

PM

2007-09-07

- Artikel publicerad i Kartografiska Sällskapetets tidskrift *Kart & Bildteknik*, 2007:3, sid 13-19

Satellitesystem för kartläggning och dess status

Olika sorters och typer av satellitesystem kan användas på olika sätt för kartläggning. De satellitesystem som denna artikel behandlar och beskriver statusen för är de som är avsedda för positionsbestämning och navigering, där det mest kända systemet är det amerikanska GPS.



Användningen av GPS har varit explosionsartad det senaste decenniet, här kartläggning i Namibia. Foto: Dan Norin.

Tekniken bygger på att satelliterna sänder ut signaler som tas emot av mottagare på jorden, vilka för kartläggningstillämpningar är placerade vid de geografiska objekt som skall positionsbestämmas.

Dan Norin

Lantmäteriet Informationsförsörjning Geodesi 801 82 Gävle
Tfn: 0771-63 37 45 Fax: 026-61 06 76
E-post: dan.norin@lm.se Internet: www.lantmateriet.se

Denna teknik att göra positionsbestämningen direkt mot satelliterna kallas absolut mätning. Genom att samtidigt utnyttja satellitdata från en eller flera s.k. referensstationer kan noggrannheten förbättras jämfört med absolut mätning. Två mättekniker i sammanhanget är DGPS och RTK, där DGPS (Differentiell GPS) lite slarvigt uttryckt ger meternoggrannhet i plan och RTK (Real Time Kinematic) ger centimeternoggrannhet i plan. RTK-tekniken har haft en mycket snabb utveckling och stort genomslag sedan den infördes 1993 (Norin, 2005).



Kartläggning i Bhutan med DGPS-mätning. Foto: Dan Norin.

Fordonslokalisering och enklare navigering är exempel på GPS-tillämpningar där absolut mätning passar bra. För mätningen kan enkla handhållna mottagare användas. Även för småskaliga kartläggningstillämpningar kan absolut mätning användas, även om DGPS kan vara att föredra för att positionsbestämna de geografiska objekten. Förutom objekt som t.ex. fornlämningar kan provplatser och platser där andra mätningar utförts samt andra geografiska data som behövs i t.ex. GIS-sammanhang positionsbestämmas. DGPS-mätning används även mycket inom jord- och skogsbruk, även om behovet av RTK för dessa tillämpningar ökar. RTK har annars sin största användning för storskalig kartering som för kommunala

primär- och baskartor samt för förrättningsmätning. Även inom byggsektorn används RTK mycket, inte bara för inmätning och utsättning, utan även för maskinguidning.



Förrättningsmätning i Belize. Foto: Bo-Göran Holmgren.

Vad är GNSS?

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) är ett numera etablerat samlingsnamn för de satellitsystem som är avsedda för positionsbestämning och navigering. Man pratar även om att de kan användas för PNT-tillämpningar, där PNT står för Positioning, Navigation and Timing. Förutom GPS finns även det ryska Glonass och det europeiska initiativet att bygga upp ett system som heter Galileo, men det finns även planer på GNSS i några andra delar av världen.

Befintliga GNSS-satelliter går i banor runt jorden på ca 20 000 km:s avstånd från jordytan, vilket innebär att de är MEO (Medium Earth Orbit). Kommunikationssatelliter m.m. som går på mycket lägre höjd (upp till 2 000 km) brukar betecknas LEO (Low Earth Orbit). Ett specialfall är GEO (GEostationary Orbit), vilket innebär att satelliten läggs på ca 35 786 km:s höjd över ekvatorn. Den följer då med jordrotationen och får ett konstant täckningsområde på jorden.

GPS

GPS (Global Positioning System), eller NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Time and Ranging Global Positioning System) som det också benämns, är det GNSS som varit längst i drift. Den första GPS-satelliten sköts upp 22 februari 1978 och den senaste (den 55:e i ordningen) sköts upp 17 november 2006. Operationellt, dvs. att det finns 24 aktiva satelliter, blev systemet 1993.

Policyn runt och planerna för GPS (och navigationssystem baserade på andra tekniker) finns beskrivna i USA:s radionavigeringsplan (DoD, DOT, DHS, 2005). Även den svenska radionavigeringsplanen beskriver GPS tillsammans med övriga GNSS och andra navigationssystem (SjöV, 2007).

De GPS-satelliter som skjutits upp sedan 1978 har successivt förbättrats då nya generationer av satelliterna, s.k. block, har införts. En sammanställning de uppskjutna GPS-satelliterna i de olika blocken och hur många som fortfarande är i drift finns i figur 1.

Block	Uppskjutningsår	Totalt antal	Antal i drift
I	1978-1985	11	0
II	1989-1990	9	0
IIA	1990-1997	19	15
IIR	1997-2004	13	12
IIR-M	2005-	3	3
Summa	1978-	55	30

Figur 1: Antalet uppskjutna GPS-satelliter genom tiderna och hur många som är i drift i dag (september 2007).

För numreringen av satelliterna används dels SVN (Space Vehicle Number), dels PRN (Pseudo Random Noise), där PRN-numret är det som vanligtvis används. Varje uppskjuten satellit sedan 1978 har fått ett unikt SVN-nummer, medan PRN är en uppsättning av 32 unika koder som signalmässigt används för att särskilja satelliterna. GPS är således ett GNSS som använder s.k. kodåtskillnad (CDMA=Code Division Multiple Access) av satelliterna. Det finns även PRN-koder 33-60 reserverade, men systemet torde inte kunna hantera dessa förrän runt 2012. Tills vidare är således GPS begränsat till 32 aktiva satelliter för att varje skall få en unik PRN-kod.

Då det vidare funnits osäkerhet om GPS-systemet klarar en konstellation av 32 aktiva satelliter och om GPS-mottagare kan klara 32 eller t.o.m. bara 31 PRN-koder, så har USA utfört tester under

vintern 2006-2007. För att tillfälligt komma upp i en konstellation av 31-32 aktiva satelliter har den sista, och egentligen uttjänta, Block II-satelliten SVN15 med PRN15 sändt som testsatellit fram t.o.m. 14 mars 2007. Vidare har det även gjorts möjligt för den första Block IIA-satelliten SVN23, som fram till 2004 sände på PRN23, att åter sända för utvärderingsändamål, vilket den också gjorde 1-6 december 2006. Då PRN23 nu används av en Block IIR-satellit, så fick SVN23 nu använda den PRN-kod som var ledig, vilken var PRN32.

En sammanställning av grundläggande fakta om GPS (och även Glonass och Galileo) finns i figur 2.

	GPS	Glonass	Galileo
Ägare	USA:s förvar	Rysslands försvar	GSA (EU och ESA)
Antal satelliter för operationellt system	24 st	24 st	30 st ¹
Datum för första uppskjutna satellit	22 februari 1978	12 oktober 1982	28 december 2005 ²
Förväntad satellitlivslängd	7,5-10 år	3-5 år	
Banplan	6 st	3 st	3 st
Satellitpositioner i varje banplan	6 st	8 st	10 st
Satellitbanornas höjd över jordytan	Ca 20 180 km	Ca 19 140 km	Ca 23 222 km
Omloppstid	11 h 57,97 min	11 h 15,73 min	Ca 14 h
Inklination	55°	64,8°	56°
Referenssystem	WGS 84 (World Geodetic System 1984)	PZ-90.02 ³ (Parameters of the World 1990, version 2)	GTRF (Galileo Terrestrial Reference Frame)
Satellitåtskillnad	Kodåtskillnad	Frekvensåtskillnad	Kodåtskillnad

Figur 2: Några grundläggande fakta för GPS, Galileo och Glonass. ¹27 stycken Galileo-satelliter skall enligt planerna vara aktiva och 3 stycken skall vara s.k. aktiva reserver, men det finns synpunkter (från bl.a. Sverige) att alla 30 borde vara aktiva. ²Avser testsatelliten Giove-A. ³PZ-90.02 är en andra version av PZ-90 som infördes om planerna höll 20 september 2007 och som är knuten till ITRF (International Terrestrial Reference Frame), vilket även WGS 84 och GTRF såväl som det svenska referenssystemet SWEREF 99 är.

Som anges i figur 1 finns det tre stycken aktiva Block IIR-M-satelliter (den första sköts upp 26 september 2005). En av moderniseringarna knutna till dessa är den nya signalen L2C. Denna kommer bl.a. att underlätta RTK-mätning och öka satellittillgängligheten i störda miljöer, men även möjliggöra bättre noggrannhet vid absolut mätning. Det finns ytterligare fem Block IIR-M-satelliter klara på backen att skjuta upp, där planerna är att skjuta upp två av dessa fem under 2007. Därefter är det dags för nästa modernisering som heter Block IIF, vilken kommer att innebära en helt ny civil signal som heter L5. L5 ger bättre signalstruktur och har tillkommit mycket genom önskemål för tillämpningar inom flyget där en förbättrad noggrannhet i första hand inte är intressant, utan en ökad tillförlitlighet. Den första Block IIF-satelliten kan komma att skjutas upp i slutet av 2008.



Kartläggning i Bhutan med RTK-mätning. Foto: Dan Norin.

I dag används L1-signalen via C/A-koden, ett sätt som på sikt dock kommer att bli omodernt bl.a. med tanke på interoperabiliteten med andra GNSS. Därav kommer nästa generations satelliter (Block III) att kompletteras med signalen L1C. Definiering av Block III pågår fortfarande och den första satellituppskjutningen är planerad till 2013.

I moderniseringen av GPS ingår även att modernisera systemets kontrollstationer samt att utöka antalet. Av de ursprungliga 5-6 kontrollstationerna håller NGA (National Geo-Spatial Intelligence Agency) på att komplettera med 11-12 nya, varav 8 är klara.

Glonass

Den första satelliten för Glonass (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) sköts upp 12 oktober 1982. Systemet var helt operationellt med 24 aktiva satelliter en kort tid 1996. Med den relativt korta livslängden för Glonass-satelliterna och problem med finansieringen sjönk antalet snabbt under senare delen av 1990-talet. Under senare år har dock en fortsatt utbyggnad och modernisering av Glonass tagit vid. En sammanställning av antalet Glonass-satelliter i september 2007 finns i figur 3.

Typ	Uppskjutningsår	Antal i drift	Antal temporärt ur drift	Antal mer permanent ur drift	Totalt antal
Glonass	2000-2005	4	2	3	9
Glonass-M (prototyp)	2001	0	0	1	1
Glonass-M	2003-	6	1 ¹	0	7
Summa	2000-	10	3 ¹	4	17

Figur 3: Antalet Glonass-satelliter i september 2007. ¹En av de tre Glonass-M-satelliter som sköts upp 25 december 2006 är ännu inte aktiv.

Några generella utfästelser rörande Glonass är:

- Glonass skall fortsättningsvis vara ett system före både militär och civil användning.
- Glonass har full statlig support och budget för en snabb utbyggnad.
- Glonass skall inte ha några användaravgifter.
- Tillgången till Glonass signalstruktur är öppen.
- Glonass skall verka för interoperabilitet och kompatibilitet med andra GNSS.

Under 2006 stärktes statusen för Glonass ytterligare i och med de två anvisningar som Rysslands president Vladimir Putin då gav. Dessa fastslog bl.a. tidsramarna för utbyggnaden av Glonass och att Glonass skall vara jämförbart med GPS/Galileo 2010. För bl.a. detta är en hel del förbättringar rörande Glonass planerade de närmaste åren, t.ex.:

- Två uppskjutningar om sammanlagt sex satelliter av den senaste typen (Glonass-M) skall ge en konstellation bestående av minst 18 satelliter i slutet av 2007.
- Full konstellation med 24 satelliter skall finnas i slutet av 2009 (operativa 2010-2011).
- En förbättrad andra version av det geodetiska referenssystemet PZ-90 kallad PZ-90.02 infördes om planerna höll 20 september 2007. Denna är knuten till ITRF (International Terrestrial Reference Frame), vilket även WGS 84 och GTRF såväl som det svenska referenssystemet SWEREF 99 är.
- Kommande Glonass-M-satelliter har (tillsammans med befintliga Glonass-M-satelliter) bättre satellitklockor än de äldre Glonass-satelliterna samt även C/A-kod på L2-signalen.
- En ny generation ytterligare förbättrade satelliter kallad Glonass-K kommer att börja skjutas upp 2008-2009. Dessa kommer att ha en ny civil signal kallad L3.
- Längre livslängd för satelliterna (sju år för Glonass-M och tio år för Glonass-K).
- Förbättringar rörande Glonass tidssystem införs.
- Utöka antalet kontrollstationer för systemet.

Tester vid absolut mätning med Glonass-satelliterna har redan nu visat att noggrannheten har förbättrats, även om det är en bit kvar till den för GPS. En annan sak som har hänt är att tidigare restriktioner om begränsad noggrannhet från GNSS inom Ryssland (på 30 meter) hävdes 1 januari 2007.

Galileo

Galileo ägs av den europeiska myndighet som har skapats för detta som heter GSA (European GNSS Supervisory Authority), vilken styrs av EU och som har ett samarbetsavtal med den europeiska rymdstyrelsen ESA (European Space Agency). Utvecklingen av systemet görs via ett utvecklingskontrakt med ESA av ESNI (European Satellite Navigation Industries), som är en grupp med några av de stora rymdrelaterade industriföretagen i Europa. Den slutliga uppbyggnaden och driften av systemet är sedan planerad att handhas av GOC (Galileo Operating Company), vilket är ett konsortium som håller på att bildas av ett större antal av de stora rymdrelaterade industriföretagen i Europa. Handhavandet är planerat att ske via ett s.k. privat-offentligt partnerskap mellan GSA och GOC, där GOC kommer att driva systemet med en koncession på 20 år. Projektet har indelats i fyra faser (figur 4).

Tidsram	Fas för Galileo-projektet
-2003	Under den första fasen har systemet definierats. För att göra utvärderingar har befintliga GPS-satelliter används.
-2008	Viktigt för den andra fasen rörande utvecklingen av systemet var att skjuta upp den första testsatelliten (som heter Giove-A). Detta för att dels kunna utföra praktiska tester (som att testa stabiliteten i satellitklockorna och mäta strålningen), dels för att säkra de frekvensområden som satelliterna skall sända på då frekvenstillståndet bara är giltigt i två år utan att det används. Giove-A-satelliten sköts upp 28 december 2005 och har sedan dess framgångsrikt används för testerna. Uppskjutningen av en andra testsatellit kallad Giove-B har blivit försenad p.g.a. problem vid systemtesten av en komponent och är nu planerad till 29 december 2007. Det kommer även att finnas en tredje testsatellit som heter Giove-A2. Den kommer att finnas klar att vid behov skjutas upp under andra halvan av 2008 för att minimera risken att det skall bli tyst från rymden i mer än två år. Detta med tanke på om det händer något med Giove-A och Giove-B.
2005-2009	Den tredje fasen drogs i gång parallellt med den andra fasen i december 2004. Den är till för att kunna göra IOV (In Orbit Validation) av systemet, dvs. en utvärdering av en konstellation av satelliter, vilken kommer att uppgå till fyra stycken. Mer än 1 000 personer jobbar med denna fas och mer än 400 industrikontrakt har skrivits. Målsättningen är att göra en första uppskjutning i slutet av 2008 och sedan få upp alla fyra satelliter till sommaren 2009, varefter en sex månaders testperiod vidtar.
2010-2012	Under den fjärde och sista fasen kommer den slutliga konstellationen av 30 satelliter att byggas ut genom att de fyra IOV-satelliterna kompletteras med ytterligare 26 satelliter. Denna fas är planerad att skötas av koncessionären GOC.

Figur 4: De fyra huvudsakliga faserna för Galileo-projektet och de tidsramar som gällde inför 2007. Tidsramarna för projektet har under projektets gång blivit förskjutna och det finns risk för ytterligare förseningar (se nedan).

Som nämndes i samband med figur 4 så finns det risk för ytterligare förseningar av Galileo-projektet. Den främsta orsaken till detta är att

förhandlingarna mellan ägaren GSA och koncessionären GOC om koncessionsavtalet är långt i från slutförda. Det är t.o.m. så att de ligger nere sedan november 2006 efter att situationen i princip varit låst sedan 2005. Den främsta orsaken till att förhandlingarna ligger nere är att de industriföretag som ingår i GOC inte kan enas inbördes om bl.a. hur riskerna skall fördelas. Man kan uttrycka det som så att GSA inte har ett färdigt konsortium att förhandla med. Nu har EU försökt sätta lite press på industrin att lösa situationen inom konsortiet och man har även börjat titta på en mer statlig finansiering. Innan utgången av 2007 torde det finnas mer information om hur den fortsatta uppbyggnaden av Galileo-projektet skall genomföras. Oavsett på vilket sätt det löser sig (det finns också ett riskscenario att situationen inte kan lösas) så kan det i första hand bli en försening av den fjärde fasen av projektet, som alltså skall skötas av konsortiet, men också av den tredje fasen (IOV-fasen).

Andra GNSS

Det förekommer även planer på GNSS i andra delar av världen som Japan, Indien och Kina. I Japan heter systemet QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) och det kommer inte att bli ett eget system, utan kommer att bestå av tre satelliter som kommer att bättra på GPS-konstellationen. Satelliterna kommer att gå i en s.k. quasi-zenit-bana på så sätt att en satellit alltid kommer att finnas på en högre elevation än 78° över horisonten i Tokyo. Den första satelliten (QZS-1) kommer enligt planerna att skjutas upp 2009 och övriga två ett antal år därefter. Fem av de sex signalerna från QZSS-satelliterna kommer att vara gemensamma med motsvarande GPS-signaler.

I Indien planerar man för IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System). Detta satellitsystem kommer att bli ett oberoende GNSS som dock bara kommer att bestå av sju satelliter. Fyra av satelliterna planeras att gå i en quasi-zenit-bana och tre stycken planeras att vara GEO. Med denna konstellation kommer tillgängligheten av systemet inte att bli så stor. Orsaken till att systemet behövs som nämns från indiskt håll är att GPS fått liten spridning på landsbygden i Indien och att man behöver ett eget system för att få en revolution inom GNSS-tillämpningar.

30 oktober 2000 skickade Kina upp satelliten BNTS-1 (GEO) och påbörjade därmed uppbyggnaden av ett lokalt navigationssystem över Kina som kallas Beidou. Kineserna har nu bekräftat att detta system kommer att byggas ut till ett globalt GNSS som går under

namnet Compass. Systemet planeras att bestå av 5 GEO och 30 MEO på ca 20 000 km höjd i sex olika banplan och den första satelliten sköts upp 13 april 2007.

Stödsystem

Det finns många olika stödsystem baserade på fasta referensstationer som kan stödja ett eller flera GNSS genom att t.ex. sända ut GNSS-data via någon distributionskanal. En grov indelning av distributionskanalerna är om GNSS-data sänds ut via satellit eller från marken. Satellitbaserade stödsystem brukar kallas SBAS (Satellite Based Augmentation System), medan markbaserade brukar kallas LBAS (Land Based Augmentation System).

Exempel på svenska LBAS är SWEPOS Nätverks-RTK- och Nätverks-DGPS-tjänster (Jonsson, 2007 och Jonsson et al, 2006) samt DGPS-tjänsten Epos. De SBAS som finns har av naturen en mer global täckning än LBAS och de kan använda både LEO och GEO för utsändningen av GNSS-data. En sorts SBAS som har en särställning är EGNOS och liknande stödsystem.

EGNOS och liknande stödsystem

EGNOS och liknande stödsystem är några SBAS för GNSS som har en särställning och i bland även används som en synonym för SBAS. De har tillkommit främst för flygtillämpningar och det som gör de speciella är att GNSS-data sänds ut från GEO på en GPS-liknande signal. GNSS-data består av DGPS-korrektioner, men även av annan information som t.ex. integritetsinformation. I och med att en GPS-liknande signal används kan signalen tas emot av GPS-antennen och inget externt radiomodem eller liknande behövs. En nackdel med systemen, då GEO används för utsändningen av GNSS-data, är att de inte fungerar så bra vid markytan på höga latituder.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) är det europeiska systemet som har tillkommit efter initiativ från den europeiska rymdstyrelsen ESA (European Space Agency), EU och den europeiska flygorganisationen Eurocontrol Systemet har varit i en testdrift i några år och drivs av ESSP (European Satellite Services Provider). Till mars 2008 kommer en koncessionär utses för den slutliga administrationen av systemet. Utbyggnaden av referensstationerna som utsända GNSS-data (i dag GPS och Glonass) baseras på slutförs under 2007, då antalet kommer att uppgå till 40 stycken

över huvudsakligen Europa. Referensstationerna kallas RIMS (Ranging & Integrity Monitoring Stations) och en ligger i Sverige (Gävle). Det finns även planer på att bygga ut i Nordafrika. Tre stycken GEO används för utsändningen.

WAAS (Wide Area Augmentation System) är det amerikanska systemet som varit helt operationellt sedan juli 2003 och som drivs av den amerikanska flygadministrationen FAA (Federal Aviation Administration). För utsändningen används fyra GEO över Stilla Havet och in över Nordamerika. De referensstationer som utsända GNSS-data baseras på har främst legat i USA, men en utvidgning i närliggande länder pågår. Ett utvecklingsområde är att i större utsträckning basera integritetskontrollen på bärvågssignalen, vilket är en sak som kan innebära att systemet kan stödja landning ner till lägre höjd. Det förekommer även planer på liknande stödsystem i andra delar av världen som Japan, Indien, Kina, Australien och Brasilien (Norin, 2007).

Samverkan mellan olika satellitsystem

Från samtliga GNSS talar man om att interoperabiliteten och kompatibiliteten mellan de olika GNSS är viktig. Med interoperabilitet menas om systemen kan samverka och förbättra kvaliteten. Med kompatibilitet menas om de överhuvudtaget kan passa ihop utan att störa varandra eller orsaka andra problem. Frågorna diskuteras inom diverse arbetsgrupper och på diverse sammankomster mellan företrädare för de olika satellitsystemen.

Då Glonass till skillnad från övriga GNSS använder frekvensåtskillnad (FDMA=Frequency Division Multiple Access) av satelliterna är detta en sak som försvårar interoperabiliteten. Härav har det förekommit önskemål och diskussioner om att även Glonass skall gå över till kodåtskillnad. Ett färdigt koncept över Glonass-K-satelliterna skall finnas klart under 2007. I denna process finns frågan om att använda kodåtskillnad för någon eller några av signalerna med, men det är osäkert om det blir så. Ett nyligen gjort konstaterande från ryskt håll om den goda prestanda för de kombinerade GPS/Glonass-mottagare som i dag finns på marknaden styrker denna osäkerhet.

I Sverige har kombinerade GPS/Glonass-mottagare börjat användas för t.ex. RTK-mätning. För att studera om Glonass tillför något vid mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst har två examensarbeten genomförts (Eriksson & Hedlund, 2005 och Johnsson & Wallerström,

2007). I det första genomfördes testmätningar endast på punkter med god sikt mot satelliterna. Det andra genomfördes däremot på punkter med stor variation rörande siktförhållandena och här fick kombinationen GPS/Glonass en högre lyckandegrad än enbart GPS (88 % mot 81 % för de delvis rätt besvärliga punkter som användes). Med lyckandegrad menas om s.k. fixlösning överhuvudtaget kunde erhållas inom tre minuter. Studien visade vidare att Glonass-satelliterna inte gav någon förbättring av positionsnoggrannheten.

Nyttan av fler satellitsignaler

Det ökande antalet satellitsignaler från befintliga och nya GNSS gör det möjligt att mäta med förbättrad noggrannhet och att det går lättare att mäta i störda miljöer som tät skog. Ett exempel är GPS L2C-signal som finns på den generation av GPS-satelliter som håller på att skjutas upp för närvarande, Block IIR-M. Vid RTK-mätning blir det genom detta lättare att utnyttja L2-signalen utan någon förlust av signalstyrka, vilket ger större möjlighet att ta emot signalen i t.ex. skoglig omgivning. I framtiden kommer tillverkare av GPS-utrustning att kunna välja mellan upp till fyra olika civila GPS-signaler och dra nytta av varje signals specifika egenskaper. Med Galileo öppnar sig nya ännu okända möjligheter med ett stort antal satelliter och signaler.

Referenser

DoD, DOT, DHS (2005): 2005 Federal Radionavigation Plan. Department of Defence (DoD), Department of Transportation (DOT), Department of Homeland Security (DHS) (www.navcen.uscg.gov/pubs/frp2005/2005%20FRP%20WEB.pdf).

Eriksson M & Hedlund G (2005): Satellitpositionering med GPS och GPS/Glonass. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2005:8, Gävle (www.lantmateriet.se/geodesi).

Johnsson F & Wallerström M (2007): En nätverks-RTK-jämförelse mellan GPS och GPS Glonass. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2007:1, Gävle (www.lantmateriet.se/geodesi).

Jonsson B (2007): Positionering med exakt noggrannhet. SLF, Nya lantmätaren, 5/07, 18-21.

Jonsson B, Hedling G, Jämtnäs L, Wiklund P (2006): SWEPOS positioning services – status, applications and experiences. FIG, XXIII

International Congress, 8-13 oktober 2006, Proceedings, 14 sidor,
München, Tyskland.

Norin D (2005): RTK-teknikens utveckling. KS, Kart & Bildteknik,
2005:4, 6-9.

Norin D (2007): Nuläget vad gäller GPS, Galileo och GLONASS.
SKMF, MätKart 07, 9-11 maj 2007, Dokumentation, 2a:1:1-2a:1:7,
Uppsala.

SjöV (2007): Radionavigeringsplan för Sverige 2006. Sjöfartsverket
(www.sjofartsverket.se/upload/Pdf-Gemensamma/RNP_2006.pdf).