije vsake oblike prevoza. S pomočjo sistema GNSS na tem področju bo izboljšano lociranje posameznih enot voznega parka ter njihovo razporejanje, olajšana bodo vzdrževalna dela, omogočeno bo učinkovito sledenje pošiljk in blaga, poenostavljeno bo plačevanje in zaračunavanje za uporabo železnic ter nadzor nad uporabo posameznih tirov. (Cvahte, 2010) Informacije o prihodih in odhodih vlakov ter zamudah so ključnega pomena za zagotavljanje dobre usluge v potniškem železniškem prevozu, prav tako so pomembne tudi informacije o lokaciji vlaka potnikom na njem. Inštalacija GNSS-sprejemnikov na vlakih bo omogočila operatorjem sledenje vagonov in zagotavljanje potniških informacij v realnem času.

Nadzor in pregled tirov je ključnega pomena za zagotavljanje kvalitetne in neprekinjene usluge železniškega prometa. Z natančnim pozicioniranjem v kombinaciji z geodetskimi orodji in sistemi za pregled tirov je zagotovljen ekonomičen in učinkovit sistem za kvaliteten pregled stanja tirov. (Cvahte, 2010)

U tovornem prometu je spremljanje vozil in blaga pomembno zaradi boljše logistične podpore prevozniku oziroma uporabniku prevoznih sredstev. Uporabnik železniške transportne storitve ima neposreden dostop do železniškega tovarnega portala, ki omogoča dostop do podatkov in informacij o vagonih in pošiljkah. (Slovenske železnice)

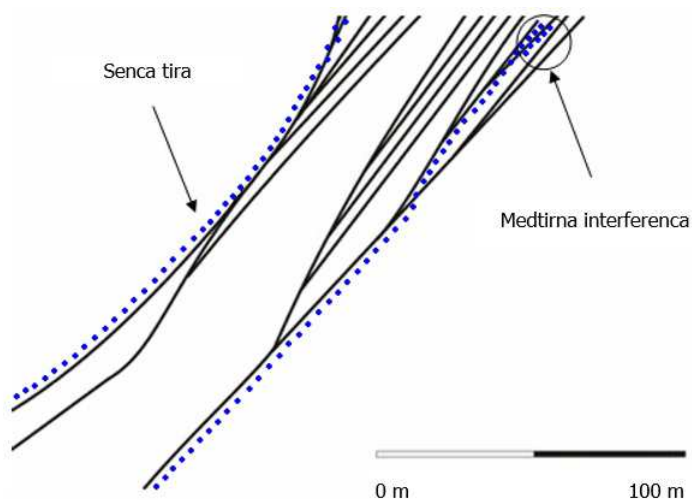


Slika 28: Uporaba GNSS v železniškem prometu  
(vir: Požlep V., 2008)

### 6.1.1 Lociranje v železniškem prometu s pomočjo satelitov

V železniškem prometu lahko vozila lociramo na postajnem območju, ter na odprti progi. Na postajnem območju je nujna večja natančnost določitve položaja. V primeru da na več vzporednih tirih stoji več lokomotiv in vagonov ali pa so lokomotive in vagoni obkoroženi z kovinskimi predmeti, zaradi tega pride do odboja satelitskega signala (multipath), kar pomeni manjšo natančnost določitve položaja. Na ta način ni mogoče doseči natančnost lociranja manj kot 10 centimetrov.

Druga težava je ti. senca tira. Senca tira vpliva na prikaz pravilne tirne slike in vlakovnega prometa. V primeru več vzporednih tirov in "parkiranih" vagonov, na tirih pride zasenčenje sosednega tira in temu pojavu rečemo senca tira. Zato je možna rešitev uporaba dodatnih senzorjev, kot so odometer, inercialni senzorji, ki so nameščeni v kompozicijo in vključeni v sistem. Najpomembnejši senzor je sicer odometer, ki meri razdalje premikov vlaka.



Slika 29: Omejevalna dejavnika GNSS sistema

(vir: Požlep V., 2008)

### **6.1.2 Avtomatsko sledenje in upravljanje s tovornimi vagoni**

Sistem za avtomatsko sledenje vagonov omogoča enotno osnovo za prodobivanje in posredovanje informacij v zvezi s spremljanjem lokacije in stanja vagonov, ko je zagotovljen sprejem signala GNSS ali sistemov GSM. Vgrajeni senzori omogočajo zaznavanje, če se vagon giblje ali stoji, če je naložen ali je prazen.

Sistem vagonov sestavljajo trije moduli, in sicer sledilni sistem, obdelava podatkov in modul za upravljanje s sredstvi. Modul za sledilni sistem je sestavljen iz sledilno-tipalne naprave OBT (ang. On-Board Terminal), pritrjene na vagon in fiksnega sistema za obdelavo informacij. OBT sestavljata sprejemnik GNSS in komunikacijski vmesnik GSM. Senzorji, pritrjeni na različne dele vagona zaznavajo različne parametre o stanju vagonov, kot so natovorjenost, premikanje kompozicije in stanje vrat (ali so zaprta) in podobno. Naloga OBT je tudi posredovanje informacij na osnovi dogodkov. Modul za obdelavo podatkov zbira in posreduje tiste informacije iz OBT in jih pošilja preko komunikacijskega vmesnika do bazne postaje in naprej do strežnika in operatorja. Posredovanje podatkov se temelji na internetnih tehnologijah. Ena od najpomembnejših aplikacij je določanje pričakovanega časa prispetja vagona. Za določitev pričakovanega prihoda vagona je pomemben podatek o lokaciji vagona pridobljen s pomočjo sistema GNSS in kontrolni podatki o stanju v železniškem omrežju. Modul za upravljanje s sredstvi je zasnovan kot sistem za podporo o odločanju, ki omogoča upravljanje in razporejanje vagonov ter načrtovanje dejavnosti lastnika vagonov in dispečerja. (Požlep, 2008)

Sistem razvija projekt F-MAN, en od programa Evropske unije za razvoj tehnologij informacijske družbe. To je programsko orodje, ki je preko svetovnega spleta na voljo pooblaščenim uporabnikom. Namenjen je za podporo pri upravljanju s tovornimi vagoni. Naročniku prevoza blaga po železnici omogoča elektronsko naročanje vagonov, spremljanje prevoza oziroma pričakovani prihod ali zamude, spremljanje dejanske lokacije vagonov in izvajanje vagonске odredbe na podlagi predvidene lokacije in tehnične razpoložljivosti vagonov. Z enostavno elektronsko izmenjavo informacij se olajša medsebojna komunikacija ter izboljša načrtovanje prevoznih zmogljivosti in vzdrževanje vagonskega parka. Informacije o trenutni lokaciji in stanju vagonov se zbirajo in posredujejo do informacijskega vozlišča preko komunikacijskih modulov na vagonih. (Požlep, 2008)



## 6.2 ERTMS sistem

Projekt ERTMS (ang. European Railway Traffic Management System) je evropski železniški sistem upravljanja prometa, ki zagotavlja različnim železniškim vozilom nemoteno vožnjo po vseh evropskih državah z uporabo enotnega sistema vodenja vožnje vlakov. ERTMS je razvit in preizkušen sistem ter je na trgu in v komercialni uporabi v številnih državah. Kot tehnološki preskok je bistvenega pomena za razvoj železniškega prometa. V Evropi danes deluje več kot 20 nacionalnih sistemov za signalizacijo in merjenje hitrosti, ki niso medsebojno združljivi. Te tehnične pomanjkljivosti so glavna ovira za trg železniškega prevoza blaga, na katerem ima čezmejni promet največji potencial, pa tudi za razvoj širšega evropskega prometnega omrežja. Rešitev je ERTMS, saj določa standard enotne signalizacijske opreme v Evropi, ki preverja hitrost in po potrebi upočasnjuje vlake. Vlaki bodo lahko po združljivih nacionalnih omrežjih potovali tekoče in brez zamud, dodatnih preverjanj ali „finega uravnavanja“. ERTMS bo kot sodoben visoko zmogljiv, popolnoma digitaliziran sistem ustvaril enoten železniški prostor. (Evropska Komisija, Sporočilo za medije, 2012)

Sistem ERTMS temelji na vlakovnem nadzoru in upravljanju železniške mreže ter prometnem upravljanju (ang. traffic management). Obsega interoperabilnost, visokohitrostno železniško mrežo s hitrostmi do 500 km/h, avtomatsko zavarovanje vlakov, manjši razmik med vlaki, operacije premičnega progovnega bloka, standardizirane signalnovarnostne sisteme ter interoperabilnost železniških mrež. (Požlep, 2008)

Sistem ERTMS vključuje dva podsistema, ki temeljita na satelitski navigaciji in GSM-R, interoperabilnem mobilnem komunikacijskem sistemu za železnice.

ETCS (ang. Europe Train Control System) je sistem za zaščito in nadzor vlakov in vožnje, ki ponuja določene možnosti izpolnjevanja drugačnih zahtev evropskih železniških administracij pod pogojem, da prilagodi obstoječe signalne naprave in jih preko vmesnikov vključi vanj. Gre za prilagajanje obstoječih tehnik in sistemov novim standardom. Glavne značilnosti ETCS so poenotenje kontrole in upravljanja vlakov v EU, optimalna varnost in zanesljivost, postopna vpeljava, možnost uporabe različnih vmesnikov, standardizacija vlakovnih kontrolnih funkcij, definicija strojne opreme ter osnovne tehnične zahteve. Cilji sistema ETCS so pospeševanje mednarodnega železniškega prometa, prehod železniških mej brez vstavljanja, omogočanje čim krajšega razmuka med vlaki, vpeljava standardizacije na področje signalne varnosti, ustvarjanje razmere konkurenčnosti in prostega trga za signalno varnostno tehniko, zmanjšanje stroškov vzdrževanja infrastrukture in vodenja prometa. (Požlep, 2008)

Tehnične komponente, ki sestavljajo ETCS sistem so evrobaliza za točkovni prenos informacij s proge na lokomotivo in obratno, evrozanka za kontinuiran prenos informacij na omejenih razdaljah, evroradio za prenos informacij med lokomotivo in progo preko GSM-R centrale in evrokabino na lokomotivi povezano z računalnikom. (Požlep, 2008)

Sistem ETCS omogoča železnicam različne strategije prilagajanja enotnem sistemu zavarovanja in kontrole vožnje vlakov v odvisnosti od razpoložljivih finančnih sredstev, obsega prometa in obstoječe opremljenosti proge.

ETML (ang. European Traffic Management Layer) je sistem za zagotovitev nevarnostnih aplikacij, kot sta prometni menedžment in regulativa za inteligentno upravljanje prometa. ETML omogoča optimizacijo vožnje vlakov in določanje zanesljivih voznih redov v realnem času za zagotovitev natančne informacije za potnike.

Vse navedeno povečuje varnost železniškega prometa ob hkratnem zmanjševanju razdalj med vlaki in s tem povečuje zmogljivost obstoječe železniške infrastrukture. (ERTMS, 2016)

### **6.3 Prednosti GNSS pred ERTMS v železniškem prometu**

Projekt ERTMS obravnava poleg signalovarnostnih sistemov še več področij, ki imajo pomembno vlogo pri nadzoru in vodenju železniškega prometa. Vendar pa je potrebno za uvajanje omejenega sistema nadgraditi ali zamenjati obstoječe signalovarnostne sisteme, tako ob progi kot na lokomotivah. Predvsem posegi v železniško infrastrukturo so precej problematični, saj pomenijo oviro za nemoten potek železniškega prometa, zahtevajo dolg izvedbeni čas ter prinašajo izredno visoke stroške. Zamenjava starih naprav z novimi na težko dostopnem terenu je precej velika težava. (Romanešen, 2009)

Zaradi omenjenih težav pri ERTMS projektu je sistem GNSS primerna tehnična rešitev za doseg železniške interoperabilnosti. Z vpeljavo sistema GNSS bi se za izpolnjevanje podobne funkcionalnosti porabilo kar 60% manj finančnih sredstev.

GNSS v železniškem prometu omogoča povečanje učinka železniškega transporta in olajšan prehod iz železnice na cesto in obratno, zmanjšanje infrastrukture ob tirih ter bolj ekonomičen nadzor premikanja vlakov in visoko natančnost pozicioniranja za bolj zanesljive preglede tirov. (Cvahte, 2010)

Sistem GNSS, za razliko od sistema ERTMS, omogoča uporabniku železniških storitev sledenje posameznih vagonov vlakovne kompozicije in s tem sledenje njihovim pošiljkam, kar je velika prednost. Podatki o stanju in lokaciji vagonov se s komunikacijskih modulov, nameščenih na vagonih, posredujejo do informacijskega strežnika in so vsem pooblaščenim uporabnikom dostopni preko svetovnega spleta.

Ampak, za nadzor in upravljanje železniškega prometa s pomočjo sistema GNSS je nujna stalna pokritost in dostop do signalov štirih satelitov, kar je včasih nemogoče zaradi odboja signala ali sence tira. Rešitev tiste težave je v vgradnji dodatnih senzorjev in tako dobimo kombinirani "hibridni" sistem ERTMS/GNSS. (Požlep, 2008)

#### **6.4 Aplikacije GNSS v železniškem prometu**

Možnost za izboljšanje učinkovitosti vodenja sistemov vlakov s pomočjo satelitskih sistemov je omogočila da tehnologija GNSS prispeva svoj del zagonu železniškega sektorja v Evropi. Evropski program GNSS, EGNOS in sistem Galileo, zagotavlja kontinuirano in zanesljivo storitev določanja položaja ter na ta način pomaga povečati konkurenčnost železniškega prevoza nad drugimi oblikami prevoza.

- Upravljanje in nadzor železniških sistemov visoke gostote omogoča nadzor in vodenje vlakov na glavnih železniških progah, ki se predvsem nanašajo na Evropski sistem vodenja vlakov ETCS v Evropi in nekaterimi regijami v tujini, vključno z sistemom pozitivnega nadzora vlakov v ZDA.
- Upravljanje in nadzor železniških sistemov nižje gostote zagotavlja celovito zmogljivost satelitskega signala s pomočjo sistemov GNSS na progah z manj prometa, na podeželskih področjih
- Upravljanje s sredstvi (ang. Asset management) vključuje funkcije, kot so upravljanje voznim parkom, vzdrževanje, pristojbine za uporabo infrastrukture ter intermodalni prenosi, kjer je tehnologija GNSS vir določanja položaja in časa
- Potniški informacijski sistemi (ang. Passenger Information) omogočajo natančno lokacijo vlakov v realnem času za potnike, tudi v spletnih potniških informacijskih sistemih

Železniški sistemi so po celem svetu začeli uporabljati tehnologijo GNSS za realnočasovni nadzor in sledenje lokomotiv, železniških vagonov, ter za vzdrževanje vozil in opreme ob progi. V kombinaciji z drugimi senzorji, računalniki in komunikacijskimi sistemi, sistemi GNSS omogočajo izboljšano varnost, zaščito ter operativno učinkovitost železniškega prometa. Tehnologija GNSS pomaga zmanjšati nesreče, zamude ter stroške poslovanja, hkrati pa omogoča povečanje zmogljivosti prog, stroškovne učinkovitosti ter uporabniškega zadovoljstva. Železniški sektor ima velike koristi od avtomatskega sledenja in nadzora vagonov in drugih aplikacij, predvsem za regionalne in lokalne železniške proge. Toda, natančnost nadzora vlakov je odvisna od razpoložljivosti, zanesljivosti in dostopnosti satelitskega signala, kar je možno doseči s kombinacijo sistema GNSS z drugimi senzorji.

Število aplikacij v železniškem prometu, ki temeljijo na sistemih GNSS je bistveno manjše za razliko od aplikacij, ki se uporabljajo v drugih prometnih področjih, kot je cestni promet, ampak GNSS-sprejemnike lahko vključimo v sodobno signalizacijo, nadzor vlakov in druge železniške sisteme.

Prednosti uporabe aplikacij GNSS v železniškem prometu so: (Rail Applications, 2011)

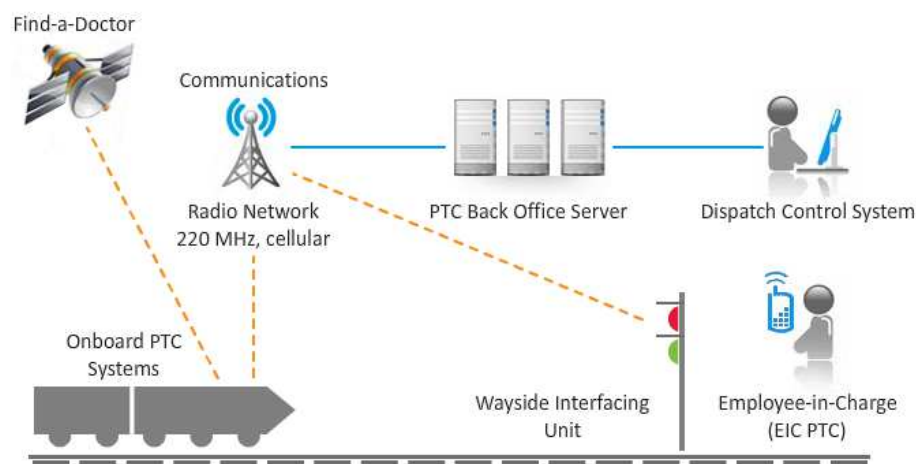
- boljša varnost vlakov
- varnost posadke za vzdrževanje
- preprečevanje trkov, iztirjenja, vdora na območje dela na progi
- večja zmogljivost in učinkovitost za vse uporabnike železnice
- zanesljiv vozni red in informacije o zamudah, prihodih in odhodih
- avtomatizirana kontrola stanja tirov
- čas sinhronizacije komunikacijskih sistemov

Kritične varnostne aplikacije, ki vključujejo nadzor vlakov in signalizacijo, potrebujejo zelo visoko mejo razpoložljivosti, kontinuitete ter celovitosti sistema. Kritične varnostne aplikacije kot je nadzor vlakov in signalizacija so že v postopku standardizacije za izboljšanje interoperabilnosti. Drugi primer kritičnih varnostnih aplikacij je natančno merjenje trase železniške proge v realnem času, kar lahko bistveno pomaga pri zagotavljanju varnosti zaradi hitrejšega odkrivanja napak ali okvar v železniškem omrežju. (Rail Applications, 2011)

Upravljanje z železniško infrastrukturo zahteva uporabo signalnih sistemov in sistemov za določanje lokacije vlaka, ki so običajno nameščeni ob železniški progi. Za zagotavljanje ustrezne zanesljivosti in varnosti prometa je potrebna draga oprema in obsežno vzdrževanje naprav. Da bi izboljšali interoperabilnost in zmanjšali stroške obratovanja, so te sisteme nadomestili novi enotni standardi ERTMS in ETCS. Tudi v tem segmentu se odpirajo številne možnosti glede uporabe GNSS sistema, saj bo možno

z ustreznim certificiranjem obstoječo signalno varnostno opremo v precejšnji meri nadomestiti s sodobnejšo in bolj učinkovito tehnologijo. Satelitska navigacija je že uvedena v različne nevarnostne aplikacije, kot so pomoč pri nadzoru prometa, upravljanje z železniškimi viri ali podpora strankam, pa tudi za „pozitiven nadzor vlakov“. (Zelena knjiga o satelitskih navigacijskih aplikacijah, 2006)

Pozitivni nadzor vlakov (ang. Positive Train Control) je sistem za preprečevanje trčenja, iztirjenja, morebitnega vdora na vzdrževalna dela na železnici ali napačnega usmerjanja vlakov. Sistem pozitivnega nadzora vlakov lahko sam spreminja hitrost vlaka, preusmerja ruto in na ta način zagotavlja varnost v železniškem prometu. To je najbolj uporabna aplikacija GNSS v železniškem prometu in predstavlja rezultat združevanja podatkov o položaju v realnem času in sofisticiranih sistemov upravljanja in nadzora gibanja vlakov. V prihodnosti bo integrirana z možnostjo komunikacijskega sistema vozilo-vozilo za opozorilo vlakom in vozilom o morebitnih nesrečah na železniških prehodih.



**Slika 30: Pozitivni nadzor vlakov**

(vir: [http://www.techmahindra.com/\\_LAYOUTS/1033/IMAGES/TechMahindra/services/PTC\\_architecture.png](http://www.techmahindra.com/_LAYOUTS/1033/IMAGES/TechMahindra/services/PTC_architecture.png))

Sistemi vodenja vlakov postavljajo visoke zahteve za pozicioniranje glede na razpoložljivost, zanesljivost in celovitost. Te zahteve je mogoče izpolniti samo s pomočjo integriranih sistemov za določanje položaja, ki združujejo tehnologijo GNSS z drugimi senzorji. Uporaba tehnologije GNSS v železniških sistemih predstavlja številne prednosti, še posebej spremljanje točne lokacije vlaka, logistično upravljanje z informacijami, izboljšanje signalizacije vlakov, kar izboljšuje varnost, in tudi omogoča manjše razdalje med vlaki in s tem povečane frekvence vlakov, ter možnost pregleda prometne infrastrukture.

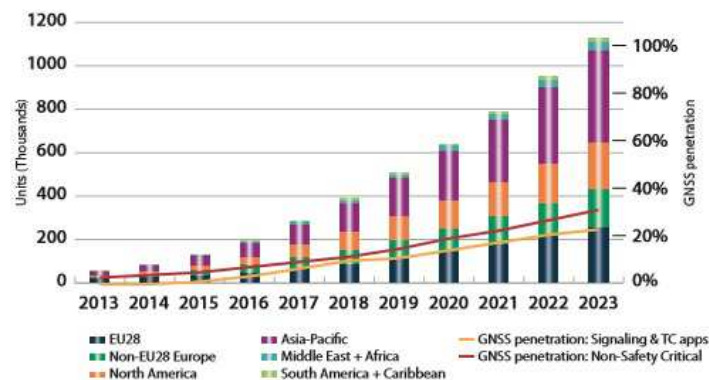
## 6.5 Trg aplikacij GNSS v železniškem prometu

Omejitve v posebnem železniškem okolju kot so omejena vidnost satelitov, odboj signala ali elektromagnetne motnje, morajo biti upoštevane ob uvedbi aplikacij GNSS v železniški promet, zaradi tega ker je od njih odvisna zmogljivost sistema GNSS.

V prihodnjih letih se pričakuje porast uporabe aplikacij za upravljanje s sredstvi ter še večje število vagonov opremljenih z GNSS-sprejemniki. Aplikacije GNSS v železniške namene se še vedno največ uporabljajo za zagotovitev informacij o prihodu in zamudi vlakov za potniške potrebe oziroma za nevarnostne namene.

Železniška industrija je najbolj razvita v Evropi in Severni Ameriki, tako v smislu komponent in sprejemnikov kot pri sistemskih integratorjem. Evropska proizvodnja naprav GNSS ima tržni delež od 38% v železniškem prometu. Med sistemskimi integratorji, evropska podjetja imajo glavno vlogo z 72% trga in uspešnim izvozom v Azijo in ZDA.

Obstoječa železniška infrastruktura se močno razlikuje po regijah in po uporabi. Prometne politike, življenski slog in osebne navade največ vplivajo na infrastrukturo. Na primer, ZDA ima drugo največje železniško omrežje na svetu, ampak drugo najnižjo številko potniškega prometa med vsemi regijami. Po drugi strani, je azijsko železniško omrežje zelo uporabljano za prevoz potnikov. V Evropi je železniški promet zelo razširjen, tako v smislu infrastrukture, kot glede uporabe s strani potnikov. Od leta 2012, uporaba GNSS-sprejemnikov v železnicah beleži veliko rast, predvsem na področju Evropske unije. Zelo dinamičen razvoj beležijo tudi železnice v Aziji. Tehnologija GNSS je primerno sredstvo za upravljanje z vlakovi in za zagotavljanje varnosti v primeru hitrega razvoja železniške infrastrukture in omrežja na Kitajskem in v Indiji.

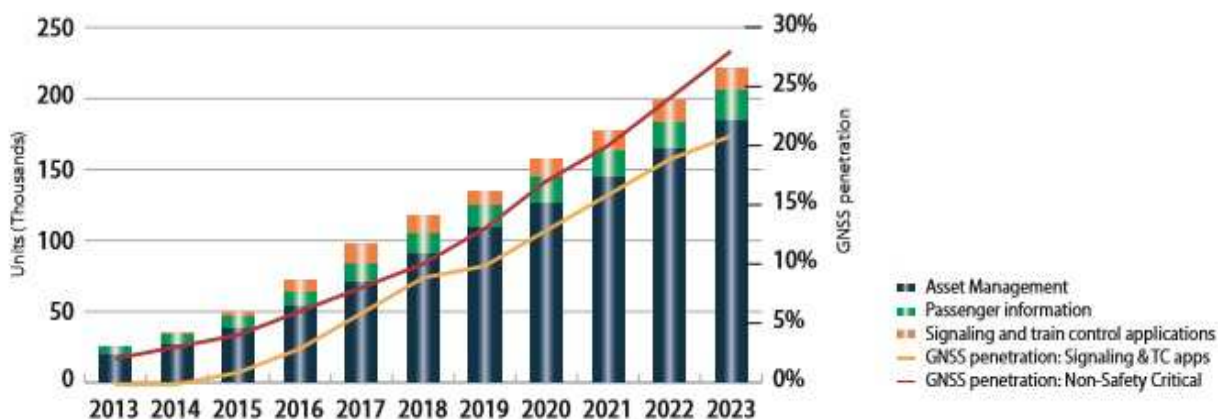


Slika 31: Uporaba naprav GNSS v železnicah po regijah

(vir: GNSS Market Report, 2015)

Predhodne študije trdijo da bi se lahko odpravilo 50% obstoječe železniške infrastrukture, ki povzroča visoke stroške vzdrževanja. Na ta način bi se od leta 2002 privarčevalo 72 500 000 evrov.

Trenutno so aplikacije za upravljanje s sredstvi v največjem porastu. Za okoli 220 000 vlakov na svetu, namenjenih tovornem železniškem prometu, je število vagonov z opremo GNSS okoli 2,8 milijonov. V prihodnjih letih se bodo aplikacije za varnostne namene, kot so upravljanje vlakov in signalizacija, ki temeljijo na sistemih GNSS, še bolj razvile. Te aplikacije zahtevajo zelo visoko raven učinkovitosti, kar je odvisno do strategije posamezne regije. V vsakem primeru, tehnologija GNSS je inovativna rešitev, ki omogoča zmanjšanje stroškov poslovanja in povečanje varnosti. "Penetracija" naprav GNSS v vse oblike prometa in transporta se bo močno povečala v naslednjih letih. (GNSS Market Report, Rail sector, 2015)



Slika 32: Aplikacije GNSS v napravah GNSS v železniškem prometu

(vir: GNSS Market Report, 2015)

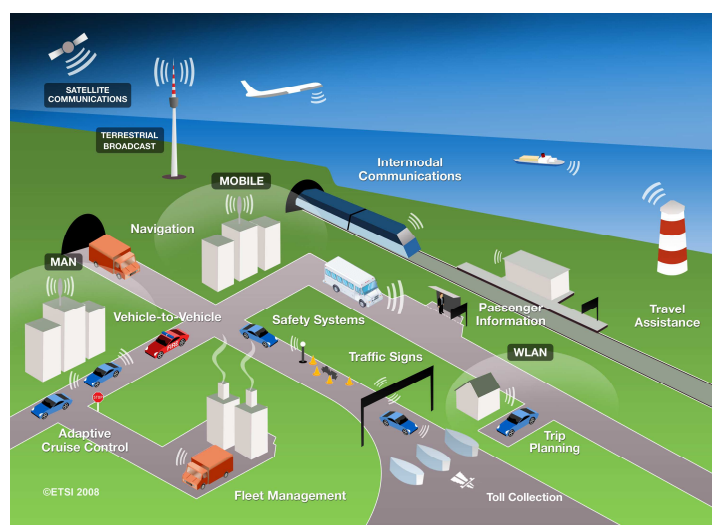
## 7 INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI

Izraz inteligentni transportni sistemi je splošni strokovni izraz tehnologij za sestavljene aplikacije komunikacij, nadzora in obdelave podatkov na področju transportnih sistemov. Inteligentne transportne sisteme ITS lahko opredelimo kot nadgradnjo klasičnega prometnega in transportno - logističnega sistema s pomembnimi izboljšavami za operatorje omrežij, ponudnike storitvi, uporabnike in družbe v celoti.

ITS integrira telekomunikacije, elektroniko in informacijske tehnologije – telematiko v transportne sisteme in prevozna sredstva v smislu planiranja, projektiranja in upravljanja prometnih sistemov. Ta integracija vodi k povečani prometni in fizični varnosti ter učinkovitosti prometnih sistemov za potnike in blago, upoštevajoč boljše rabo naravnih virov in spoštovanje okolja. (ITS Direktiva, 2010/40/EU)

Splošni cilji ITS so zagotavljanje inovativnih storitev in upravljanje prometa v različnih oblikah prevoza, zmanjševanje negativnih vplivov na okolje, varnejšo, bolj vsklajeno in "pametnejšo" uporabo prometnih omrežij, ter večjo informiranost družbe (načrtovanje potovanj). Za uresničitev teh ciljev je potrebna mrežna komunikacija med voznikom, vozilom in cesto, ki tvorijo dinamični sistem.

V ospredju razvoja inteligentnih transportnih sistemov je predvsem razvoj evropskega satelitskega navigacijskega programa Galileo, čigav namen je zagotavljanje enotne infrastrukture ter strateški razvoj in tehnološki napredek Evrope.



Slika 33: Inteligentni transportni sistemi

(vir: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport>)



## 7.1 Inteligentni transportni sistemi za cestni promet

Inteligentni prometni sistem (ITS) je sistem strojne, programske opreme in operaterjev, ki omogočajo boljše spremljanje in nadzor prometa, da bi optimizirali pretok prometa. Ker se število vozil in potovanj na leto skokovito veča in z izgradnja cest ne sledi temu povečanju, prihaja do vse večjih prometnih zastojev. Tehnologija ITS predstavlja stroškovno učinkovito rešitev za optimizacijo prometa in za zmanjševanje zastojev. S spremljanjem prometnih tokov z uporabo senzorjev in kamer v živo in analizo podatkov, se preusmerja promet po potrebi z uporabo spremenljive prometne signalizacije, s poročili na radiju, na navigacijskih napravah in drugimi sistemi. Poleg tega so cestna omrežja vse bolj opremljena z dodatno komunikacijsko infrastrukturo za nadzor prometa, da lahko operativno osebje spremljanje vremenske razmere. Tako lažje razporeja vzdrževalne posadke za odpravljanje poledice in snega. Z inteligentnimi sistemi, kot so avtomatski sistem za odstranjevanje ledu na mostovih lahko prispevajo k preprečevanju prometnih nesreč. (Cestni promet, 2015)

Optimalno orodje za zagotavljanje visoke stopnje prometne varnosti na avtocestah je zagotovo enovit nadzor in vodenje prometa.

Osnovni cilji sistema za nadzor in vodenje prometa na avtocestah so izkoriščenost kapacitete avtocestnega omrežja, prometna varnost v potencialno nevarnih situacijah na cesti, udobje in ekonomičnost potovanj ljudi in blaga in manjša obremenitev okolja. Osnovne funkcije sistema za nadzor in vodenje prometa na avtocestah pa so zbiranje in obdelava podatkov, nadzor nad trenutnim stanjem na cesti, nadzor nad delovanjem sistema, vodenje prometa in informiranje uporabnikov avtocest. (Stičišče ITS, 2006)

Inteligentna informacijska avtocesta uporabniku zagotavlja lažje in hitrejše potovanje, zelo velik pomen pa ima tudi na področju prometne varnosti. Sistem za nadzor in vodenje prometa na avtocestah je t.i. inteligentna avtocesta (ang. intelligent road system), katero sestavlja videonadzorni, video ter mikrovalovni detekcijski sistem in sistem cestno vremenskih postaj, ki skupaj s tipali, nameščenimi ob in v vozišču, zagotavljajo regionalnim nadzornim centrom (RNC) vse podatke o prometnih, vremenskih in varnostnih razmerah na avtocesti.

Glede na podatke i stanju na cesti se preko elektronskih informacijskih portalov, postavljenih nad voziščem obvešča uporabnike o dogodkih in nevarnostih na cesti ter o omejitvah prometa. Sistem za nadzor in vodenje prometa na avtocestah sestavljajo še predorski sistemi, ki z ustrezno povezanostjo s sistemi na trasi tvorijo enovit ITS sistem.

GNSS je bistven element sodobnih inteligentnih transportnih sistemov. Globalni navigacijski sistemi predstavljajo pomembno tehnološko osnovo storitvam inteligentnih transportnih sistemov, predvsem na področjih zagotavljanja učinkovitosti prometnih tokov, udobnosti potovanj in ohranjanja varnosti udeležencev v prometu. Aplikacije inteligentnih prometnih sistemov, kot so upravljanje prometa in tovora, podpora za preprečevanje zapustitve voznega pasu in elektronsko cestninjenje (e-cestninjenje), prinašajo jasne koristi prometnim uporabnikom v smislu skrajšanja časa potovanja in povečanja varnosti.

Pričakovano je povečanje obsega cestnega prometa v EU. To bo po vsej verjetnosti vodilo do večje preobremenjenosti na cestah, povečanja porabe energije in okoljskih ter družbenih problemov. Za reševanje takšnih problemov so potrebne inovacije, kot so ITS. To so napredne aplikacije, ki so namenjene zagotavljanju inovativnih storitev na področju različnih vrst prevoza in upravljanja prometa. Uporabnikom omogočajo boljšo ozaveščenost o prevoznih pogojih in varnejšo ter boljšo uporabo prometnih omrežij. (EU, Uvajanje ITS v cestnem prometu v Evropi, 2015)

Do pred kratkim so bile dejavnosti inteligentnih transportnih sistemov večinoma usmerjene na posamezne vidike transporta, na primer na čistejši in energetsko učinkovitejši prevoz, odpravljanje cestne preobremenjenosti, urejanje prometa, varnost na cesti, varnost komercialnega prevoza itd. Večinoma so bile te aktivnosti izvajane neusklajeno, kar je vodilo do številnih nacionalnih, regionalnih in lokalnih rešitev, posledica pa je bila neučinkovita raba, ki ni prispevala k reševanju naraščajočih izzivov v prometu. Prihodnost je razvoj inteligentnih transportnih sistemov z vidika geografske kontinuitete, interoperabilnosti storitev in sistemov ter standardizacije. V ta namen je Evropska unija je zdala Akcijski načrt za uvajanje inteligentnih prometnih sistemov v Evropi – COM (2008) 886 konč./2 in Direktivo o določitvi okvira za uvajanje inteligentnih prometnih sistemov v cestnem prometu in vmesnike do drugih vrst prevoza – SEC(2008) 3083 in SEC(2008) 3084.

## **7.2 Inteligentni transportni sistemi za železniški promet**

Na področju železniškega prometa se razvija sistem za nadzor vlakov in z njimi povezanih komunikacij, ki hkrati vzpostavlja tudi trans evropsko železniško omrežje. Evropski radio komunikacijski sistem omogoča nadzorovanje vlakovnih kompozicij ter izboljšuje storitve železniškega tovornega prometa zaradi boljše izmenjave informacij med izvajalcem železniških storitev ter uporabniki. V železniškem tovornem prometu se ob tem razvijajo koncepti za avtomatsko identifikacijo vlaka, elektronskega sistema zaviranja ter sistemi za kontrolo delovanja sistemov vlakovnih kompozicij. (Friščič, 2009)

Danes obstajajo različni sistemi vodenja železniškega prometa znotraj nacionalnih okvirjev, ki v tehničnem in tehnološkem smislu onemogočajo vožnjo vlakov po Evropi brez menjave lokomotiv na mejah, saj v Evropi trenutno obstaja enajst različnih sistemov kontrole vodenja in upravljanja prometa. Poudarek v Evropi je zato namenjen pospešenemu razvoju interoperabilnosti oziroma povezljivosti in tehnične standardizacije. (Čuk, 2008)

Komisija je predstavila tudi predlog direktive, ki naj bi poenostavila, pojasnila in posodobila regulativni okvir za evropski železniški sektor, s tem pa povečala konkurenco, poostrila nadzor trga in izboljšala pogoje za naložbe v tem sektorju. V predlogu so združene tri direktive o razvoju evropskih železnic, izdajanju licenc prevoznikov v železniškem prometu in upravljanju železniške infrastrukture; gre torej za prenovitev t. i. prvega železniškega svežnja iz leta 2001. (Evropska komisija, Sporočilo za javnost, 2010)

## 8 GNSS in INS

Inercialni navigacijski sistemi INS se uporabljajo za samostojno in neodvisno določanje položaja v prostoru. INS predstavlja kombinacijo senzorjev, ki omogočajo določitev navigacijskih vektorjev premikajočega objekta, oziroma njegov položaj, hitrost in orientacijo. Senzorji se nahajajo v inercialni merilni enoti (IMU). Inercialno merilno enoto sestavljajo navigacijski računalnik, senzorji gibanja - pospeškometri in senzorji zasuka ali giroskopi. INS uporabljajo kopenska vozila, ladje, letala, podmornice, izstrelki, vesoljska plovila.

Za zanesljivo in neprekinjeno sledenje vozil je, med ostalim, potreben tudi konstaten in nemoten sprejem GNSS-signala. V urbanih naseljih z visokimi zgradbami ponavadi pride do izgube GNSS-signala, večinoma zaradi odboja signalov od objektov (multipath). Vožnja vozila skozi predor, v podzemnih garažah ali gosto poraščenih gozdov povzroča popolno prekinitev signala.

Sama uporaba sistemov GNSS pri natančnem pozicioniranju in sledenju vozila je premalo zanesljiva in učinkovita metoda, saj ob izgubi navigacijskega signala prihaja do odstopanj tudi do 250 metrov vzdolž smeri vožnje. (Jurič, 2011)

Zaradi omejitev sistemov navigacija GNSS, sledenje, daljinsko vodenje in usmerjanje oseb ne more temeljiti zgolj na obdelavi signalov satelitov GNSS, temveč mora navigacijski sistem dopolnjevati tehnologija, ki zagotavlja določitev položaja, hitrosti in smeri gibanja, tudi ko navigacijski instrument sprejema premalo signalov. Najbolj pogosto v kombinaciji z GNSS uporabljamo inercialne navigacijske sisteme (INS), kot navaja Kozmus (2009).

Za odpravljanje napak in izboljšanje izvedljivosti navigacije se GNSS sistem nadgradi z vgradnjo inercialnih merilnih enot za uporabo inercialnega navigacijskega sistema. Z uporabo kombinacije sistemov GNSS/INS se natančnost položaja poveča na 10 metrov.

Sistem GNSS zagotavlja dolgoročno posredovanje zanesljivih navigacijskih informacij. Inercialni navigacijski sistem ponuja kratkoročno posredovanje natančnih navigacijskih informacij ob izpadu sistema GNSS. Integracija dolgoročne natančnosti sistema GNSS s trajno kratkoročno natančnostjo sistema INS tako omogoča neprekinjeno natančno pozicioniranje ta katerikoli navigacijski scenarij. Ker sledenje vozil v komercialne namene predstavlja eno izmed zahtevnih načinov uporabe navigacijske tehnologije, je bistveno reševanje in odpravljanje napak v primeru vožnje vozila skozi urbane centre ali skozi predore. (Jurič, 2011)

Za delovanje sistema GNSS in INS zaradi povečanja kvalitete železniškega prometa so potrebni zelo zanesljivi in natančni podatki, ki jih omogočajo sensorji vgrajeni v vozilu. GNSS-sprejemnik in sensorji INS, kot so odometer, pospeškometer, Dopplerjev radar za izračun oddaljenosti ali žiroskop za spremljanje spremembe nagiba, omogočajo določitev glavnih komponent položaja, oziroma geografskega položaja, hitrosti in smeri. Odvisno od zahtevane natančnosti, možnosti interoperabilnosti ali v kontekstu prometa (hitre ali manj prometne proge), je obstoječi sistem za nadzor vlakov možno nadgraditi z multisenzorskim pozicijskim sistemom.

---

## 9 GNSS in GIS

Geografski informacijski sistem je računalniško podprt sistem za zbiranje, shranjevanje, preverjanje, integriranje, upravljanje, prikaz in analizo prostornih podatkov. Aplikacije GIS so orodja, ki omogočajo uporabnikom, da ustvarijo interaktivne poizvedbe, analizirajo prostorske podatke, urejajo kartografske podatke in predstavljajo rezultate vseh teh aktivnosti. Sistem GIS predstavljajo "pametne karte", ki omogočajo povezovanje z bazo podatkov na zemljevidu ter ustvarjanje dinamičnega prikaza.

Sistem GIS se lahko nanaša na številne tehnologije in procese na različnih območjih ter je velikega pomena pri upravljanju z splošno infrastrukturo, kot so ceste, železnice, pomorske luke, kanalizacija, vodovod, plinovod in podobni sistemi. Danes se največ uporablja za spremljanje lokacije vozila, kar omogoča načrtovano vodenje tranzitnih vozil. (GIS, 2015)

Razvoj satelitske navigacije je omogočil da bo sistem GIS pomembno orodje za znanstvene raziskovalce, hidrografe, geodete, geofizike, itn. sistemi GIS se danes uglavnom uporabljajo ne le v znanosti ampak tudi v komercialnih in storitvenih dejavnosti. (Mapping and GIS, 2011)

Tudi lokacijsko podprte storitve uporabljajo sistem GIS in GNSS za prikaz fiksnih objektov kot so najbližje restavracije, bencinske črpalke, hidranti, in premični objekti kot so vozila ali ljudje. (Geographic information system, 2016)

Množična uporaba naprav GNSS je omogočila da se podatki, ki prihajajo iz logističnih in drugih sistemov samodejno georeferencirajo. Tisti sistemi ustvarjajo veliko georeferenčnih podatkov, s natančnostjo od enega metra do nekaj deset metrov. (Mapping and GIS, 2011)

GIS lahko uporablja katerekoli podatke, ki vključujejo lokacijsko informacijo. Lokacija je lahko izražena kot geografska širina in dolžina, naslov ali poštna številka. Sistem lahko vključi tudi podatke o prebivalstvu, dohodku ali ravni izobrazbe. Številni različni podatki so na voljo, kot je dežela, lokacije tokov, vegetacija, tla ter nazivi tovarn, kmetij, šol ali, na primer, meteorne kanalizacije, ceste, itn. (National Geographic, 2016)

Geolokacije točk se določijo s pomočjo sistema GNSS in se nato uvozijo direktno v GIS. Poleg avtomatskega vnosa pozicijskih podatkov GNSS v realnem času, s to programsko opremo se lahko vnesejo tudi atributivni opisni podatki direktno s terena. Tehnologija GNSS se uporablja tudi za vzdrževanje podatkov v sistemu GIS.

Natančnost GIS-a je odvisna od vira in kode podatkov. Ena od metod zajemanja prostorskih podatkov je kombinacija sistemov GNSS in GIS. Za terenski zajem prostorskih podatkov sta pomembna izbira ustrezne strojne opreme in primerna programska oprema. Za GIS in kartiranje se uporabljajo naprave, ki so hkrati sprejemnik GNSS z vgrajeno anteno in programsko orodje.

Običajna metoda zajema podatkov je dolgotrajen proces v aplikacijah GIS. GNSS je omogočil cenovno ugodno rešitev za zajem georeferenčnih podatkov. Na primer, sodobne aplikacije GIS omogočajo upravljanje s infrastrukturo ceste, električnega in telekomunikacijskega omrežja. Naprave GNSS omogočajo prikaz digitalnih zemljevidov za upravljanje voznim parkom za vse vrste vozil. S pomočjo sistema GIS lahko spremljamo lokacijo vozila, kar omogoča načrtovanje in napovedovanje prometa, kot na primer spremljanje vlakov, avtobusov in drugih transportnih storitev. (Mapping and GIS, 2011)

Prednost sistema GIS je zmanjšanje stroškov storitev in vzdrževanja v prevoznih dejavnostih ter večjo varnost voznika na cesti.

Glavna pomankljivost sistema GIS je otežana obdelava podatkov, ki se s časom spreminjajo. Sistem GIS je lahko uporaben za upravljanje z več vremenskih plasti in njihovo primerjavo ampak v praksi je nemogoča analiza realnih dinamičnih procesov. Poleg teh pomankljivosti, tle so še počasno obvladovanje programa GIS, dolgotrajen proces zbiranja podatkov in izdelave kart ter posebna računalniška oprema. (Slosar, 2013)

## **9.1 GIS v cestnem prometu**

Cesta, predvsem avtocesta vsebuje številne inteligentne informacijske sisteme, od videokamer do senzorjev za štetje prometa itn. Vsi ti podatki o inteligentnih informacijskih sistemih se lahko upravljajo s pomočjo GIS-a.

sistem GIS je pomemben element sistemov za analiziranje dogajanj v prometa. Posebnost sistema je v povezovanju prostorsko povezanih aktivnosti s prostorskimi in drugimi podatki. Na ta način, zagotavlja dosleden okvir za analizo prometa. Danes, sistem GIS predstavlja povezovanje računalniške tehnologije s tehnikami prostorskih analiz in digitalnih prostorskih podatkov. (Slosar, 2013)

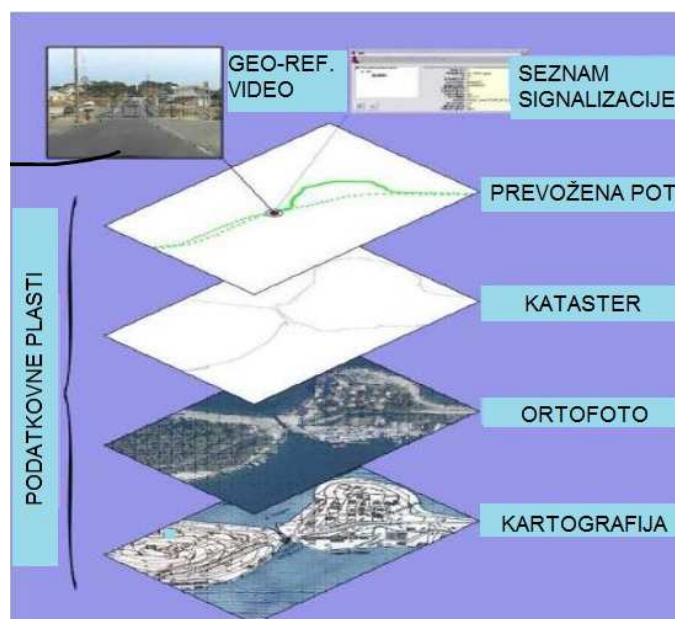
Glavni namen razvoja prometnega sistema GIS je neposreden vpogled v prometno infrastrukturo ter enostavnejše vzdrževanje cest. Eden od najbolj pomembnih elementov prometnega sistema GIS so prometni znaki in cestna signalizacija, kar omogoča hitrejši prikaz stanja na in ob cesti ter hitrejšo saniranje morebitnih težav.

Dve so možnosti doseganja polne uporabnosti sistema GIS:

- kartiranje začetnega stanja prometnice
- preverjanje točnosti trenutnega stanja cestne infrastrukture z uporabo sistema GIS

V primerjavi z ostalimi podobnimi rešitvami, na voljo je tudi boljša interoperabilnost z drugimi računalniškimi programi kot je AutoCAD.

Georeferenčni podatki so v GIS razporejeni v skupinah (plasteh). Vidnost posamezne vsebine (plasti) je odvisna od želja in potreb uporabnika. Najpomembnejše vsebine predstavljajo georeferenčni seznam prometne signalizacije, ki vsebuje podatke o prometnih znakih, robovih cest in oznak na cestišču ter georeferenčni video.



Slika 34: GIS podatkovne plasti

Vozilo, ki uporablja navigacijski sistem, ki ga sestavljajo ustrezni senzori omogoča pridobitev georeferenciranega videa, kjer so vsakemu posnetku v georeferenciranem videu dodeljene ustrezne globalne koordinate. Pomemben dejavnik pri doseganju boljše natančnosti sistema GIS je sinhronizacija vseh uporabljenih senzorjev.



Sistem GIS je zelo pomemben pri razvoju strategije za upravljanje prometa. Integracija virov podatkov in izhodnih podatkov omogoča pregled celotne slike o trenutnih prometnih razmerah. Na primer, prometni upravljalci lahko vizualno spremljajo "ozka grla" na cestah in druge podobne situacije da bi izboljšali hitrost odziva na morebitne težave. Medtem, takšni prikazi so dostopni tudi preko spleta in na ta način lahko obveščajo voznike o stanju na cestah.

Upravitelji sodobnih avtocest lahko dosežejo boljšo zmogljivost in učinkovitost prometnega sistema z integracijo vzdrževanja in delovanja sistema. Vzdrževanje sistema za upravljanje prometa omogoča bolj učinkovit raspored vzdrževanja in spremljanja dejavnosti kar pomaga upraviteljem pri razumevanju, odločanju ter izvajanju celotnega sistema. (Slosar, 2013)

Kombinacija sistema GIS ter statističnih analiz in orodij za poslovno inteligenco, pomaga inženirjem da bolj razumejo vzroke nesreč na cestah in avtocestah in hitreje poiščejo način za njihovo zmanjšanje.

Sistem GIS ima tudi pomembno vlogo pri izgradnji cest. Lahko pomaga pri izbiri in projektiranju trase ceste, ki bo imela najmanjši vpliv na okolje. Prav tako pomaga pri identifikaciji močvirnih tleh, porečja ali občutljivih bivališč ter pri obvladovanju posledic odtoka padavin na kakovost vode.

CEPIS – Cestno prometni informacijski sistem, je integralni informacijski sistem za potrebe spremljanja in nadziranja v prometu in na prometnih objektih. CEPIS je navezan na geografski informacijski sistem, ki predstavlja osnovno bazo podatkov. Omogoča obdelavo prometnih objektov in spremljanje prometa. Obdelava prometnih objektov se nanaša na projektiranje in vzdrževanje cestne infrastrukture, vključno z sodobnimi sistemi za usmerjanje prometa in za obveščanje. Najbolj pomembno je spremljanje prometa, predvsem v komercialne namene, saj morajo prevozna podjetja slediti svoja vozila.

Aplikacije GIS pokrivajo veliko področij transporta in logistike, in sicer načrtovanje, oblikovanje in upravljanje infrastrukture, načrtovanje in delovanje javnega transporta, analizo in nadzor prometa, analizo varnosti v prometu, ugotavljanje vplivov na okolje, zmanjševanje nevarnosti v prometu, oblikovanje in upravljanje kompleksnih logističnih sistemov, itn. (Transport and logistics, 2016)

## **9.2 GIS v železniškem prometu**

RAGIS je geografski informacijski sistem Slovenskih železnic, ki pokriva področje načrtovanja in vzdrževanja železniške infrastrukture.

Po železnici se vozijo različni tovari, ki niso vedno standardnih prečnih prerezov, ti. izredne pošiljke. To je eden od razlogov za vzdrževanje projektiranega stanja železniške proge in zahteva zelo dobro natančnost do 1 centimetra. To je možno doseči le s klasičnimi geodetskimi metodami izmere na terenu, kar pomeni vzdrževanje tudi geodetskih poligonov ob progah.

Slovenske železnice uporabljajo geografski informacijski sistem za modelno planiranje infrastrukture, prikaz letnega plana dela ter za izgradnjo in upravljanje železnice.

---

## 10 ZAKLJUČEK

Satelitska navigacija in uporaba globalnih navigacijskih satelitskih sistemov ponujata zanimivo in uporabno orodje številnim uporabnikom, tako na osebni nivoju prostočasnih aktivnosti, kot pri transportu in številnih poslovnih dejavnostih. Za številne poslovne sisteme in dejavnosti je uporaba GNSS velikega pomena. Uporabni so povsod kjer je potreben podatek o natančnem položaju v prostoru ali podatek o natančnem času. Od sistemov GNSS so odvisni številni sistemi kot so mobilna telekomunikacijska omrežja, bančni sistemi in vse vrste prometa in transporta.

Novi načini razvoja in uporabe sistemov GNSS in aplikacij GNSS omogočajo razvoj naprednih metod za zmanjšanje velikosti vplivov na meritve GNSS in s tem povečevanje kakovosti določitve položaja v prostoru.

Danes si je tudi že odhod na potovanje ali vožnjo po neznanem območju nemogoče predstavljati brez ustrezne navigacijske naprave, samostojne, vgrajene v vozilo ali kar mobilnega telefona. Navigacija z GNSS se seli v mobilne telefone, vendar pa je trenutno večja ovira za navigacijo z mobilnimi telefoni dokaj velik strošek prenosa podatkov v omrežjih mobilne telefonije pri gostovanjih v tujini.

V diplomski nalogi so opisani aktualni globalni navigacijski satelitski sistemi, podporni navigacijski sistemi ter njihova uporaba ali souporaba z ostalimi sistemi ali tehnologijami, ki so povezani s kopenskim prometom in transportom.

Med drugim, so GNSS-sistemi pomemben element inteligentnih transportnih sistemov. Kombinacija teh dveh tehnologij je omogočila razvoj številnih aplikacij, ki prispevajo k prometni varnosti, boljši organizaciji in vodenju prometa, ter omogočajo prihranek časa in denarja.

Vključitev GNSS-sistemov v železniški promet predstavlja znaten prispevek razvoju in kakovosti železniškega prometa. Združevanje navigacijskih sistemov z obstoječimi inteligentnimi transportnimi sistemi omogoča boljšo varnost potnikov in zaposlenih, spremljanje in optimiziranje železniškega prometa, zanesljivo informiranje o odvijanju prometa kar v veliki meri prispeva k zmanjšanju stroškov ter potrebnega časa za vse vrste dejavnosti, ki se odvijajo na železnica. V zadnjih letih so železnice v procesu modernizacije in GNSS ima pri tem veliko vlogo.

Ne glede na dobre in slabe strani tehnološkega razvoja, pa postaja satelitska navigacija vse bolj potreba sodobne družbe.

---

## VIRI

Berdajs, A., Ulbl, M. 2010. Inženirska geodezija. Ljubljana, Višja strokovna šola ACADEMIA (založba: Zavod IRC, Ljubljana): 72 str.

Brodnik, U. 2007. Umetni inteligentni sistemi v avtomobilu. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

[http://luks.fe.unilj.si/sl/studij/SUIS/seminarji/urbanb/BrodnikUrban\\_UmetnaInteligencaVAvtomobilih.htm#\\_Toc192668402](http://luks.fe.unilj.si/sl/studij/SUIS/seminarji/urbanb/BrodnikUrban_UmetnaInteligencaVAvtomobilih.htm#_Toc192668402)

Conde, F. 2013. Ekonomski vidik uporabe GNSS tehnologije od ideje do geodetskega načrta. Diplomaska naloga. Maribor, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba F. Conde)

Cvahte, T. 2010. Evropski satelitsko-navigacijski sistem Galileo in možnosti uporabe v prometu. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba T. Cvahte)

Čadež, P. 2010. Analiza metod geodetske GNSS izmere. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Čadež): 5 str.

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/220/1/GEU\\_0826\\_Cadez.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/220/1/GEU_0826_Cadez.pdf)

Čuk, E., Grum, J. 2008. Inteligentni transportni sistemi. Seminarska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za umetno zaznavanje, sisteme in kibernetiko: 17 str.

<http://luks.fe.uni-lj.si/sl/studij/SUIS/seminarji/erikc/seminarska.htm> (pridobljeno 18.05.2016)

Friščič, M. 2009. Inteligentni transportni sistemi v pomorskem prometu. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko: 6 str. (samozaložba M. Friščič)

Holc, V., Senekovič, A. 2013. GNSS navigacija. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jurič, B. 2011. Pojav napak pri sledenju vozil z integracijo GPS/GPRS tehnologije in INS sistemom. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 50, 57 (samozaložba B. Jurič)

Kočar, B. 2009. Zbiranje podatkov za prometno planiranje GSM sledenjem. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 43 str. (samozaložba B. Kočar)

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/165/1/GRU\\_3069\\_Kocar.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/165/1/GRU_3069_Kocar.pdf)

Kozmus Trajkovski, K. 2010. Razvoj postopkov obdelave opazovanj GNSS za navigacijo oseb v oteženih pogojih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba K. Kozmus Trajkovski): str 13, 38.

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/782/1/GED\\_0203\\_KozmusTrajkovski.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/782/1/GED_0203_KozmusTrajkovski.pdf)

Lebeničnik, A. 2013. Metoda PPP za določitev položaja v GNSS. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 5 str.

[http://www.fgg.uni-lj.si/~gstebe/Seminarji%20-%20kon%C4%8Dni/Oskar/Lebenicnik/Lebenicnik\\_seminar\\_PPP.pdf](http://www.fgg.uni-lj.si/~gstebe/Seminarji%20-%20kon%C4%8Dni/Oskar/Lebenicnik/Lebenicnik_seminar_PPP.pdf)

Mlakar, P. 2010. Globalni navigacijski satelitski sistemi. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko (samozaložba P. Mlakar): 14 str.

[http://eprints.fri.uni-lj.si/1031/1/Mlakar\\_P.-VS.pdf](http://eprints.fri.uni-lj.si/1031/1/Mlakar_P.-VS.pdf) (pridobljeno 10.04.2016)

Mravinec, P. 2009. Navigacijski sistem Galileo. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta (samozaložba P. Mravinec): str 6, 7, 10.

[http://jjamsek.eu/STG/ISN/2009\\_2010/S2/S1\\_Navigacijski%20sistem%20Galileo\\_MravinecP.pdf](http://jjamsek.eu/STG/ISN/2009_2010/S2/S1_Navigacijski%20sistem%20Galileo_MravinecP.pdf)  
(pridobljeno 22.05.2016)

Nassif, M. 2013. Izmera in obdelava testne GNSS mreže s pomočjo programa TOPCON TOOLS.

Diplomska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba M.Nassif): 32 str.

Požlep, V. 2008. Inteligentni transportni sistemi namenjeni sledenju železniških vagonov. Diplomaska naloga. Celje-Krško, Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko

Radiokomunikacije, 2016

Radiokomunikacije. učna literatura, 2016. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

<http://antena.fe.uni-lj.si/literatura/vt/Radiokomunikacije/nav.pdf> (pridobljeno 15.05.2016)

Resnik, M. 2006. Analiza uporabnosti CPAS metode aerotrijangulacije v projektu Cikličnega aeorsnemanja v Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Resnik): str 22, 23.

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/392/1/GEU\\_0674\\_Resnik.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/392/1/GEU_0674_Resnik.pdf)

Romanešen, M. 2009. Problem sistema za vodenje in nadzor vlakov na Slovenskih železnicah. Diplomaska naloga. Kranj, B&B Višja strokovna šola, Promet

Slosar, M. 2013. GIS v cestovnom prometu. Diplomski naloga. Rijeka, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet: str. 1, 6, 40

Šavor, D. 2008. Tehnička struktura i usluge satelitskog navigacijskog sustava Galileo. Diplomski naloga. Zagreb, Tehničko veleučilište u Zagrebu

[https://archive.org/stream/2008\\_diplomskiRad\\_tehnickaStrukturaIUslugeGalileoSustava/Domagojavor-Galileo\\_tsiu\\_160608\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/2008_diplomskiRad_tehnickaStrukturaIUslugeGalileoSustava/Domagojavor-Galileo_tsiu_160608_djvu.txt) (pridobljeno 20.05.2016)

Škerbec, M. 2009. Diferencialno GPS pozicioniranje. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko (samozaložba M. Škerbec): str 22, 43.

[http://eprints.fri.uni-lj.si/824/1/%C5%A0kerbec\\_M\\_UN.pdf](http://eprints.fri.uni-lj.si/824/1/%C5%A0kerbec_M_UN.pdf)

Umbrecht, N. 2009. Inteligentni sistemi in njihov vpliv na varnost v cestnem prometu. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

<https://dk.um.si/Dokument.php?id=12159>

#### **Internetni viri**

Satellite Navigation. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_navigation](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation) (pridobljeno 07.04.2016)

LORAN. 2008.

[http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2008/Orientacija/jernej\\_spletna\\_stran/loran.html](http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2008/Orientacija/jernej_spletna_stran/loran.html)

Omega. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Omega\\_\(navigation\\_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Omega_(navigation_system)) (pridobljeno 28.04.2016)

Transit satellite. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Transit\\_\(satellite\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Transit_(satellite)) (pridobljeno 03.05.2016)

Aerospace.org. 2010.

<http://www.aerospace.org/crosslinkmag/spring-2010/transit-the-gps-forefather> (pridobljeno 12.05.2016)

GPSworld. 2014.

<http://gpsworld.com/innovation-cycle-slips/> (pridobljeno 02.05.2016)

geoid. si. 2012.

<http://www.geoid.si/inzenirska-geodezija/gnss-izmera.html> (pridobljeno 15.05.2016)

Mio. 2011.

<http://www.mio.com/technology-history-of-gps.htm> (pridobljeno 25.06.2016)

---

GPS Satellite Blocks. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_satellite\\_blocks](https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_satellite_blocks) (pridobljeno 10. 05.2016)

GPS Space Segment. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System#Space\\_segment](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#Space_segment) (pridobljeno 12.05.2016)

GPS Control Segment. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System#Control\\_segment](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#Control_segment) (pridobljeno 20.05.2016)

dijaski.net. 2012.

[http://www.dijaski.net/gradivo/teh\\_ref\\_navigacijske\\_naprave\\_01?r=1](http://www.dijaski.net/gradivo/teh_ref_navigacijske_naprave_01?r=1) (pridobljeno 13.04.2016)

gnss.si. 2012.

<http://www.gnss.si/kako-deluje/globalni-navigacijski-satelitski-sistemi> (pridobljeno 11.04.2016)

Spirent. 2011.

[https://www.spirent.com/Blogs/Positioning/2011/May/2011-05-12\\_GPS\\_Almanac](https://www.spirent.com/Blogs/Positioning/2011/May/2011-05-12_GPS_Almanac)  
(pridobljeno 25.07.2016)

WAAS. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Wide\\_Area\\_Augmentation\\_System#Accuracy](https://en.wikipedia.org/wiki/Wide_Area_Augmentation_System#Accuracy) (pridobljeno 10.06.2016)

EGNOS Space Segment. 2016.

[http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS\\_Space\\_Segment](http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Space_Segment) (pridobljeno 22.05.2016)

EGNOS Portal. 2016.

<http://www.egnos-portal.eu/discover-egnos/about-egnos> (pridobljeno 11.05.2016)

EGNOS Open Service. 2016.

[http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS\\_Open\\_Service](http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Open_Service) (pridobljeno 11.05.2016)

EGNOS Commercial. 2016.

[http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS\\_Commercial\\_Data\\_Distribution\\_Service](http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Commercial_Data_Distribution_Service)  
(pridobljeno 13.05.2016)

Galileo Test Beds GIOVE. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)#Galileo\\_satellite\\_test\\_beds:\\_GIOVE](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)#Galileo_satellite_test_beds:_GIOVE)  
(pridobljeno 20.07.2016)

---

Galileo Space Segment. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)#Space\\_segment](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)#Space_segment) (pridobljeno 20.06.2016)

GLONASS Satellites. 2016.

<https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS#Satellites> (pridobljeno 20.06.2016)

GLONASS Accuracy. 2016.

<https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS#Accuracy> (pridobljeno 30.06.2016)

Beebom. 2016.

<http://beebom.com/what-is-glonass-and-how-it-is-different-from-gps/> (pridobljeno 20.06.2016)

GLONASS Future and Evolutions. 2016.

[http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Future\\_and\\_Evolutions](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions) (pridobljeno 30.06.2016)

Error analysis for the GPS. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Error\\_analysis\\_for\\_the\\_Global\\_Positioning\\_System#External\\_links](https://en.wikipedia.org/wiki/Error_analysis_for_the_Global_Positioning_System#External_links)  
(pridobljeno 05.05.2016)

Galileo. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)) (pridobljeno 08.04.2016)

GNSS augmentation. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/GNSS\\_augmentation](https://en.wikipedia.org/wiki/GNSS_augmentation) (pridobljeno 07.05. 2016)

GPS. 2015.

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Globalni\\_sistem\\_pozicioniranja](https://sl.wikipedia.org/wiki/Globalni_sistem_pozicioniranja) (pridobljeno 15.05.2016)

GPS performaces. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/GPS\\_Performances](http://www.navipedia.net/index.php/GPS_Performances) (pridobljeno 18.05.2016)

EGNOS. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/European\\_Geostationary\\_Navigation\\_Overlay\\_Service#Ground\\_stations](https://en.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service#Ground_stations)  
(pridobljeno 22.05.2016)

EGNOS SoL service. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS\\_Safety\\_of\\_Life\\_Service](http://www.navipedia.net/index.php/EGNOS_Safety_of_Life_Service) (pridobljeno 22.05.2016)

EGNOS SoL service document. 2014.

[http://egnos-portal.gsa.europa.eu/sites/default/files/EGNOS\\_SOL\\_SDD\\_2.1.pdf](http://egnos-portal.gsa.europa.eu/sites/default/files/EGNOS_SOL_SDD_2.1.pdf) (pridobljeno 27.05.2016)



---

GMES-Galileo. 2012.

[http://www.arhiv.mvzt.gov.si/si/delovna\\_podrocja/znanost\\_in\\_tehnologija/evropsko\\_in\\_mednarodno\\_sodelovanje/esa\\_evropska\\_vesoljska\\_agencija/gmes\\_galileo/](http://www.arhiv.mvzt.gov.si/si/delovna_podrocja/znanost_in_tehnologija/evropsko_in_mednarodno_sodelovanje/esa_evropska_vesoljska_agencija/gmes_galileo/) (pridobljeno 14.05.2016)

GLONASS. 2016.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/GLONASS> (pridobljeno 11.05.2016)

Sitsa. 2016.

<http://www.si-tsa.gov.si/osnove.php> (pridobljeno 01.06.2016)

Dead Reckoning. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Dead\\_reckoning](https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_reckoning) (pridobljeno 30.05.2016)

SDCM. 2011.

<http://www.navipedia.net/index.php/SDCM> (pridobljeno 13.04.2016)

GLONASS. 2016.

<https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS> (pridobljeno 12.04.2016)

GLONASS User Segment. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php?title=GLONASS\\_User\\_Segment&diff=12959&Boloid=prev](http://www.navipedia.net/index.php?title=GLONASS_User_Segment&diff=12959&Boloid=prev) (pridobljeno 15.04.2016)

Beidou. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System) (pridobljeno 20.04.2016)

IRNSS. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Indian\\_Regional\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System) (pridobljeno 20.04.2016)

GPS Aided Geo Augmented Navigation. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_Aided\\_GEO\\_Augmented\\_Navigation](https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_Aided_GEO_Augmented_Navigation) (pridobljeno 23.05.2016)

QZSS. 2016.

<http://www.navipedia.net/index.php/QZSS> (pridobljeno 22.05.2016)

Quasi-Zenith Satellite System, 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith_Satellite_System) (pridobljeno 22.05.2016)

MTSAT. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/MTSAT\\_Satellite\\_Augmentation\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/MTSAT_Satellite_Augmentation_System) (pridobljeno 24.05.2016)

---

Personal Navigation Devices. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Personal\\_Navigation\\_Devices](http://www.navipedia.net/index.php/Personal_Navigation_Devices) (pridobljeno 02.06.2016)

Monitor. 2014.

<http://www.monitor.si/clanek/pametni-avtomobili/154217/> (pridobljeno 08.06.2016)

Avtomotive navigation system. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_navigation\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_navigation_system) (pridobljeno 11.06.2016)

Traffic Message Channel. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic\\_message\\_channel](https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_message_channel) (pridobljeno 12.06.2016)

EGNOS Portal. 2016.

<http://egnos-portal.gsa.europa.eu/discover-egnos/about-egnos> (pridobljeno 22.05.2016)

Galileo applications. 2002.

[http://ec.europa.eu/dgs/energy\\_transport/galileo/doc/galileo\\_app11.pdf](http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/galileo/doc/galileo_app11.pdf) (pridobljeno 23.05.2016)

GPS goverment. 2006.

<http://www.gps.gov/applications/roads/> (pridobljeno 23.05.2016)

Road Navigation. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Road\\_Navigation](http://www.navipedia.net/index.php/Road_Navigation) (pridobljeno 25.05.2016)

Application of Road Traffic and Construction. 2016.

[http://www.academia.edu/10375008/Application\\_of\\_GNSS\\_in\\_Road\\_Traffic\\_and\\_Construction](http://www.academia.edu/10375008/Application_of_GNSS_in_Road_Traffic_and_Construction)  
(pridobljeno 08.06.2016)

Traffic Management. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Traffic\\_Management](http://www.navipedia.net/index.php/Traffic_Management) (pridobljeno 25.05.2016)

Informator. 2004.

[http://www.gvin.com/einform\\_guideline\\_directives\\_article\\_news/Default.aspx?Page=Izpis&ID=769](http://www.gvin.com/einform_guideline_directives_article_news/Default.aspx?Page=Izpis&ID=769)  
(pridobljeno 26.05.2016)

Road Applications. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Road\\_Applications](http://www.navipedia.net/index.php/Road_Applications) (pridobljeno 22.05.2016)

Fleet Management and Vehicle Tracking. 2011

---

[http://www.navipedia.net/index.php/Fleet\\_Management\\_and\\_Vehicle\\_Tracking](http://www.navipedia.net/index.php/Fleet_Management_and_Vehicle_Tracking) (pridobljeno 29.05.2016)

Tooling. 2011.

<http://www.navipedia.net/index.php/Tolling> (pridobljeno 28.05.2016)

Viapan. 2016.

<http://www.viapan.com/faq.htm#Kaknajenatannostizraunasatelitskegacestninjenja> (pridobljeno 30.05.2016)

Zakon o cestninjenju. 2016.

[http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/DC\\_splosno/predpisi/Zakon\\_o\\_cestninjenju\\_5.pdf](http://www.mzp.gov.si/fileadmin/mzp.gov.si/pageuploads/DC_splosno/predpisi/Zakon_o_cestninjenju_5.pdf)

Podrobnejše pojasnilo poročila za javnost. 2011.

[https://www.ip-rs.si/fileadmin/user\\_upload/Pdf/novice/Elektronsko\\_cestninjenje\\_-\\_Podrobnejse\\_pojasnilo\\_sporocila\\_za\\_javnost.pdf](https://www.ip-rs.si/fileadmin/user_upload/Pdf/novice/Elektronsko_cestninjenje_-_Podrobnejse_pojasnilo_sporocila_za_javnost.pdf) (pridobljeno, 01.06.2016)

Drajv. 2016.

<http://drajv.triglav.si/faq> (pridobljeno 15.06.2016)

Advanced Driver Assistance Systems. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_driver\\_assistance\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_driver_assistance_systems) (pridobljeno 05.06.2016)

Emergency Services. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Emergency\\_Services](http://www.navipedia.net/index.php/Emergency_Services) (pridobljeno 02.06.2016)

Poročilo komisije Evropskemu parlamentu in svetu. 2014.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0642> (pridobljeno 15.04.2016)

Evropska komisija, Sporočilo za medije. 2013.

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-534\\_sl.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-534_sl.htm) (pridobljeno 22.05.2016)

Evropska Komisija, Sporočilo za medije. 2012.

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-366\\_sl.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-366_sl.htm) (pridobljeno 13.06.2016)

GSA The Road Segment. 2015.

<http://www.gsa.europa.eu/news/gnss-state-play-road-segment> (pridobljeno 28.05.2016)

ITS Direktiva, 2010/40/EU

[http://www.seeits.eu/docs/Related/national\\_action\\_plans/ITS\\_report\\_Slovenia%20\(slo\).pdf](http://www.seeits.eu/docs/Related/national_action_plans/ITS_report_Slovenia%20(slo).pdf)

---

Slovenske železnice

[http://www.slo-zeleznice.si/images/tovorni\\_promet/pdf/Splosni\\_pogoji\\_za\\_dostop\\_do\\_podatkov.pdf](http://www.slo-zeleznice.si/images/tovorni_promet/pdf/Splosni_pogoji_za_dostop_do_podatkov.pdf)  
(pridobljeno 10.06.2016)

ERTMS. 2016.

[http://www.stat.si/StatWeb/doc/sosvet/Sosvet\\_14/Sos14\\_s1310-2010.ppt](http://www.stat.si/StatWeb/doc/sosvet/Sosvet_14/Sos14_s1310-2010.ppt) (pridobljeno 25.06.2016)

Rail Applications. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Rail\\_Applications](http://www.navipedia.net/index.php/Rail_Applications) (pridobljeno 17.06.2016)

Cestni promet. 2015.

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Cestni\\_promet](https://sl.wikipedia.org/wiki/Cestni_promet) (pridobljeno 15.04.2016)

Uvajanje ITS v cestnem prometu v Evropi. 2015.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=URISERV%3Atr0040> (pridobljeno 05.06.2016)

Evropska komisija, Sporočilo za javnost. 2010.

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_PRES-10-277\\_sl.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_PRES-10-277_sl.htm) (pridobljeno 22.06.2016)

GIS. 2015.

[https://sl.wikipedia.org/wiki/Geografski\\_informacijski\\_sistem](https://sl.wikipedia.org/wiki/Geografski_informacijski_sistem) (pridobljeno 25.06.2016)

Mapping and GIS. 2011.

[http://www.navipedia.net/index.php/Mapping\\_%26\\_GIS](http://www.navipedia.net/index.php/Mapping_%26_GIS) (pridobljeno 27.06.2016)

Geographic information system. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic\\_information\\_system#Cartographic\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system#Cartographic_modeling)

National Geographic. 2016.

<http://nationalgeographic.org/encyclopedia/geographic-information-system-gis/> (pridobljeno 28.07.2016)

Transport and logistics, 2016.

[http://slovenia.gdi.net/?page\\_id=793](http://slovenia.gdi.net/?page_id=793) (pridobljeno 03.08.2016)

**Ostali viri**

---

Budimir, D., Šegvić, S. Automatizacija prometnog GIS-a primjenom računalniškog vida. Brošura. Fakultet za elektrotehniku, Zagreb

<http://www.zemris.fer.hr/~ssegvic/mastif/pubs/arca09>

Kos T., Grgić S., Krile S. 2005. Poboljšanje sustava satelitske navigacije, Pomorska navigacija, Naše more: 59 str.

<http://hrcak.srce.hr/file/12784>

Kozmus, K., Stopar, B. 2003. Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami, Geodetski vestnik 47/2003-4: str 405, 411.

[http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4\\_404-413.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_404-413.pdf)

Kozmus, K. 2009. Združeni sistemi GNSS/INS za neprekinjeno navigacijo, Geodetski vestnik 53/2009-2: 240 str.

Štern, A., Bešter, J. 2014. Zmogljivost satelitskih lokacijskih storitev za cestni promet. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

[http://erk.fe.uni-lj.si/2014/stern\(zmogljivost\)p.pdf](http://erk.fe.uni-lj.si/2014/stern(zmogljivost)p.pdf)

Zelena knjiga o satelitskih navigacijskih aplikacijah. 2006.

[http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/com/com\\_com\(2006\)0769\\_/com\\_com\(2006\)0769\\_sl.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2006)0769_/com_com(2006)0769_sl.pdf)

Zorin, U. 2006. Enovit nadzor in vodenje prometa na slovenskih avtocestah – stičišče inteligentnih transportnih sistemov.

<http://www.drc.si/Portals/1/Referati/T2-Zorin.pdf>

Evropska GNSS agencija, GNSS Market Report. 2015.

<http://www.gsa.europa.eu/market/market-report> (pridobljeno 15.06.2016)

GNSS Market Report, Road sector, 2015

GNSS Market Report, Rail sector, 2015