

Appendix 2. Checklista, Punktbestämning i RH 2000 - Statisk GNSS-mätning mot SWEPOS

Metoden kan tillämpas exempelvis i det fall när en höjdfix har försvunnit/förstörts och skall ersättas, eller när nyetablering av punkter behövs för vidare mätning med GNSS eller med avvägning.

Checklistan redovisas som bilaga i denna rapport, och även som fristående dokument på www.lantmateriet.se Den fristående checklisten kommer att kompletteras och revideras vid behov.

Checklista

1. Val av punkt, antenn och mottagare
 - 1.1 Välj ett punktläge som är lämpligt för sitt syfte. I bästa fall ett läge som också är idealiskt för GNSS-mätning.
 - 1.2 Markera punkten.
2. Planering av mätning
 - 2.1 Gör en satellitprognos för punkten och välj ut ett tidsintervall på minst två timmar då det finns tillräckligt med satelliter. Tillräckligt är 7-15 stycken.
3. Mätning av antennhöjder
 - 3.1 Sätt upp ett stativ och fäst antennen på detta enligt rekommenderad praxis.
 - 3.2 Mät antennhöjden noggrant och skriv in denna i mottagaren eller fältdatorn innan mätningen startas.
4. Val av elevationsmask och loggningsintervall
 - 4.1 Välj en elevationsmask på 12 - 15°. Om det finns många satelliter, d.v.s. 12-15 stycken synliga, kan det vara en fördel att välja 15°.
 - 4.2 Se till att mottagaren loggar observationsdata med intervallet 30 sekunder (eller delar därav).
5. Avslutning av mätningen
 - 5.1 När erforderlig tid åtgått, avsluta loggningen, spara (sker ibland automatiskt i mottagaren/fältdatorn) och stäng av mottagaren.

- 5.2 Mät och skriv ner antennhöjden igen och plocka sedan ner antenn och stativ.
6. Beräkning
 - 6.1 För över observationsdata till din dator.
 - 6.2 Beräkna nypunkten på egen hand mot de fem närmsta SWEPOS-stationerna eller (vilket rekommenderas) använd SWEPOS Beräkningstjänst. För det senare måste observationsdata göras om till formatet RINEX (Receiver INdependent EXchange format). Sedan används ftp och www.swepos.com för att ladda upp filen, respektive att utföra beställningen. Koordinaterna för punkten levereras sedan i båda höjdsystemen RH2000 och RH70, liksom i SWEREF 99 TM (och även SWEREF 99 cart och SWEREF 99 lat long ellh).
7. Inpassning
 - 7.1 Nu kan höjdkoordinaten för punkten förbättras genom inpassning. Fortsätt i så fall med punkt 7.2-7.5.
 - 7.2 Upprepa punkt 3-6 för två (eller fyra) punkter med kända höjdkoordinater som kringgärdar nypunkten geografiskt.
 - 7.3 Skapa två så kallade k-filer (en textfil med koordinater).
 - 7.4 Den nya höjden på nypunkten beräknas sedan i Lantmäteriets transformationsprogram Gtrans.
 - 7.5 Resultatet blir en bättre höjdkoordinat för punkten.

Beskrivning till checklistan

1. Val av punkt, antenn och mottagare

Den nya höjdfixen placeras helst på ett ställe som är gynnsamt för GNSS-mätning och mäts in statistiskt under minst 2 timmar. Efteråt beräknas den antingen mot SWEPOS Beräkningstjänst eller på egen hand i en fabrikatsspecifik standardberäkningsprogramvara mot lämpligen fem stycken av SWEPOS referensstationer.

Inför mätningen bör en grundlig rekognoscering göras för att välja ut en lämplig placering av den nya punkten med avseende på den fortsatta användningen. På grund av kravet på öppen terräng kan det vara svårt att hitta en lämplig bergknalle (eller motsvarande) som är lämplig att använda direkt som uppställningspunkt vid GNSS-mätning. För att underlätta mätningsarbetet är det bra om det går att undvika en excentrisk uppställningsplats. Punkter markerade i berg rubbas normalt inte, och bör därför eftersträvas.

Generellt gäller att antenner av nyare modell är av högre och mer enhetlig kvalitet än äldre modeller.

Mottagare som kan ta emot både GPS- och GLONASS-signaler är framförallt gynnsamma att använda under förhållanden där sikthinder kan förekomma. Då GNSS-mätning med höga noggrannhetskrav i vertikalled är särskilt känsligt för sikthinder bör sådana förhållanden undvikas. Att använda GLONASS torde därför i detta sammanhang inte ge ett nämnvärt bättre resultat.

Mottagare som mäter på både L1 och L2 bör användas. Detta möjliggör en beräkning på jonosfärsfri linjärkombination (benämnd L3 eller Lc) vid behov.

2. Planering av mätning

Mätning av punkten bör planeras så att perioder med dålig satellit-tillgänglighet undviks. Sådana undviks enklast genom att utföra en så kallad satellitprediktion före mätning, exempelvis på

www.swepos.com. Lämpligt antal satelliter är 7-15 stycken.

3. Mätning av antennhöjder

Antennhöjden mäts noggrant före och efter mätningen. Den uppmätta antennhöjden knappas in i mottagaren innan mätningen påbörjas och redovisas lämpligen i ett mätprotokoll.

Erfarenheten har visat att höjdmätning med GNSS är särskilt känslig för sikthinder. Mätpunkten måste därför ligga i öppen terräng, och ha en fri horisont över 12 - 15° elevation. För att åstadkomma så bra förhållanden som möjligt för GNSS-observationer bör excentrisk markering användas i sådana fall. Då markeras en tillfällig stabil

uppställningspunkt med en entydig högsta punkt på lämpligt sätt i närheten av fixpunkten där fri sikt finns, och avvägs från höjdfixen. Därefter görs uppställningen över den tillfälliga markeringen och antennhöjden mäts från denna punkt. Avvägning av en excentrisk punkt och mätta antennhöjder för denna redovisas även separat på lämpligt mätprotokoll.

4. Val av elevationsmask och loggningsintervall

Ju lägre elevation satelliterna har, desto mer bryts satellitsignalerna i atmosfären. Ju mer satellitsignalerna bryts i atmosfären, desto längre väg går dessa och påverkar därmed mätningen på ett icke optimalt sätt. Satellitsignalen antas brytas för mycket för att kunna användas om den ligger under 10°. Någonstans mellan 10 och 15° brukar elevationsgränsmasken anges till. Enligt Lantmäteriets praxis brukar en elevationsmask på 13° användas som en gyllene medelväg. Det går heller inte att sätta elevationsmasken för högt. Dels riskeras att få in för få satelliter för att uppnå en bra mätning, dels går DOP-värdet (Dilution Of Precision) upp. DOP-värdet är ett mått på satellitgeometrin och det finns ett antal olika sådana. Det som Lantmäteriet använder är PDOP-värdet (Position DOP) och detta får inte vara högre än 4,0 om en tillräckligt bra satellitgeometri skall erhållas, samtidigt som inte noggrannheten i mätningen skall degraderas.

SWEPOS Beräkningstjänst använder sig av beräkningsintervallet 30 sekunder. Därför skall data loggas med intervallet 30 sekunder eller delar därav (1, 2, 3, 5, 6, 10 eller 15 sekunder). Om beräkningarna utförs på egen hand i ett standardberäkningsprogram mot SWEPOS (hämtar SWEPOS-data från ftp) kan ett annat loggningsintervall användas. SWEPOS-data finns tillgängligt på ftp dels i 1-sekundersfiler, dels i 15-sekundersfiler.

5. Avslutning av mätningen

Det rekommenderas att mäta under minst 2 timmar för att uppnå en tillräckligt hög noggrannhet.

6. Beräkning

Omvandling från mottagarberoende dataformat till RINEX kan utföras dels i samtliga standardberäkningsprogram, dels i diverse mindre gratisprogram (såsom tecq). Detta behöver inte utföras vid beräkning på egen hand i ett standardberäkningsprogram.

Resultatet från SWEPOS Beräkningstjänst presenteras i en textfil som dels skickas till en mailadress som användaren själv kan definiera och dels finns att läsa på Internet när man är inloggad. En enskild mätfil tar ungefär 4 minuter att beräkna. Koordinaterna presenteras i systemen SWEREF 99 cart, SWEREF99 lat long ell, SWEREF 99 TM,

RT 90 2,5 gon V, RH 2000 och RH 70. Kvalitetstalen som presenteras är följande:

- Procent lösta periodobekanta: skall i genomsnitt vara minst 30% av samtliga observationer från de 5 referensstationer som lösningen beräknas utifrån.
- RMS i slutlig beräknad fixlösning: skall vara lägre än 3 mm.
- Grundmedelfelet i Helmerttransformationen (6 parametrar) till SWEREF 99: skall vara lägre än 10 mm.
- Elevationsgränstest: differensen i höjd (från stationerna som lösningen beräknas från) skall vara lägre än 30 mm.

7. Inpassning

Genom inpassning kan höjdkoordinaten för punkten förbättras. När en inpassning utförs reduceras diverse systematiska fel, såsom troposfärsfel och fel i geoidmodellen.

För den enklaste formen av inpassning, kallad inpassning med höjddifferenser, mäts (förutom nypunkten) två punkter med kända höjdkoordinater som omgärdar den nya punkten geografiskt. När koordinaterna för dessa beräknats i SWEPOS Beräkningstjänst på samma sätt som för nypunkten, skapas två så kallade k-filer. Den första skall innehålla de beräknade värdena för punkterna i x, y och H, den andra skall endast innehålla de två punkterna med kända koordinater och i den ska samma x och y-värden som i den första filen finnas med tillsammans med de kända höjderna. Den nya höjden på nypunkten beräknas sedan genom programmet Gtrans och metoden inpassning med höjddifferenser. K-filen innehållande samtliga punkter (med de beräknade värdena) är den k-fil som först anges. K-filen innehållande de kända höjdkoordinaterna anges som andra fil.

För att utföra en mer avancerad form av inpassning, kallad inpassning med lutande plan, behövs minst fyra kända höjdkoordinater. Beräkningen sker sedan på samma sätt som för inpassning med höjddifferenser.