

Kortmanual för mätning med **SWEPOS Nätverks- RTK-tjänst**



Dan Norin, Andreas Engfeldt, Stefan Öberg, Lars Jämtnäs

Utgåva 3, Gävle 2010

LANTMÄTERIET



LANTMÄTERIET



Copyright ©

2010-12-21

Författare Dan Norin, Andreas Engfeldt, Stefan Öberg, Lars Jämnäs

Typografi och layout Rainer Hertel

Totalt antal sidor 26

LMV-Rapport 2006:2, utgåva 3 – ISSN 0280-5731

Kortmanual för mätning med **SWEPOS Nätverks- RTK-tjänst**



Dan Norin, Andreas Engfeldt, Stefan Öberg, Lars Jämtnäs

Utgåva 3, Gävle 2010

LANTMÄTERIET



Förord

Dokumentet "Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst" (LMV-rapport 2006:2) togs ursprungligen fram under vintern 2005/2006 inom ramen för projektet "Guide till RTK-mätning". Med några mindre kompletteringar publicerades den i en andra utgåva vintern 2006/2007. Revideringen i denna tredje utgåva berör bl.a. kontroller av mätningarna.

En grundligare beskrivning av RTK-tekniken samt en mer omfattande information om inställning av parametrar för mätning och kontroll av mätningarna finns i LMV-Rapport 2010:3 (Checklista för Nätverks-RTK). Grundläggande information om GNSS-tekniken finns i LMV-Rapport 2007:11 (Introduktion till GNSS), vilken i likhet med övriga LMV-rapporter kan laddas ner från www.lantmateriet.se/geodesi.

Frågor och synpunkter på kortmanualen med checklistan kan ställas till:

Lantmäteriet

Geodesi, Division Informationsförsörjning

801 82 Gävle

Tfn: 026-63 39 32

Fax: 026-61 06 76

E-post: geodesi@lm.se

Gävle, december 2010

Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks- RTK-tjänst

	Förord	5
1	Introduktion och syfte	9
2	Utrustning	10
2.1	GNSS-mottagare, GNSS-antenn och kontrollenhet	10
2.2	Mjukvara	11
2.3	Modem för datakommunikationen samt mobiltelefoniabonnemang	11
3	Dataflöde och referenssystem	12
4	Konfigurering	13
5	Förberedelse inför mätning	14
6	Mätning	14
7	Parametrar att beakta under mätning	16
7.1	Satellitförhållandet	16
7.2	Störningar av satellitsignalerna	17
7.3	Mätprocessen	17
7.4	Parametrar som redovisas med mått	19
8	Kontroll av mätningarna	19
8.1	Kontroll genom upprepad mätning	19
8.2	Kontroll genom återbesök	20

8.3	Kontroll genom inmätning av kontrollpunkt	20
8.4	Kontroll genom inmätning av annan punkt med känd position	21
9	Slutord	21
	Bilaga 1 - Råd för parametrarna	22
	Bilaga 2 - Checklista för felsökning vid kontakt med SWEPOS-driften	23

Kortmanual för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst

1 Introduktion och syfte

RTK är nu en fungerande teknik för praktisk detaljmätning och maskinguidning som är på väg att ta över en allt större del av den vardagsmätning som kräver ner mot några centimeters mätosäkerhet i positionen. Vid användning av befintliga referenspunkter i terrängen som utgångspunkter för RTK-mätning krävs att användaren själv etablerar en tillfällig referensstation med tillhörande radiolänk eller annan typ av distributionskanal. Ett alternativ till etableringen av tillfälliga referensstationer är att använda fasta referensstationer som ett nät och som kan användas av alla användare inom täckningsområdet. SWEPOS® är ett sådant nationellt nät som Lantmäteriet driver. Nyheter om SWEPOS och dess tjänster läggs kontinuerligt ut på www.swepos.com. SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst har nationell täckning.

Obs! Sedan september 2013 finns SWEPOS webbplats på www.swepos.se

Syftet med denna kortmanual är i första hand att ge nya och mindre erfarna GNSS-användare en översiktlig fälthandledning för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst, med de förutsättningar som idag (december 2010) gäller för tjänsten. Den tar upp vad användaren skall beakta under mätning och kan till stor del användas generellt för mätning med nätverks-RTK, och även för mätning med RTK mot en basstation (ofta benämnd enkelstations-RTK).

Nätverks-RTK-tjänsten förmedlar idag RTK-data via den teknik för nätverks-RTK som kallas virtuell referensstation. Datakommunikationen mellan tjänsten och användaren kan ske med GSM eller GPRS (mobilt Internet). Annan trådlös Internetkommunikation kan också användas, men i denna kortmanual berörs endast GPRS.

I bilaga 1 presenteras råd för mätning, men dessa skall ses som en översiktlig vägledning vid mätning med tjänsten. Bilagan saknar längre beskrivningar för att vara lätt att ta med i fält och kunna skrivas ut på ett dubbelsidigt A4-papper. För mer detaljer kring råden hänvisas läsaren till texten i de kommande avsnitten samt LMV-Rapport 2010:3.

Kortmanualen är inriktad på inmätning och utsättning av fasta objekt där GNSS-antennen är fastsatt på en mätstång. Läsaren får beakta detta vid användning av den för andra tillämpningar och vid

andra monteringar av GNSS-antennen, som t.ex. vid maskin-guidning. Tjänsten har idag (december 2010) ett huvudsakligt avstånd på 60-70 km mellan referensstationerna och kortmanualen är anpassad till denna fördelning, men kan komma att revideras p.g.a. pågående och framtida förtätningar av SWEPOS-nätet.

2 Utrustning

En komplett mobil RTK-utrustning för mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst (hädanefter benämnd rover) består av:

- GNSS-mottagare inklusive mjukvara.
- GNSS-antenn som antingen kan vara lös eller integrerad med GNSS-mottagaren.
- Kontrollenhet inklusive eventuell mjukvara.
- Modem (inkl. antenn) för datakommunikation med tjänsten, där modemmet kan vara integrerat med GNSS-mottagaren.
- Eventuella kablar mellan de olika utrustningsdelarna om inte blåtandskommunikation används.

Leverantörerna av GNSS-utrustning (dvs. de instrumentleverantörer av RTK-utrustning som finns på den svenska marknaden) tillhandahåller kompletta paket lämpade för mätning med tjänsten. Till utrustningen hör batterier och en mätstång, vilken kan ha fast längd eller vara höj- och sänkbar och som har en doslibell för centrering.

2.1 GNSS-mottagare, GNSS-antenn och kontrollenhet

Följande rekommendationer för mätning med tjänsten gäller för RTK-utrustningen:

- Den skall vara avsedd för geodetisk mätning och gå att använda som en RTK-rover.
- Den skall mäta samtidigt på GPS-satelliternas L1- och L2-frekvens, alltså vara en s.k. tvåfrekvensutrustning.
- Möjlighet att ta emot satellitsignaler från både GPS och Glonass ger förbättrade förutsättningar för mätning då det finns sikthinder till satelliterna.

En GNSS-mottagare med integrerad GNSS-antenn ger för vissa tillämpningar en smidig mätning. Likaså om mottagaren monteras på mätstången då lös antenn används. Mottagaren kan även placeras i en ryggsäck, vilket kan ge ergonomiska fördelar. GNSS-antennerna kan ha olika storlek, ha olika egenskaper rörande signalmottagning och vara olika känsliga för flervägsfel.

Kontrollenheten (och dess eventuella mjukvara) används som gränssnitt till GNSS-mottagaren. Mätdata lagras antingen i kontrollenheten, på ett minneskort eller i GNSS-mottagaren. Mätdata kan sedan lätt överföras till en dator.

2.2 Mjukvara

Mjukvaran skall stödja de funktioner som tjänsten kräver, vilket bl.a. innebär följande:

- Mjukvaran skall hantera den senaste versionen av det rekommenderade standardöverföringsformatet RTCM.
- Mjukvaran skall hantera protokollet Ntrip, som är en standard för överföring av RTCM-data via Internet.

Nya versioner av mjukvaran i GNSS-mottagaren (s.k. firmware) och kontrollenheten brukar innehålla förbättringar rörande t.ex. datahantering och hantering av olika felkällor. Uppdateringar tillhandahålls av leverantörerna av GNSS-utrustning. För att ta hand om och anpassa mätdata till det lagringssystem som finns på kontoret, så kan PC-mjukvara från leverantörerna av GNSS-utrustning användas.

2.3 Modem för datakommunikationen samt mobiltelefoniabonnemang

Modemet kan utgöras av ett i GNSS-mottagaren internt modem, ett modem som är direkt påkopplat på mottagaren, ett löst externt modem eller en extern mobiltelefon. Leverantörerna av GNSS-utrustning tillhandahåller paketlösningar för modem som är lämpade för tjänsten. För områden med dålig mobiltelefonitäckning kan speciella antenner för modemet förbättra signalmottagningen.

För datakommunikation via GSM betalar användaren för uppkopplad tid, medan man för GPRS betalar för överförd datamängd, där det även finns ett takpris. Detaljer runt abonnemangen kan fås på www.swepos.com och från mobiltelefoniooperatörerna. Användaren skall även tänka på följande:

- Det använda GSM-abonnemanget får inte ha ett nummer som är dolt eller hemligt.
- Det använda SIM-kortet skall hantera dataöverföring.
- En personlig säkerhetskod (PIN-kod) till SIM-kortet bör ej användas.
- Modemet och det använda mobiltelefoniabonnemanget skall stödja GPRS.

Obs! Sedan september 2013 finns SWEPOS webbplats på www.swepos.se

3 Dataflöde och referenssystem

När rovern har kopplats upp mot SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst behöver information om roverns position sändas till tjänsten i NMEA-format, ett s.k. GGA-meddelande, vilket sker automatiskt (se vidare om konfigurering i kapitel 4). Tjänsten sänder sedan RTK-data i RTCM-format, vilka är beräknade för den insända positionen.

Tjänsten arbetar i SWEREF 99¹, i vilket även positioner primärt lagras. Användaren måste själv vara medveten om i fall han behöver lagra och redovisa mätdata i något annat referenssystem (t.ex. lokalt) samt vilken ytterligare information om mätningarna som behöver lagras. För vissa tillämpningar kan det för framtiden vara lämpligt att på kontoret lagra data i såväl SWEREF 99 som det lokala referenssystemet, liksom transformationsparametrarna mellan SWEREF 99 och det lokala referenssystemet.

Det som användaren kan behöva lägga in i rovern är:

- **Transformationssamband²:** Transformationssamband från latitud och longitud i SWEREF 99 till plana koordinater i önskat koordinatsystem.
- **Restfelsmodell:** Restfelsmodell för eventuell deformation av koordinaterna efter transformation med avseende på det lokala koordinatsystemet.
- **Geoidmodell:** Geoidmodell för omvandling av höjder över ellipsoiden i SWEREF 99 till höjder i önskat höjdsystem, t.ex. RH 2000³.
- **Objektkodlistor:** Listor för lagring av objektkoder och andra attributdata.
- **Definitioner av utdataformat:** Definitioner för hur utdata skall presenteras från det som har lagrats. Utdata rör koordinater, höjder, format för koordinater och höjder samt önskvärda attributdata (t.ex. objektkoder, linjekoder, styrkoder, internt kvalitetstal⁴ m.m.).

Transformationsparametrar och geoidmodeller kan hämtas från www.lantmateriet.se/geodesi, där även råd i referenssystemsfrågor ges.

¹ SWEREF 99 är det svenska geodetiska referenssystemet och det är ekvivalent med WGS 84.

² Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99. En restfelsmodell kan vara kopplad till transformationssambandet.

³ För höjdomvandling till RH 2000 används geoidmodellen SWEN08_RH2000.

⁴ Det interna kvalitetstalet är ett samlingsnamn för den mätosäkerhetsangivelse som GNSS-mottagare levererar under mätning. Talet tas fram på olika sätt med olika konfidensintervall i olika fabrikat av GNSS-utrustning.

4 Konfigurering

Leverantören av GNSS-utrustningen kan hjälpa till med att konfigurera rovern för SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. Merparten av de inställningar som användaren behöver lägga in brukar kunna samlas i profiler eller listor, eller vara kopplade till det jobb som mätdata lagras i. Användaren behöver skapa en ny konfigurering för varje mätsituation som behöver en egen sådan enligt:

- Välj rätt transformations samband för transformation till önskat koordinatsystem (jämför kapitel 3).
- Välj rätt geoidmodell för höjdomvandling till önskat höjdsystem (jämför kapitel 3).
- Välj objektkodlista (jämför kapitel 3).
- Ange vilket slags modem som används för datakommunikationen och på vilken port på GNSS-mottagaren det är anslutet.
- Ange att GNSS-mottagaren skall vara en RTK-rover (att modemmet skall ta emot RTK-data).
- Ange att referensstationen är en virtuell referensstation, vilket brukar ske via en inställning som heter VRS eller liknande. Denna inställning innebär i vissa RTK-utrustningar att information om roverns position, ett s.k. GGA-meddelande, sänds in till tjänsten i NMEA-format. I andra RTK-utrustningar behöver inställningen utföras separat.
- Ange om GSM eller GPRS skall utnyttjas för datakommunikationen med tjänsten.
 - Om GSM utnyttjas behöver korrekt telefonnummer till tjänsten enligt aktuell information på SWEPOS hemsida anges.
 - Om GPRS utnyttjas behöver korrekt ip-adress, portnummer, användarnamn, lösenord och anslutningspunkt (mountpoint) för tjänsten enligt aktuell information på SWEPOS hemsida anges. GPRS förutsätter att utrustningen även ansluts till Internet, vilket kan ske automatiskt, men kräver även att korrekt GPRS-anslutningspunkt (APN (Access Point Name)) anges.
- Ange att överföringsformatet är RTCM 3.0. För GPRS används även protokollet Ntrip.
- Ange att lagringen av mätdata sker på t.ex. ett minneskort.

Obs! Sedan juni 2012 används RTCM 3.1 i SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst

Obs! Sedan juni 2012 används absoluta antenn-modeller i SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst

- Ange vilken sorts GNSS-antenn som används för rovern. Till antennsorten skall dessutom en relativ antennmodell vara kopplad (se vidare avsnitt 7.3).
- Sätt elevationsgränsen till 13–15 grader över horisonten.
- Sätt observationsintervallet till en sekund.
- Sätt att medeltalsbildning skall göras av minst tre observationer för att erhålla en mätning.
- Ange att det interna kvalitetstalet skall vara definierat i 2D om det är mätosäkerheten i plan som är av största intresse.
- Sätt en maxgräns för det interna kvalitetstalet och/eller DOP-värdet (DOP = Dilution of Precision, se vidare avsnitt 7.1).

5 Förberedelse inför mätning

Följande bör användaren ha kontrollerat före avfärd till mätningen:

- Att all utrustning är hel och fungerar.
- Att batterierna har tillräckligt med laddning.
- Att tillräckligt minnesutrymme (t.ex. på minneskort) för lagring av data finns.
- Att doslibellen inte ger upphov till centreringsfel.
- Att satellitillgången är tillräcklig, vilket görs via en satellitprediktion, vilken t.ex. kan tas fram på www.swepos.com.
- Att användaren har information om eventuella driftstörningar av tjänsten. Genom anmälan på www.swepos.com kan användaren erhålla SMS-varningar för valfria SWEPOS-stationer.
- Att användaren medför tillräcklig information (koordinater, punktskisser m.m.) för att vid behov kunna utföra kontroll (se vidare kapitel 8).

Obs! Sedan september 2013 finns SWEPOS webbplats på www.swepos.se

6 Mätning

Följande behöver användaren tänka på för att göra det möjligt att påbörja och utföra mätningen. Instruktionerna är skrivna så pass generellt att de passar de flesta fabrikat av RTK-utrustningar.

- Koppla ihop⁵ utrustningen, alternativt se till att blåtandskommunikation är etablerad.
- Koppla in batteriet (-erna).

⁵ Om extern GNSS-antenn, kontrollenhet och/eller modem används.

- Sätt in eventuellt minneskort.
- Starta RTK-utrustningen.
- Verifiera att GSM/GPRS-täckningen är tillräckligt bra.
- Invänta att en ungefärlig position har beräknats. Observera att detta är en förutsättning för att kunna använda SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst.
- Kontrollera att GNSS-mottagaren tar emot satellitsignaler från minst fem⁶ GNSS-satelliter på både L1- och L2-frekvensen.
- Välj rätt konfigurering inklusive jobb som mätdata lagras i.
- Koppla upp rovern mot tjänsten och kontrollera att uppkopplingen fungerar.
- Verifiera att rovern tar emot RTK-data.
- Initialisera GNSS-mottagaren. Initialiseringen är den process där de periodobekanta fixeras till rätt heltal och en s.k. fixlösning erhålls. Fixlösning är en förutsättning för mätning på centimeternivå. En ny initialisering bör göras om ingen fixlösning erhållits inom en till två minuter.
- Ange⁷ antennhöjden.
- Ange punktnummer och eventuella attributdata för objektet som skall mätas in.
- Håll mätstången i lod centrerad över objektet.
- Lagra positionen och attributdata för objektet.

För att bestämma excentriciteter till hushörn eller andra dolda objekt kan olika tekniker användas (t.ex. en handhållen avståndsmätare, en s.k. distometer). Efter mätningen kopplar användaren ner sin anslutning till tjänsten. För att utdata skall presenteras på önskat sätt kan användaren behöva använda en definition av utdataformat. Detta är beroende på hur utdata skall hanteras vidare i verksamheten.

För att underlätta felsökning då problem uppstår vid användning av tjänsten finns en kort checklista för felsökning med som bilaga 2. Den bör gås i genom innan kontakt med SWEPOS-driften tas.

⁶ Sex satelliter totalt om en kombination av GPS- och Glonass-satelliter används, och då minst två GPS-satelliter.

⁷ En förvald antennhöjd kan redan vara kopplad till antensorten i konfigureringen (se kapitel 4).

7 Parametrar att beakta under mätning

Ett flertal parametrar under mätningen rörande satellitförhållandet, störningar av satellitsignalerna och själva mätprocessen påverkar mätosäkerheten och även tillförlitligheten (främst tillförlitligheten i att fixlösningen är korrekt). I avsnitt 7.1–7.3 ges kortfattade allmänna beskrivningar över hur dessa parametrar påverkar mätningen. I bilaga 1 ges råd för parametrarna. Information kan också fås av leverantörerna av GNSS-utrustning.

7.1 Satellitförhållandet

- **Satellitssystem:** I dagsläget är GPS och Glonass aktuella för SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst, men framöver kommer även det europeiska Galileo och kanske även det kinesiska BeiDou att bli aktuella. Användning av både GPS och Glonass förbättrar möjligheten att mäta då det finns sikhinder till satelliterna.
- **Satellitsignaler:** Den modernisering som pågår av befintliga satellitsystem och utvecklingen av nya resulterar i ett antal nya satellitsignaler. Mottagare som kan hantera de satellitsignaler som är operativa, samt är förberedda för framtida signaler bör väljas.
- **Satellitantal:** Många satelliter är generellt sett bra för initialiseringen och mätosäkerheten. Under initialisering krävs mätning mot minst fem GNSS-satelliter som är gemensamma för rovern och tjänsten då enbart GPS används. För kombinationen GPS/Glonass krävs mätning mot minst sex stycken.
- **Elevationsgräns:** Elevationsgränsen sätts normalt till ca 13–15 grader över horisonten. Ett stort antal satelliter är generellt sett bra för mätningen, men signaler från satelliter med låga elevationsvinklar kan vara av sämre kvalitet. Om ett flertal av satelliterna har låga elevationsvinklar skulle detta även kunna medföra att rovern får svårare att erhålla fixlösning. Användaren kan då prova med att höja elevationsgränsen till mellan 15–20 grader över horisonten.
- **Satellitgeometri:** Den geometriska spridningen av satelliterna påverkar mätosäkerheten. Detta kan beskrivas av s.k. DOP-värden (t.ex. PDOP), vilka är oberoende av fabrikat av GNSS-mottagare. Ett lågt PDOP-värde (vanligtvis under 4) anger god satellitgeometri.
- **Satellitsignalkvalitet:** Det som brukar användas som mått på satellitsignalernas kvalitet är signalstyrka, som vanligtvis

uttrycks som signal/brus-förhållande (SNR). Måtten kan skilja mellan olika fabrikat av GNSS-mottagare.

7.2 Störningar av satellitsignalerna

- **Sikthinder vid rovern:** Det finns huvudsakligen två olika sorters sikthinder, sådana som satellitsignalerna omöjligen kan gå igenom (t.ex. huskroppar) och sådana som satellitsignalerna kan gå igenom men kan bli dämpade och/eller störda av (t.ex. trädkronor). Användaren bör sträva efter att ha så fri sikt som möjligt mot satelliterna.
- **Jonosfärens och troposfärens påverkan:** Jonosfären är den övre delen av atmosfären som innehåller fria elektroner. Troposfären är den nedre delen (upp till ca 10 km över jordytan) av atmosfären, den del där de flesta väderfenomen förekommer. Satellitsignalerna störs då de passerar genom både jonosfären och troposfären. Dessa störningar modelleras i nätverks-RTK-programvaran, vilket gör att deras påverkan på mätningen reduceras.
- **Flervägsfel vid rovern:** Flervägsfel uppkommer i huvudsak då satellitsignalerna studsar på reflekterande detaljer (t.ex. plåttak eller bilar) eller på plana ytor (t.ex. hårdgjorda markytor eller vattenytor) och sedan tas emot av GNSS-antennen. Flervägsfel kan medföra svårighet att få fixlösning eller att fixlösningen blir felaktig. Roverns mjukvara och hårdvara kan reducera dessa effekter.
- **Övriga störningar:** Övriga störningar av satellitsignalerna kan t.ex. utgöras av radiosändare, mobiltelefonmaster och elektriska fält. Dessa kan påverka mätningen men även överföringen av RTK-data. Detta kan medföra svårigheter att erhålla och bibehålla fixlösning.

7.3 Mätprocessen

- **Referenssystem:** Det behövs en korrekt hantering av geodetiska referenssystem för att erhålla positioner i andra referenssystem än SWEREF 99, vilket beskrivs i kapitel 3. Det som användaren kan behöva lägga in i rovern är transformationssamband, restfelsmodell och geoidmodell.
- **Roverns antenmodell:** Till rovern GNSS-antenn behöver en relativ antenmodell (således ej absolut) vara kopplad och sådana finns vanligtvis inlagda i RTK-utrustningen av leverantören av GNSS-utrustningen. Att antenmodell saknas kan ge upphov till fel, främst i höjddled, upp mot decimeter-

Obs! Sedan juni 2012 används absoluta antenmodeller i SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst

nivå. National Geodetic Survey (NGS) i USA jobbar även med dessa frågor, se vidare www.ngs.noaa.gov/ANTCAL.

- **Antennhöjd:** Användaren behöver försäkra sig om att antennhöjden har blivit korrekt angiven.
- **Centrering:** Det är viktigt att hålla mätstången i lod och att doslibellen kontrolleras regelbundet för att begränsa centreringsfelet. Centreringsfelet ökar med höjden på mätstången.
- **Observationsintervall:** Täta positionsuppdateringarna kan vara önskvärt i vissa tillämpningar. För de tillämpningar som denna kortmanual är inriktad på föreslås ett observationsintervall på en sekund.
- **RTK-data-kvalitet:** Beroende på GNSS-mottagarens fabrikat kan användaren få uppgifter om kvalitet för RTK-data och uppgift om mobiltelefonlänkens kvalitet.
- **RTK-ålder:** Åldern på RTK-data, dvs. om det förekommer fördröjning i överföringen, kan påverka mätosäkerheten.
- **Fixlösning:** Heltalslösning, d.v.s. fixlösning, är en grundförutsättning för en mätosäkerhet på centimeternivå.
- **Initialiseringstid:** När rovern är uppkopplad mot tjänsten och tar emot RTK-data, så tar det i regel tiotalet sekunder innan fixlösning erhålls. Vid lång initialiseringstid, dvs. längre tid än en till två minuter, bör en ny initialisering göras.
- **Internt kvalitetstal:** GNSS-mottagarens interna kvalitetstal kan vara en bra indikation på erhållen mätosäkerhet. Talet är en sammanvägning av flera faktorer och skiljer mellan olika fabrikat av GNSS-utrustning.
- **Medeltalsbildning av observationer:** Då det finns en kortvägig variation i positionerna från observationerna är det olämpligt att bara ta positionen från en enstaka observation. Istället bör en medeltalsbildning av positioner från ett flertal observationer ske för att erhålla en mätning. En sådan medeltalsbildning sker automatiskt i de flesta fabrikat av RTK-utrustning.
- **Kontroll:** Kontroller kan utföras för att verifiera mätmetoden, t.ex. att den uppfyller förväntad mätosäkerhet eller att fixlösningen är tillförlitlig. De kan även utföras för att förbättra mätosäkerheten genom medeltalsbildning. Kontroll behandlas vidare i kapitel 8.

7.4 Parametrar som redovisas med mått

I avsnitt 7.1–7.3 har kortfattade beskrivningar av parametrarna som påverkar mätningen givits. Vissa av parametrarna redovisas vanligtvis i RTK-utrustningar med mått. Typvärden för dessa ges i tabell 1, medan det är svårt att ge konkreta råd för övriga parametrar. För inmätning av objekt med låga och normala krav torde intervallens vänstra del i tabell 1 vara tillräckliga. För inmätning av objekt med högre krav och t.ex. inmätning av punkter tänkta som utgångspunkter för fortsatt mätning rekommenderas intervallens högra del.

Parameter	Typvärde
Satellitantal	5–20 stycken
Satellitgeometri	4–1 (PDOP)
Satellitsignalkvalitet	Mått skiljer mellan olika fabrikat
RTK-data-kvalitet	Mått skiljer mellan olika fabrikat
RTK-ålder	10–0 sekunder
Fixlösning	Ja
Initialiseringstid ⁸	2 minuter–10 sekunder
Internt kvalitetstal	Mått skiljer mellan olika fabrikat, men i regel 4–1 cm (3D)

Tabell 1: Typvärden för de parametrar som i RTK-utrustningar vanligtvis redovisas med mått. Intervallen är skrivna så att ju högre kraven är, så är rekommendationen att värdet för parametern bör vara desto längre till höger i intervallen.

8 Kontroll av mätningarna

Kontroller kan utföras för att verifiera mätmetoden, t.ex. att den uppfyller förväntad mätosäkerhet eller att fixlösningen är tillförlitlig. Nedan behandlas fyra kontrollmetoder som benämns upprepad mätning, återbesök, inmätning av kontrollpunkt och inmätning av annan punkt med känd position. Kontrollmetoden återbesök kan även förbättra mätosäkerheten genom medeltalsbildning.

8.1 Kontroll genom upprepad mätning

Ett sätt att verifiera fixlösningens tillförlitlighet kan vara en i tiden tätt följd upprepad mätning med oinitialisering, vilket det finns

⁸ Behöver användaren vanligtvis själv hålla reda på.

stöd för i de flesta fabrikat av RTK-utrustningar. Efter första mätningen bör en viss förflyttning göras för ominitialisering, t.ex. någon meter från punkten, innan en kontrollmätning av punkten sker. Avvikelser på decimeternivå eller mer mellan de båda mätningarna beror troligen på dålig fixlösning, vilket bör undersökas genom ny ominitialisering och ytterligare mätning.

8.2 Kontroll genom återbesök

Genom återbesök kan mätmetoden verifieras och mätosäkerheten förbättras genom medeltalsbildning.

Vid återbesök bör tidsseparationen för en tillförlitlig verifiering och förbättring av mätosäkerheten i positionen vara minst 20 minuter för planbestämning och minst 45 minuter för höjdbestämning. Kortare tidsseparation ger överoptimistiska skattningar då satellitkonfiguration och felkällor påverkar mätningar likartat över kortare tidsintervall.

Acceptabel avvikelse mellan de båda mätningarna är i plan/höjd ± 60 mm/ ± 80 mm utan användning av stativ eller stödben. Minst 95 % av mätningarna antas klara denna nivå. Överstiger avvikelsen något av dessa värden kan det bero på grova fel, vilket bör undersökas genom ytterligare mätningar.

8.3 Kontroll genom inmätning av kontrollpunkt

En kontrollpunkt är en väldefinierad och välbestämd GNSS-mätt punkt i SWEREF 99, som kan betraktas som felfri. En sådan bör med fördel upprättas t.ex. i närheten av kontoret. Avvikelsens storlek vid mätning på kontrollpunkten påverkas främst av:

1. **Mätningen**, dvs. parametrarna att beakta beskrivna i kapitel 7.
2. Korrektheten i **konfigureringen** (inkl. val av eventuellt transformationssamband och/eller geoidmodell) beskriven i kapitel 4.

Syftet är främst att ha en punkt för regelbunden test av RTK-utrustningen, t.ex. av korrekt hantering av referenssystem, korrekta inställningar i övrigt, att all utrustning är med, doslibellen och som en indikation på jonosfärsaktiviteten. Kontrollmätning på kontrollpunkten kan ske både före och efter fältmätningen. Acceptabel avvikelse från kontrollpunktens kända position är i plan/höjd ± 30 mm/ ± 50 mm, förutsatt att inget fel finns i kontrollpunkten samt att stativ eller stödben används. Minst 95 % av mätningarna antas klara denna nivå. Överstiger avvikelsen något av dessa värden kan det bero på grova fel, vilket bör undersökas vidare.

8.4 Kontroll genom inmätning av annan punkt med känd position

Inmätning av annan punkt med känd position (än sådan som beskrivs i avsnitt 8.3) kan i vissa fall användas som kontroll när relevanta och lättillgängliga stompunkter bestämda med annan teknik finns inom mätområdet. Dock påverkas avvikelens storlek av flera faktorer och kan därmed vara mer svårtolkad. Dessa faktorer är främst:

1. **Mätningen**, dvs. parametrarna att beakta beskrivna i kapitel 7.
2. Korrektheten i **konfigureringen** (inkl. val av eventuellt transformationssamband och/eller geoidmodell) beskriven i kapitel 4.
3. **Stomnätets** och/eller **höjdnätets** kvalitet.
4. **Transformationssambandets**⁹ och/eller **geoidmodellens** kvalitet.

Acceptabel avvikelse för mätningen från punktens kända position är i plan/höjd ± 40 mm/ ± 60 mm med minst 95 % konfidensnivå, samt att inget fel finns i den kända punkten och att inget stativ eller stödben används.

9 Slutord

Stöd och råd vid användning av tjänsten kan fås från SWEPOS-driften på tfn 026-63 37 53 eller via e-post swepos@lm.se. Innan kontakt tas med SWEPOS-driften för felsökning bör checklistan i bilaga 2 gås igenom. För frågor om den använda RTK-utrustningen, kontakta aktuell leverantör av GNSS-utrustning.

⁹ Om användaren önskar koordinater i annat referenssystem än SWEREF 99. En restfelsmodell kan vara kopplad till transformationssambandet.

Bilaga 1 – Råd för parametrarna

Råd och typvärden för parametrarna i kapitel 7 ges nedan och de skall ses som en översiktlig vägledning vid mätning med SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst. För vissa parametrar är det svårt att ge konkreta råd som är lätta att använda. Intervallen är skrivna så, att för inmätning av objekt med låga och normala krav torde intervallens vänstra del vara tillräckliga. För inmätning av objekt med högre krav och t.ex. inmätning av punkter tänkta som utgångspunkter för fortsatt mätning rekommenderas intervallens högra del.

Parameter	Råd/typvärden
Satellitesystem	Både GPS och Glonass förbättrar möjligheten att mäta då det finns sikthinder
Satellitesignaler	Operativa signaler används
Satellitantal	5–20 stycken
Elevationsgräns	10–20 grader (lämpligt värde diskuteras i avsnitt 7.1)
Satellitgeometri	4–1 (PDOP)
Satellitesignalkvalitet	Mått skiljer mellan olika fabrikat
Sikthinder	60–80 % fri sikt över 25–15 graders elevation
Jonosfär, troposfär, flervägsfel och övriga störningar	Konkreta och lättanvända råd för dessa parametrar är svåra att ge; användaren kan hålla sig informerad om aktuell jonosfärsaktivitet, bör tänka på mätningens omgivning och beakta rovers kvalitetsstal
Referenssystem	Korrekt hantering
Antennmodell	Korrekt hantering
Antennhöjd	Korrekt hantering, mätstång med fast längd underlättar
Centrering	Antennhöjd 4–2 m, kontrollerad doslibell, stödben förbättrar
Observationsintervall	1 s
RTK-data-kvalitet	Mått skiljer mellan olika fabrikat
RTK-ålder	10–0 sekunder
Fixlösning	Ja
Initialiseringstid	2 minuter–10 sekunder
Internt kvalitetstal	Mått skiljer mellan olika fabrikat, men i regel 4–1 cm (3D)
Medeltalsbildning av observationer	3–30 sekunder
Kontroll	Kontroll behandlas i kapitel 8

Bilaga 2 - Checklista för felsökning vid kontakt med SWEPOS-driften



Felsökning av SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst underlättas om Ni har tillgång till följande information då Ni kontaktar SWEPOS-driften:

- Hur yttrar sig felet (t.ex. problem med att ansluta till tjänsten eller problem med att erhålla fixlösning)?
- Organisationsnamn/avdelning samt andra uppgifter för ev. återkoppling.
- Mobilnumret som används för anslutning till tjänsten (knutet till SIM-kortet i utrustningen).
- Satellitsystem som används i rovern (t.ex. GPS eller GPS/Glonass).
- Överföringsformat (t.ex. RTCM 3.1).
- Uppkopplingsätt (GSM/GPRS).
 - GSM: Vilket telefonnummer rovern ringer upp (detta ska ha riktnumret 026).
 - GPRS: Vilken Internet-adress (IP-nummer eller i klartext) och port som rovern försöker ansluta till, samt vald anslutningspunkt (mountpoint). Användarnamn och lösenord bör kontrolleras.
- GSM-täckning.
- Mottagarfabrikat och firmwareversion.
- När fungerade utrustningen/uppkopplingen senast?
- Senast gjorda uppgraderingar/nykonfigurationer/service.
- Fanns position innan uppkoppling mot tjänsten?
- Korrektionsålder.
- Inställd elevationsgräns.
- Antal satelliter som du får korrektioner för.
- DOP-värde (PDOP/GDOP).

Ni bör tänka på att kontakta SWEPOS-driften när problemen är aktuella, då det är svårt att felsöka i efterhand. För inställningar av Er GNSS-mottagare eller uppdatering av firmware hänvisar vi till Er instrumentleverantör.

SWEPOS-driften

Lantmäteriet, 801 82 Gävle

Telefon: 026-63 37 53

Fax: 026-65 42 75

E-post: swepos@lm.se

Hemsida: www.swepos.se

Rapporter i geodesi och geografiska informationssystem från Lantmäteriet

- 2007:8 Halvardsson Daniel & Johansson Joakim: Jämförelse av distributionskanaler för projektanpassad nätverks-RTK.
- 2007:10 Lidberg Martin & Lilje Mikael: Evaluation of monument stability in the SWEPOS GNSS network using terrestrial geodetic methods - up to 2003.
- 2007:11 Lilje Christina, Engfeldt Andreas, Jivall Lotti: Introduktion till GNSS.
- 2007:12 Ivarsson Jesper: Test and evaluation of SWEPOS Automated Processing Service.
- 2007:14 Lilje Mikael, Eriksson Per-Ola, Olsson Per-Anders, Svensson Runar, Ågren Jonas: RH 2000 och riksavvägningen.
- 2008:4 Johansson S Daniel & Persson Sören: Kommunikationsalternativ för nätverks-RTK - virtuell referensstation kontra nätverksmeddelande.
- 2009:1 Ågren Jonas: Beskrivning av de nationella geoidmodellerna SWEN08_RH2000 och SWEN08_RH70.
- 2009:2 Odolinski Robert & Sunna Johan: Detaljmätning med nätverks-RTK - en noggrannhetsundersökning.
- 2009:4 Fridén Anders & Persson Ann-Katrin: Realtidsuppdaterad etablering av fri station - ett fälttest med radioutsänd projektanpassad nätverks-RTK.
- 2009:5 Bosrup Susanna & Illersta Jenny: Restfelshantering med Natural Neighbour och TRIAD vid byte av koordinatsystem i plan och höjd.
- 2010:1 Reit Bo-Gunnar: Om geodetiska transformationer (finns även på engelska med titeln *On geodetic transformations*).
- 2010:2 Odolinski Robert: Studie av noggrannhet och tidskorrelationer vid mätning med nätverks-RTK.
- 2010:3 Odolinski Robert: Checklista för nätverks-RTK.
- 2010:4 Eriksson Per-Ola (ed.): Höjdmätning med GNSS - vägledning för olika mätsituationer.
- 2010:5 Eriksson Per-Ola (ed.): Anslutning av lokala höjdnät till RH 2000 med GNSS-stommätning.
- 2010:6 Engfeldt Andreas & Odolinski Robert: Punktbestämning i RH 2000 - statisk GNSS-mätning mot SWEPOS.
- 2010:7 Lord Jonas: Test av GNSS-mottagare från DataGrid.

LANTMÄTERIET



Vaktmästeriet 801 82 GÄVLE Tfn 026 - 65 29 15 Fax 026 - 68 75 94
Internet: www.lantmateriet.se