

Underlag för slutrapport till Trafikverkets FOI-projekt 2011-11-10
"Stomnät i luften".

Automatisk beräkning av GNSS-stomnät - en ny projektanpassad lösning baserad på Leica Geo Office

Sammanfattning

Inom ramen för Trafikverkets FOI-projekt "Stomnät i luften för anläggningsprojekt" har utveckling av en ny projektanpassad beräkningstjänst påbörjats, som i första hand är avsedd för etablering av parpunkter och mindre anslutningsnät.

Den här rapporten beskriver syftet och principen bakom den nya beräkningstjänsten, som bygger på programvaran Leica Geo Office (LGO), och hur detta relaterar till gällande regelverk inom Trafikverket.

Lantmäteriets geodesienhet har i ett första utvecklingssteg skapat skriptbaserade rutiner för automatisk beräkning och utjämning av GNSS-observationer med hjälp av LGO. I rapporten beskrivs beräkningsrutinerna översiktligt, och det visas även exempel på hur en webbaserad resultatredovisning skulle kunna se ut.

I rapporten redovisas slutligen utvecklingsbehoven innan en färdig tjänst kan implementeras i en konceptlösning för projektanpassad infrastruktur.

Lars Jämtnäs

Lantmäteriet/SWEPOS (www.swepos.com)
Tel. växel: 0771-636363 Tel. direkt: 026-633845
lars.jamtnas@lm.se

Innehåll

SAMMANFATTNING	1
INNEHÅLL	2
1 INTRODUKTION	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Syfte och omfattning	4
2 HUR BÖR EN NY BERÄKNINGSTJÄNST UTFORMAS?	5
2.1 Syftet med tjänsten	5
2.2 Funktionalitet	6
2.2.1 Gränssnitt	6
2.2.2 Granskning av indata	7
2.2.3 Initiering av beräkningsjobb	9
2.2.4 Baslinjeberäkning	10
2.2.5 Fri utjämning och inpassning	11
2.2.6 Koordinatbestämning via fast utjämning	12
2.2.7 Beräkning av lutande längder	12
2.2.8 Utdata	12
3 RUTINER FÖR BERÄKNING OCH UTJÄMNING I LGO	14
3.1 Översikt	14
3.2 Innan beräkning	16
3.2.1 Inläsning av RINEX	16
3.2.2 Inläsning av banddata	17
3.2.3 Antenninformation	17
3.3 Beräkning och utjämning	18
3.3.1 Baslinjeberäkning	18
3.3.2 Fri utjämning	19
3.3.3 Inpassningsrutin	19
3.3.4 Viktad fast utjämning	20
3.3.5 Längdbestämmning	20
4 RESULTATSAMMANSTÄLLNING	20

4.1	Data från LGO och MATLAB	20
4.1.1	Enskilda baslinjerapporter	20
4.1.2	Summeringsrapport från baslinjeberäkningen	21
4.1.3	Rapport från utjämningsrapporter	21
4.1.4	Resultatfil från inpassning	22
4.1.5	Resultatfil från längdberäkning	22
4.1.6	Koordinatfil	22
4.1.7	Sammanfattning av output	23
4.2	Exempel på resultatrapporter	23
4.2.1	Så här kan man göra	23
4.2.2	Koordinatlista	24
4.2.3	Baslinjerapport	26
4.2.4	Stomnätskarta	26
4.2.5	Längder mellan nypunkter	27
4.2.6	Beräknad jonofärsmodell	28
5	UTVECKLINGSBEHOV	29
5.1	Användargränssnitt	29
5.2	Databaser	29
5.2.1	Användare	29
5.2.2	Beräkningsjobb	30
5.3	Skalfunktioner för beräkningsjobb	30
5.3.1	Köhantering	30
5.3.2	Initieringsprogram	31
5.3.3	Efterbearbetning och utdata	31
5.4	LGO-rutiner	31
5.5	Användarmanual	32
5.6	Framtida behov	32
6	SLUTORD	33
7	REFERENSER	33

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

I specifikationen för Trafikverkets FOI-projekt "Stomnät i luften för anläggningsprojekt" anges utvecklingen av en ny projektanpassad beräkningstjänst som en av huvudaktiviteterna. Bakgrunden till detta var bl.a. intressenternas behov av att bestämma parpunkter och mindre anslutningsnät på ett rationellt och produktionsvänligt sätt. Detta innefattar t.ex. samtidig beräkning och utjämning av flera GNSS-observationer, samt en behovsanpassad resultatredovisning.

Lantmäteriets befintliga beräkningstjänst med Bernese GPS Software ansågs dock svår att modifiera och optimera för dessa syften. I en förstudie till detta projekt gjordes därför en marknadsinventering för att klargöra om någon "off-the-shelf"-mjukvara kunde tänkas ersätta Bernese GPS Software som beräkningsmotor i en ny automatiserad beräkningstjänst (*Jämtnäs, 2008*).

Därefter testades en av mjukvarorna som bedömdes uppfylla kriterierna, nämligen Leica Geo Office (LGO). Resultatet visade att nypunktsbestämningar med LGO höll samma eller bättre kvalitet än Bernese för projektanpassade konfigurationer, särskilt för mättider under en timme (*Jämtnäs, 2009*). Detta har även bekräftats i en studie av olika etableringsmetoder för anslutningspunkter (*Andersson, 2010*). Sammanfattningsvis uppfyller LGO de grundläggande kraven på adekvat skriptstöd och beräkningsprestanda för att man ska kunna gå vidare med utveckling av en helt automatiserad beräkningsrutin.

Ambitionen med utvecklingen av en ny beräkningstjänst är att denna ska vara en del av ett helhetskoncept för projektanpassning vid Trafikverkets anläggningsprojekt, men att administration och utveckling av denna tjänst ska utföras av Lantmäteriet.

1.2 Syfte och omfattning

Syftet med rapporten är att beskriva hur en ny automatiserad beräkningstjänst för GNSS-stomnät bör utformas, i första hand

utifrån de krav som föreskrivs i BVS och SIS-TS (*von Malmberg, 2011*). En principmodell beskrivs i **avsnitt 2**, med hänvisning till hur krav/önskemål går att förena med funktionaliteten i LGO, och vilka alternativa lösningar som finns i de fall där avsteg måste göras.

Utifrån denna principbeskrivning sammanfattas de skriptbaserade rutiner som utvecklats för automatisk beräkning och utjämning i LGO i **avsnitt 3**. Dessa rutiner rör endast själva beräkningsmotorn, och omfattar alltså inte nödvändig systemimplementering av LGO (se nedan). Exempel på hur en behovsanpassad resultatredovisning skulle kunna utformas i en webblösning ges i **avsnitt 4**.

Slutligen sammanfattas nödvändiga steg för implementering - och övriga utvecklingsbehov för att möta Trafikverkets önskemål om en ändamålsenlig projektanpassad beräkningstjänst - i **avsnitt 5**. En fullständig systemimplementering omfattar bl.a. filhantering, initiering av beräkning, funktioner på webbserver och utformning av databas för användar- och beräkningsinformation.

De principer som beskrivs i kommande avsnitt kan sägas omfatta LGO-baserade beräkningstjänster inom projektanpassad infrastruktur, dvs. förtätade nätverk av SWEPOS-stationer (dvs. baslinjer med ca 10-15 km längd).

2 Hur bör en ny beräkningstjänst utformas?

2.1 Syftet med tjänsten

Syftet med en automatiserad beräkningstjänst är i första att bestämma koordinater i SWEREF 99 samt i lokalt referenssystem för aktuellt anläggningsprojektet, utifrån en eller flera statiska GNSS-observationer på nypunkter.

I föreliggande fall finns önskemål om att bestämma parpunkter och anslutningsnät inom Trafikverkets anläggningsprojekt, och att detta ska ske enligt gängse krav på redovisning och beräkning. Kraven vid etablering av stomnät med satellitbaserad teknik beskrivs i SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10, och har sammanfattats i *von Malmberg (2011)*.

Det finns också önskemål om tjänsten ska ha ett användarvänligt gränssnitt för dataleverans, granskning av indata och valmöjligheter för beräkning. Dessutom bör tjänsten bygga på en plattform som går

att vidareutveckla på sikt, t.ex. med integrering av andra typer av geodetiska indata - som totalstations- och avvägningsobservationer, viktmatriser och befintliga koordinater.

Den tänkta funktionaliteten beskrivs i följande avsnitt, med avseende på:

- Gränssnitt
- Granskning av indata
- Initiering av beräkningsjobb
- Baslinjeberäkning
- Utjämning av GNSS-observationer
- Resultatredovisning

Dessa är de delar som kan anses relevanta för de tänkta användarna. Övriga funktioner som krävs för en fungerande tjänst sammanfattas i avsnitt 5 - "Utvecklingsbehov".

2.2 Funktionalitet

2.2.1 Gränssnitt

Beräkningstjänsten kommer att vara webb-baserad och kräver alltså tillgång till Internet. Inloggning kan ske via www.swepos.com eller via alternativ ingång på Trafikverkets portal för det aktuella projektet. Inloggningsuppgifter för aktuell projektanpassad tjänst erhålls från SWEPOS driftledningscentral.

På inloggningsportalen bör följande information framgå:

- Översikt av beräkningsgång och satta kriterier för godkännande.
- Krav på indata, dvs. vilka filer som måste finnas och vilken information dessa ska innehålla.
- Information om antennhöjder och antennenmodeller, inklusive länkar till externa sidor med relevanta uppgifter (t.ex. typkalibreringar från National Geodetic Survey).
- Information om referenssystem för resultatredovisning, inklusive transformationsparametrar.

Webbsidan efter inloggning visar status för de senast beställda beräkningsjobben, och ger möjlighet att ladda upp nya RINEX-filer eller beställa nya beräkningsjobb. Uppladdning av filer till användarens hemkatalog bör kunna ske både via ftp eller via webbformulär.

Vid beställning av nytt jobb bör upp till tio uppladdade observationsfiler kunna väljas för samtidig beräkning och utjämning. Dessutom bör det på webbsidan finnas möjlighet att välja vilka rapporter som ska skrivas ut i samband med beställning av nytt jobb (se figur 1). På detta sätt uppfylls önskemålet att kunna använda genererade rapporter direkt i etableringsdokumentationen för anslutningsnätet (se *von Malmborg, 2011*).

I samband med beställningen bör användaren ha möjlighet att ändra vissa personuppgifter för beställningen, t.ex. e-postadress för resultatleverans.

Välj rapporter:

- Baslinjeberäkning (översikt)
- Individuell baslinjerapport (för varje baslinje)
- Fri utjämning och inpassning
- Fast utjämning
- Koordinatlista
- Stomnätsskiss
- Längder mellan nypunkter (för EDM-kontroll)
- Plott av beräknad jonosfärmodell
- Loggfil från beräkningsjobb

Figur 1: Exempel på flexibel resultatgenerering på webbsidan, där man fritt ska kunna välja de rapporter som önskas.

2.2.2 Granskning av indata

Indata ska bestå av tvåfrekvens GNSS-observationer (dvs. kod- och bärvågsdata från GPS eller GPS/GLONASS) i RINEX-format¹.

¹ Receiver INdependent EXchange format

Information om punktnamn, antenntyp, antennhöjd och ungefärliga koordinater måste finnas i RINEX-filens header:

Loggningsintervallet bör vara 1, 5 eller 15 sekunder. Om gemensam beräkning och utjämning av flera GNSS-observationer önskas, krävs även gemensamma epoker motsvarande minst 10 minuter (observera att detta endast är den funktionella gränsen för beräkningsrutinen).

Granskningen av indata från användaren sker av två skäl:

1. För att verifiera att indata uppfyller de funktionella kraven för beräkning med LGO, t.ex. att antenn och approximativa koordinater angetts.
2. För att verifiera att indata uppfyller de krav som ställs för planering och mätning, enligt SIS-TS 21143:2009 och BVS 1584.10.

Tjänsten kontrollerar att användarens observationsfil(er) uppfyller dessa krav i samband med beställning av nytt beräkningsjobb, innan beräkningen kan startas. Det finns även önskemål om att kunna göra denna kontroll innan uppladdning, med detta kräver utveckling av en särskild klientprogramvara som kan köras på användarens lokala dator (vilket får anses som låg prioritet).

Om indata inte är fullständig eller felaktig så får användaren direkt besked om detta, t.ex. enligt figur 2.

Kontroll

Felmeddelande

Filformat

Den kontrollerade filen har fel filformat. Kontakta SWEPOS-driften för mer information.

Antenninformation

Antenntyp eller antennhöjd saknas i RINEX-header.

Antenntyp

Antenntypen som anges i RINEX-filen stöds inte av beräkningstjänsten. Kontrollera fil, och kontakta SWEPOS-driften för eventuell uppdatering av tjänsten.

(för definition, se t.ex. <http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Rinex2.html>)

Observationstyper	Den kontrollerade filen saknar följande observationstyper: (t.ex. Kod, L1 bärvåg, L2 bärvåg, GLONASS)
Flera punkter i samma fil?	Den kontrollerade filen innehåller data för flera punkter. Dela upp filen och skicka in den på nytt.
Mättid	OBS: Den gemensamma mättiden för RINEX-filerna är kortare än 120 minuter
Loggningsintervall	Den kontrollerade filen har ett loggningsintervall som inte går att tunna ut till 15 eller 30 sekunder. Detta kan medföra ett sämre resultat.
Antalet satelliter	OBS: filen innehåller observationer som ej är gjorda mot minst fem satelliter.
Elevationsgräns	OBS: filen innehåller observationer under 10 graders elevation som ej kommer att tas med i beräkningen.

Figur 2: Exempel på kontroll av indata och felmeddelanden till användare.

2.2.3 Initiering av beräkningsjobb

När användaren startat beräkningen så utförs ett antal rutiner innan själva beräkningsmotorn (LGO) tar vid. Dessa är inte synliga för användaren, men vid problem så bör felmeddelanden presenteras för användaren – både via webb och via mejl. De rutiner som utförs är sammanfattningsvis:

- Initieringsfil skapas i startkatalog på webbserver

- Beräkningsdator kopierar och läser initieringsfiler i turordning (s.k. köhantering) och skapar kataloger.
- Kopiering och läsning av RINEX-filer.
- Hämtning av RINEX-data för närliggande SWEPOS-stationer.
- Hämtning av banddata för aktuell tid.
- Anrop av LGO (eventuellt med någon parameter)
- När LGO har startats skapas s.k. projektkataloger i LGO, samt inläsning av alla RINEX-filer, banddata, utgångskoordinater och beräkningsinställningar. Om något av detta inte finns tillgängligt ska felmeddelande genereras.

Det är lämpligt att initieringsprogrammet fungerar som ett "skal" till beräkningsmotorn, dvs. anropar LGO och även tar hand om resultatfiler för vidare bearbetning samt avslutning av beräkningsjobbet.

Det finns inga uttalade krav på initialiseringssteget eller vilken information som bör presenteras.

2.2.4 Baslinjeberäkning

Eftersom utgångskoordinaterna för SWEPOS-antennerna är kända så behöver inte beräkning (enligt HMK-Ge:GPS) utföras.

Kraven vid baslinjeberäkning är att baslinjerna ska beräknas och utvärderas var för sig. Alla baslinjer mellan SWEPOS-stationer och nypunkter, mellan intilliggande nypunkter, och mellan SWEPOS-stationer, ska beräknas enligt BVS 1584.10, bilaga C1.

Alla baslinjer som går vidare till utjämning ska vara bestämda med godkänd fixlösning, och de kriterier som gäller för godkännande ska tydligt redovisas. De baslinjer som inte godkänns ska följaktligen tas bort, men ska redovisas i resultatrapporten (*von Malmberg, 2011*).

Det finns även önskemål om att kunna verifiera god baslinjekonfiguration efter eventuell borttagning av baslinjer. Någon sådan funktion finns i dagsläget inte i de LGO-rutiner som utvecklats (avsnitt 3).

Eftersom LGO-rutinerna i dagsläget inte tillåter sessionsvis beräkning och kontroll så är rekommendationen att mätningarna ska vara minst 120 minuter långa. Detta möjliggör att man vid eventuella

fel i beräkningarna kan dela upp mätningarna två sessioner för vidare manuell beräkning och felsökning.

2.2.5 Fri utjämning och inpassning

Baslinjebestämningen kontrolleras och utvärderas med en fri utjämning. De sparade observationerna (dvs. baslinjerna) bör standardviktas enligt HMK-Ge:GPS (tabell 6.1) innan utjämning. LGO tillåter dock bara ett absolutvärde plus ett baslängdsberoende värde på 1mm/km (i de fall inte viktning görs utifrån baslinjebestämningen), vilket således medför ett avsteg från rekommendationen.

Från den fria utjämningen bör residualer och resultat från statistiska tester redovisas, t.ex. F-test och "datasnooping" som används för att spåra outliers i observationerna. Felgränser för standardiserade residualer/förbättringar tas lämpligen ifrån HMK-Ge:GPS.A.2 (SIS-TS 21143:2009.6.1).

Det finns önskemål om att observationer med sannolika grova fel automatiskt ska tas bort successivt, med ny viktning av medelfel och redovisning av hur de borttagna observationerna påverkar nätet och observationernas k-tal. I de utvecklade LGO-rutinerna (se avsnitt 3) finns i dagsläget ingen sådan "intelligens" - och undertecknad är mycket tveksam om detta är att rekommendera utan manuell handpåläggning och kontroll. Ett alternativ är att utveckla en iterativ process för den fria utjämningen, där användaren kan få ett "delresultat" och möjlighet att manuellt ta bort valfria baslinjer.

De fritt utjämnade koordinaterna för SWEPOS-stationerna passas därefter in mot kända SWEREF 99-koordinater med en Helmerttransformation. Inpassningen sker som en kontroll av utgångspunkternas inbördes riktighet (SIS-TS 21143:2009.6.1) och att förfarandet med fast utjämning inte medför motsägelser i förhållande till SWEREF 99.

Vilka parametrar som ska lösas ut vid inpassningen (translation, vridning, skala och grundmedelfel) avgörs lämpligen beroende på projektområdets storlek och form. Riktvärden för inpassningen anges t.ex. i HMK-Ge:GPS tabell 6.2. Inpassningen kan med fördel användas för att uppskatta den förväntade osäkerheten i det slutliga resultatet.

2.2.6 Koordinatbestämning via fast utjämning

Den slutliga koordinatbestämningen i SWEREF 99 sker med fast utjämning. Som input till utjämningen ges de kända koordinaterna för SWEPOS-stationerna, samt baslinjer som godkänts i tidigare steg. Baslinjer mellan SWEPOS-stationer bör inte tas med i den slutliga utjämningen.

Från den fasta utjämningen² redovisas lämpligen slutliga koordinater, baslinjeresidualer och uppskattade fel i koordinater respektive baslinjeobservationer som upptäckts i de statistiska testerna.

Nypunkternas koordinater i SWEREF 99 bör även transformeras till det aktuella projektets referenssystem i plan respektive höjd via anrop till GTRANS.

2.2.7 Beräkning av lutande längder

Utifrån de fast utjämnade koordinaterna beräknas lutande längder (rymdvektorer) mellan varje par av nypunkter. Dessa kan användas vid kontrollmätning av längder med konventionell mätteknik, t.ex. totalstation eller annan EDM-längdmätare enligt HMK-Ge:GPS eller SIS-TS 21143:2007..

2.2.8 Utdata

Resultatet kan levereras till användaren på olika sätt - dels direkt på webben, dels som filer i valfritt format till användarkatalogen eller via e-post. För att uppfylla kraven på att resultatrapporten direkt ska kunna användas för redovisning av stomnätsprojektet krävs att följande information redovisas:

- System- och projektinformation - versioner av beräkningstjänst och beräkningsmotorn LGO, projektområde, jobb-id, datum & tid, samt beställare.
- Indatafiler - användardata (RINEX), SWEPOS-data (RINEX) och bandata (sp3). Även punktnamn, mättider och antenn-

² Trafikverket borde på sikt överväga *viktad fast utjämning* för att på ett bättre sätt utnyttja närsamband och spänningsreducering av stomnätet. I detta fall skulle *SWEPOS-koordinaterna* viktas med låga standardavvikelser i förhållande till observationsfelen, och därmed deformeras en aning i utjämningen

information (antenn typ och höjd) bör anges om detta inte framgår av baslinjerapporteringen.

- Slutliga koordinater för nypunkter och utgångspunkter, redovisade i SWEREF 99 (kartesiskt och geodetiskt) och även transformerat till det aktuella projektets plan och höjdsystem. För t.ex. BanaVäg i Väst är detta RT 90 7.5 gon V 60:-1 och RH70, med lokalt anpassad geoidmodell. Såväl punktbeteckningar som referenssystem måste framgå tydligt.
- Stomnätskarta som visar nätets konfiguration och åtminstone innehåller samtliga beräknade och godkända baslinjer. Vidare ska kartan innehålla norrpil samt beskrivande text.
- Översiktlig baslinjerapport som bl.a. bör innehålla information om alla baslinjer, valda parametrar/beräkningsinställningar, samt vilka kriterier gäller för godkännande av baslinjer. De baslinjer som ej tas med i fortsatt beräkning (p.g.a. misslyckad beräkning eller överstigen maxlängd) ska särskilt redovisas. Rapporten ska även visa vilken utgångspunkt som använts för baslinjebestämningen.
- Individuell baslinjerapport som innehåller detaljerad information om varje baslinje - t.ex. fixlösningsstatistik, satellittrackning och beräknade jonofärsmodeller. Denna rapport är inget absolut krav (*von Malmberg, 2011*), men kan t.ex. vara ett bra underlag för felsökning och redovisning av ej godkända baslinjer.
- Resultat från fri utjämning och inpassning som redovisar eventuella grova fel och hur de bestämda baslinjerna överensstämmer med SWEREF 99-geometri. Rapporten bör alltid innehålla viktning av medelfelsparametrar och standardiserade förbättringar eller residualer. De statistiska tester som ingår bör förklaras, liksom de gränsvärden eller kriterier som bestämts för testerna. De baslinjer som tas bort i detta steg ska redovisas, inklusive information om vilka gränsvärden som överstegs. Om baslinjer tas bort så ska nätets och de enskilda observationernas k-tal utvärderas på nytt (SIS-TS 21143:2009 6.1). Inpassning av de fritt utjämnade SWEPOS-koordinaterna görs därefter på de officiella SWEREF 99-koordinaterna, och redovisas med lösta parametrar, t.ex. translationer, rotationer, skala och grundmedelfel.

- Resultat från fast utjämning ska innehålla de slutgiltiga koordinaterna, a priori-medelfel, standardiserade förbättringar eller residualer, samt medelfel (och/eller felellipser) efter utjämning.
- Längder mellan varje par av nypunkter redovisas.

3 Rutiner för beräkning och utjämning i LGO

3.1 Översikt

I det här avsnittet ges en kort beskrivning av de VBScript-baserade rutiner³ som utvecklats (på Lantmäteriets geodesienhet) för automatisk beräkning och utjämning av GNSS-observationer med LGO. Dessa rutiner är själva "realiseringen" av beräkningsmotorn i tjänsten, och kan med fördel användas för vidareutveckling av (nya) beräkningsrutiner med tillhörande skalfunktioner.

Den huvudsakliga punktbestämningen, dvs. baslinjeberäkning och utjämning, styrs av stomskriptet [LGO_automat.vbs](#). Skriptet innehåller följande rutiner:

- Subrutiner för hantering av textfiler, filkontroll och filflytt.
- Inläsning av typdefinitioner och textsträngar. Typdefinitionerna översätter klartext till "LGO-kod" för en rad parametrar som utnyttjas i beräkningen. Textsträngarna används bl.a. för beräkningsjobbets loggtexter och till inläsning av koordinater för SWEPOS-punkterna.
- Nytt s.k. LGO-projekt skapas för det beställda beräkningsjobbet
- Import av SWEPOS-data (RINEX) till projektet.
- Import av användardata (RINEX) till projektet
- Import av banddata (sp3) till modulen *Precise Ephemeris Management* i LGO.
- Inställning av beräkningsparametrar (se 3.3.1)
- Baslinjeberäkning i "Autoprocessing mode", där varje baslinje sparas om den uppfyller givna kriterier (baslinjekvalitet och lösta periodobekanta).

³ LGO:s så kallade objektmodell är även åtkomlig via JavaScript.

- Kontroll av antalet baslinjer till varje nypunkt. Kravet är minst två baslinjer med lösta periodobekanta *mellan nypunkt och SWEPOS-station*.
- Baslinjer rapporter (XML) sparas, dels en summeringsrapport över alla baslinjer och dels separata rapporter för varje enskild baslinje till nypunkter.
- Fri utjämning med XML-rapport
- Export av utjämnade koordinater till textfil för inpassning
- Inläsning och kontrollklassning ("lösning") av SWEPOS-stationernas koordinater.
- Fast utjämning med XML-rapport.
- [eventuellt] Export av de slutliga koordinaterna till en fil *Resultat.cst* utifrån formatmallen "Resultatmall" (som definieras i LGO).
- Export av nypunkter till textfil för bestämning av inbördes längder
- Filkopiering och initiering av MATLAB-rutiner (se 3.2.5 och 3.2.6)
- Avslut

Körningen av skriptet dokumenteras i en loggfil, som kan användas för felsökning eller verifikation (se bild 3).

```
> Leica Geo Office anropas
> Följande SWEPOS-data importerar:
  0bag0890.10d
  0his0890.10d
  0mbt0890.10d
  0sur0890.10d
  0tju0890.10d
> Följande användardata importerar:
  p1003.10o
> Startar baslinjeberäkning
> Följande baslinjer till nypunkter har beräknats:
  BAGA.0 --> p1003      11094 meter      OK
  MARE.0 --> p1003      7719 meter      OK
  SURT.0 --> p1003      1171 meter      OK
```

```
TJUR.0 --> p1003      17045 meter      OK
HISI.0 --> p1003      9972 meter      OK
> Startar fri utjämning
> Rapport från fri utjämning har sparats
> Fritt utjämnade koordinater har skrivits till fil
(för inpassning)
> SWEPOS-punkterna kontrollklassas
> Officiella SWEPOS-koordinater läses in
> Följande baslinjer inaktiveras innan fast utjämning:
    BAGA.0 --> MARE.0
    BAGA.0 --> SURT.0
    MARE.0 --> SURT.0
    MARE.0 --> TJUR.0
    SURT.0 --> TJUR.0
    BAGA.0 --> HISI.0
    MARE.0 --> HISI.0
    SURT.0 --> HISI.0
> Startar fast utjämning
> Rapport från fast utjämning har sparats
> Nypunkter har skrivits till fil
> MATLAB anropas
> Inpassning slutförd
> Lutande längder har beräknats mellan nypunkter
> Beräkningsjobbet slutfört - sammanställer resultatfil
```

Figur 3: Loggning av LGO-rutiner till textfil.

3.2 Innan beräkning

3.2.1 Inläsning av RINEX

Efter att ett LGO-projekt skapats så läser programmet in RINEX från lokala kataloger dit filerna kopierats från ftp-servern.

För den projektanpassade beräkningstjänsten hämtas observationsfiler och navigationsfiler för SWEPOS-stationer som ligger inom 25 km från nypunkterna. I första hand väljs dygns-RINEX med 15 sekunders loggningsintervall för dessa stationer, i andra hand timfiler. Notera att LGO även kan läsa Hatanaka-packade observationsfiler (*.yyd).

Därefter läser programmet in användarens observationsdata, dvs. en eller fler RINEX-filer. Olika loggningsintervall är i princip möjliga, men i dagsläget används endast 15-sekundersdata, i överensstämmelse med SWEPOS-RINEX.

SWEPOS-koordinater finns visserligen i RINEX-headrar, men tas tills vidare från filen [Text.vbs](#) som LGO läser in i början av skriptet. Denna fil kan alltså behöva uppdateras vid nybestämning av SWEPOS-koordinater, vilket även gäller den kontrollfil som används för inpassning⁴.

3.2.2 Inläsning av bandata

Precisa bandata för GNSS-satelliterna hanteras i en separat LGO-modul som heter "Precise Ephemeris Management" och kan utnyttjas av alla LGO-projekt. Precisa bandata är de bandata som *beräknas*, dvs. inte utsända. LGO kan endast läsa in precisa bandata av typen *.sp3. Andra filtyper, t.ex. *.eph från CODE, behöver därför döpas om innan import från SWEPOS ftp.

Om inte precisa bandata finns tillgängliga för aktuell mätperiod så används navigationsfilerna med utsänd bandata istället. Dessa importeras i RINEX-format⁵ tillsammans med observationsfilerna från SWEPOS-stationerna.

I dagsläget måste bandata rensas manuellt från "Precise Ephemeris Management".

3.2.3 Antenninformation

LGO använder i dagsläget relativa antennmodeller, dvs. elevationsberoende fascentrumkorrektioner i förhållande till referensantennen "AOAD/M_T" (chokering-antenn av Dorne-Margolintyp). Antennmodellerna finns definierade i modulen "Antenna Management", och bör uppdateras fortlöpande. Nya antennmodeller kan importeras "halvautomatiskt", eftersom LGO läser kalibreringsfiler i NGS-, Bernese-, eller ANTEX-format.

Antenntypen läses från användarens RINEX-fil i samband med import. Användarens antenn måste finnas med samma beteckning i LGO – annars kommer programmet att skapa en "egen" antennmodell med noll-korrektioner.

⁴ För BanaVäg i Väst-projektet heter kontrollfilen "SWEPOS_BViV.txt"

⁵ (*. [yy]n för GPS och *. [yy]g för GLONASS)

3.3 Beräkning och utjämning

3.3.1 Baslinjeberäkning

Först sker inställning av beräkningsparametrar, bl.a. minimitid för gemensamma observationer, signalfrekvenser (och ev. linjärkombinationer), elevationsmask, maximal baslinjelängd, lösningstyp (t.ex. heltalsfixering av periodobekanta för GLONASS) och atmosfärmodellering.

Därefter genomförs baslinjeberäkningen enligt följande:

- GPS eller GPS/GLONASS-observationer beräknas med 10 graders elevationsmask.
- Beräkningen sker i "auto processing mode", vilket innebär att alla möjliga kombinationer av baslinjer som uppfyller två kriterier bestäms, nämligen:
 1. Den minsta (gemensamma) observationstiden för varje baslinje måste vara minst 10 minuter⁶.
 2. Den maximala baslinjelängden är 25 km.
- Baslinjer skapas mellan samtliga punkter i stomnätet, dvs. även mellan SWEPOS-stationer och mellan nypunkter. Beräkningsordningen avgörs av observationslängden, dvs. baslinjen mellan de två punkter med längst gemensam mättid beräknas först.
- För jonosfärmodellering så beräknar LGO en s.k. enkelskiktsmodell utifrån referensstationsdata, om observationstiden är längre än 45 minuter. Om den är kortare används Klobuchars standardmodell. I avsaknad av almanacksdata beräknas dock ingen standardmodell alls. Utöver detta beräknas även en stokastisk modell av jonosfären, epok för epok, för baslinjer längre än 10 km.
- För troposfärmodellering används Hopfields standardmodell. Skillnaden gentemot andra vanliga troposfärmodeller är i storleksordningen några millimeter, förutsatt att höjdskillnaden mellan nypunkt och referensstationer är relativt liten.

⁶ Observera att de faktiska kraven i aktuellt projekt antagligen innebär betydligt längre mättider än så.

- Bestämning av periodobekanta sker endast för GPS L1 respektive L2 (upp till 20 km), dvs. fixlösning för GPS L1+L2 och flytlösning för GLONASS. För godkänd baslinjebestämning krävs följande:
- Periodobekanta måste lösas. För LGO redovisas detta endast som ett "ja" eller "nej", utan kriterier eller statistiska mått. Andelen lösta periodobekanta i procent för L1 respektive L2 redovisas dock i de enskilda baslinjerapporterna.
- Positions- och höjdkvaliteten i baslinjebestämningen måste understiga 1 respektive 2 cm. Kvalitetsvärdena beräknas från varians-kovariansmatrisen enligt:

$$\text{Kvalitet}^{\text{pos.}} = M_0 \cdot \sqrt{Q_{xx} + Q_{yy}}$$

$$\text{Kvalitet}^{\text{höjd}} = M_0 \cdot \sqrt{Q_{zz}}$$

(där Q motsvarar de diagonala elementen i den beräknade baslinjens kofaktormatris.)

- Minst två godkända baslinjer mellan varje nypunkt och SWEPOS-stationer krävs, annars avbryts beräkningen.

Resultatet från varje bestämning av baslinje till nypunkt sparas som XML-dokument⁷. Dessutom sparas en XML-rapport som sammanfattar baslinjebestämningen.

3.3.2 Fri utjämning

Alla godkända baslinjer från beräkningssteget går vidare till fri utjämning. Fri utjämning av alla observationer sker med standardviktning enligt HMK-Ge:GPS - dvs. med en fast del, och en relativ del (ppm) beroende på baslinjelängd. Iterering sker i tre steg eller tills ingen korrektion överstiger 0.1 mm.

3.3.3 Inpassningsrutin

För detta ändamål används MATLAB-skriptet [Inpassning_3p.m](#), som utför en Helmert-inpassning i form av en translation. Output är topocentriska residualer (NEU) och grundmedelfel i transformationen, som skrivs till en textfil. Som argument tar detta skript:

⁷ Exempel: för två nypunkter och tre SWEPOS-stationer blir det totalt sju baslinjerapporter.

1. [SWEPOS_fri.txt](#), en textfil med fritt utjämnade koordinater för SWEPOS-stationerna. Textfilen skapas av stomskriptet [LGO_automat.vbs](#) och kopieras från beräkningskatalogen.
2. [SWEPOS_BViV.txt](#), en kontrollfil med de kända SWEREF 99-koordinaterna för alla SWEPOS-stationer i projektområdet.

MATLAB-skriptet kräver dessutom att filerna [cart2ell.m](#) samt [Ellipsoids.mat](#) finns i samma katalog. Dessa används för konvertering mellan kartesiska och geodetiska koordinater.

3.3.4 Fast utjämning

Godkända baslinjer från den fria utjämnningen går vidare till fast utjämning för slutlig bestämning av koordinater, utifrån de kända utgångskoordinaterna. Även här används standardviktning för baslinjer enligt HMK-Ge:GPS⁸. Iterering sker i tre steg eller tills ingen korrektion överstiger 0.1 mm.

3.3.5 Längdbestämmning

Lutande längder mellan varje par av nypunkter bestäms med MATLAB-skriptet [Rymdvektor.m](#). Som argument tar detta skript [Nypunkter.txt](#), en textfil som innehåller de beräknade nypunkternas punktnamn och geodetiska koordinater. Textfilen skapas av stomskriptet [LGO_automat.vbs](#) och kopieras från beräkningskatalogen. [Rymdvektor.m](#) anropar filerna [ell2cart.m](#) samt [Ellipsoids.mat](#) för konvertering mellan geodetiska och kartesiska koordinater.

4 Resultatsammanställning

4.1 Data från LGO och MATLAB

4.1.1 Enskilda baslinjer rapporter

I samband med baslinjebestämmningen skapas rapporter i xml-format för varje baslinje mellan referens (SWEPOS-station) och rover. Dessa namnges [\[Ref. MARKERNAME\]_\[Rover MARKERNAME\].xml](#).

Baslinjerapporterna innehåller detaljerad information om

⁸ Eller snarare, så nära HMK som är möjligt i LGO: 5mm + 1 ppm

- Punkter/instrument (antennhöjder och antenntyper)
- Beräkningsinställningar, valda respektive använda (dessa kan skilja sig åt, t.ex. om precisa banddata ej finns tillgängliga). Inställningarna inkluderar bl.a. typ av GNSS-observationer, typ av banddata, typ av beräkningslösning, typ av jonosfärmodell).
- Valda (eller snarare bortvalda) GNSS-satelliter
- Parametrar för beräknad jonosfärmodell
- Observationsstatistik: totalt antal gemensamma epoker, borttagna observationer på L1 resp. L2, och observationsfönster per satellit.
- Statistik för lösning av periodobekanta
- Beräknade koordinater och kvalitetstal för baslinjebestämningen
- Varningsmeddelanden

4.1.2 Summeringrapport från baslinjebereäkningen

Rapporten är en "kortversion" av baslinjerapporteringen, och namnges [Processing.xml](#)

Filen innehåller bl.a. information om punkt/instrument, valda beräkningsinställningar och baslinjeöversikt (inklusive beräknade koordinater för rovern).

4.1.3 Rapport från utjämningsrapportering

I samband med de fria och fasta utjämningsrapporterna av de beräknade baslinjerna så skapas ytterligare rapporter i xml-format: [Fri_utj.xml](#) respektive [Fast_utj.xml](#).

Utgämningsrapporterna innehåller bl.a. information om:

- Antalet observationer och obekanta parametrar i skattningen
- Valda konfidensnivåer och tillhörande tröskelvärden för statistiska tester
- Input från baslinjebereäkning - approximativa koordinater, baslinjevektorer och standardavvikelse
- Slutliga koordinater, med residualer och standardavvikelse efter utjämningsrapportering

- Teststatistik

4.1.4 Resultatfil från inpassning

Textfilen [Inpassning.txt](#) (se exempel i figur 4) innehåller residualer och grundmedelfel från inpassningen av de fritt utjämnade SWEPOS-koordinaterna mot känd position i SWEREF 99. Filen kommer som output från MATLAB-skriptet [Inpassning_3p.m](#).

4.1.5 Resultatfil från längdberäkning

Textfilen [Längder.txt](#) innehåller rymdvektorer mellan varje par av nypunkter, utifrån deras slutliga koordinater från utjämnningen. Filen kommer som output från MATLAB-skriptet [Rymdvektor.m](#).

4.1.6 Koordinatfil⁹

Den formaterade textfilen [Koordinater.cst](#) innehåller slutliga koordinater i SWEREF 99 (kartesiska och geodetiska) för samtliga punkter. Filen kommer som output från den slutliga utjämnningen i [LGO_automat.vbs](#).

Residualer för Helmerttransformation till SWEREF 99:

	Nord	Ost	Upp
	(mm)	(mm)	(mm)

BAGA.0	+5.7	-1.0	-14.0
HISI.0	+0.3	-2.5	+0.8
MARE.0	-7.0	+0.2	+2.2
SURT.0	+3.4	-0.2	-5.0
TJUR.0	-2.6	+3.5	+16.1

Stdav/komp:	5.0	2.2	11.0
Grundmedelfel:	7.1 mm		

Figur 4: Resultatfil från inpassning i MATLAB

⁹ Osäkert om denna fyller någon funktion i dagsläget

4.1.7 Sammanfattning av output

- [MARKER Ref.]_[MARKER Rover].xml (OBS: en fil för varje baslinje)
- Processing.xml
- Fri_utj.xml
- Fast_utj.xml
- Inpassning.txt
- Längder.txt
- Logg.txt

4.2 Exempel på resultatrapporter

4.2.1 Så här kan man göra ...

Så långt har detta avsnitt endast beskrivit kedjan fram till output av XML-rapporter och textfiler. Men detta måste sedan presenteras för användaren på lämpligt sätt, t.ex. via webbsidor, textfiler, bildfiler, pdf- eller word-dokument etc. Jag visar här några exempel på vad (och hur) man skulle kunna presentera, utifrån vad en hypotetisk användares val - se figur 1, avsnitt 2.1.1!

Jag vill till att börja med kortfattat visa hur man kan använda XSLT för att transformera XML-rapporterna till htm-format för visning på webb. XSLT står för "Extensible Stylesheet Language Transformations" och kan användas för att översätta XML-syntax till annat format med hjälp av ett "stylesheet" - ett sorts formatdokument som styr själva layouten och utseendet.

Fördelen med denna metod är att man inte ändrar på ursprungsdokumentet, utan istället använder det för att skapa nya resultatdokument med hjälp av ett eller flera formatdokument. Formatdokumenten går enkelt att editera och göra i fler versioner - som man anropar vid behov.

Med hjälp av Altovas XSLT-processor¹⁰ så har jag här transformerat några XML-rapporter för att visa som exempel.

¹⁰ En testversion utnyttjades

4.2.2 Koordinatlista

Input för att generera koordinatlistan är XML-rapporten [Fast_utj.xml](#) och XSLT-filen [Block1.xslt](#).

[Fast_utj.xml](#) har följande utseende:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-16" ?>
- <Company xmlns="http://www.leica-geosystems.com/LeicaXml/1.0" xmlns:dt="urn:s
  <Name>Leica Geosystems AG</Name>
  <FileCreated dt:dt="datetime">2011-11-09T10:39:44.0000</FileCreated>
- <Application>
  <Name>LEICA Geo Office</Name>
- <Version>
  <Major>7</Major>
  <Minor>0</Minor>
</Version>
- <Units>
  <Linear>1</Linear>
  <Angular>1</Angular>
  <TimeSystem>1</TimeSystem>
</Units>
- <Project>
  <Name>2011-11-09 10:38:59</Name>
  <Created dt:dt="datetime">2011-11-09T10:39:00.0000</Created>
  <Timezone>PODT1H0M0.0000S</Timezone>
- <AvgLimit>
  <Pos>0.07500</Pos>
  <Hgt>0.07500</Hgt>
</AvgLimit>
- <CoordinateSystem>
  <Name>WGS 1984</Name>
- <Ellipsoid>
  <Name>WGS 1984</Name>
  <SemiMaiorAxis>6378137.00000</SemiMaiorAxis>
```

...och så vidare.

[Block1.xslt](#) har följande utseende:


```

<xsl:template match="a:Company">
<html>
<body>
<hr /><h2>UTJÄMNADE KOORDINATER i SWEREF 99</h2><hr />
<br />
<br />
<table border="1"
cellpadding="10">
<tr bgcolor="#9acd32">
<th>Punkt</th>
<th>X</th>
<th>Y</th>
<th>Z</th>
<th>Latitud</th>
<th>Longitud</th>
<th>Ellipsoidhöjd</th>
</tr>
<xsl:for-each select="a:Application/a:Project/a:AdjResult/a:Adjusted/a:Stations/
<tr>
<td><font><b> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Name"/> </b></font></td>
<td> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Crd/a:W84/a:XYZ/a:X"/> </td>
<td> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Crd/a:W84/a:XYZ/a:Y"/> </td>
<td> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Crd/a:W84/a:XYZ/a:Z"/> </td>
<td> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Crd/a:W84/a:LLH/a:Lat * 180 div 3.14159265358
<td> <xsl:value-of select="a:Pnt/a:Crd/a:W84/a:LLH/a:Lon * 180 div 3.14159265358

```

Och slutresultatet [Koordinater.htm](#) blir då så här:

UTJÄMNADE KOORDINATER i SWEREF 99

Punkt	X	Y	Z	Latitud	Longitud	Ellipso
BAGA.0	3339599.67810	710995.98162	5369302.35807	57.7209195909556	12.01874703004127	118.34
HISL0	3338919.71590	708876.15951	5369936.11497	57.7323537346787	11.98632073215654	63.669
MARE.0	3323906.02789	708462.91397	5379277.20000	57.8892715173292	12.03207178892131	100.16
SURT.0	3329459.17107	708745.96851	5375813.63901	57.8309877025923	12.01724705723975	88.146
TJUR.0	3315933.00587	711610.53905	5383700.09186	57.9646675020414	12.11215957083666	57.514
p1003	3330419.32090	708850.72763	5375151.47780	57.8205190534625	12.01560735168921	39.358
p1004	3330380.84252	708739.57707	5375188.24596	57.8211567092149	12.01391277310255	38.112
p1005	3330617.48586	708822.10948	5375031.60454	57.8185181723966	12.01444224447797	37.955

4.2.3 Baslinjerapport

På motsvarande sätt skapades en baslinjerapport utifrån transformationen:

[Processing.xml + Block2.xslt ==> GNSS-beräkning.htm](#)

En utskuren del av GNSS-beräkning visas i figur 5. I detta exempel är de baslinjer som ej godkänts gulmarkerade. Färgkodning kan vara ett enkelt och tydligt sätt att presentera information, som annars lätt drunknar i siffror och bokstäver.

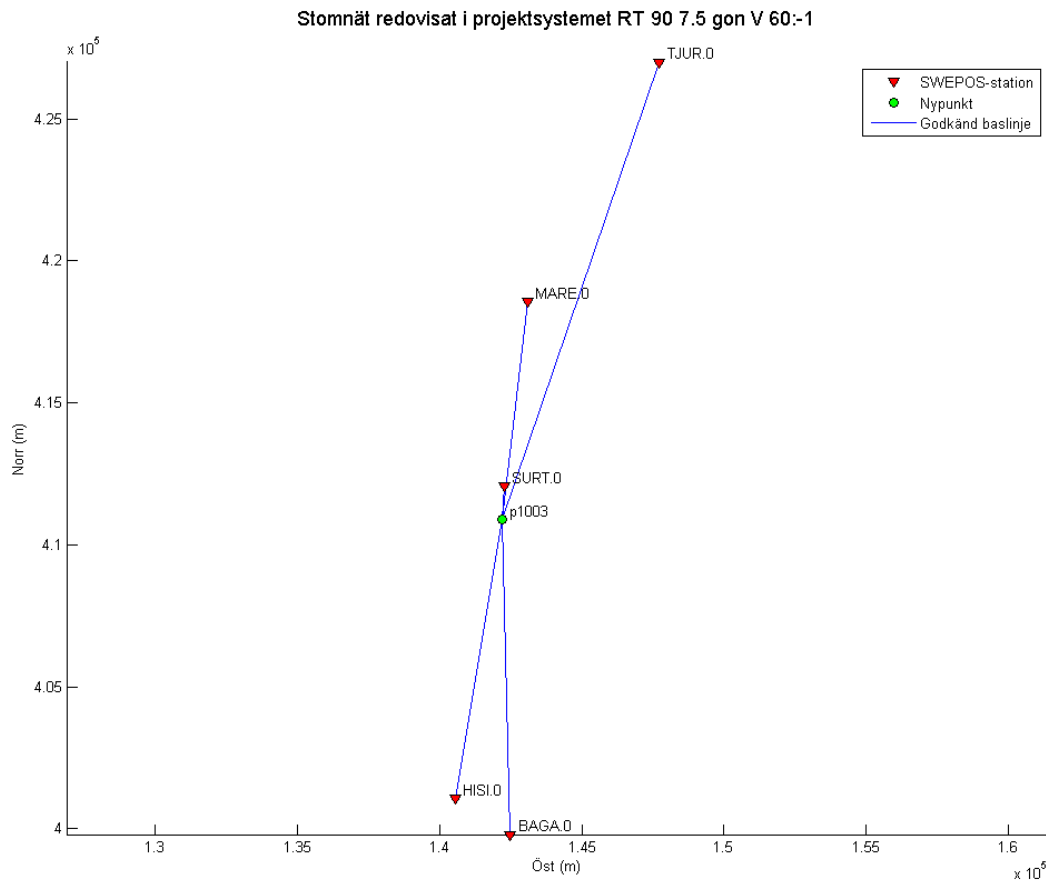
Ref.	Rover	dX(m)	dY(m)	dZ(m)	GNSS	Starttid	Obs.län
BAGA.0	MARE.0	-15693.67084	-2533.07363	9974.83316	GPS/GLO	Datum: 2010-03-29 Tid: 23:59:45	23H59M4
BAGA.0	SURT.0	-10140.51585	-2250.01605	6511.27390	GPS/GLO	Datum: 2010-03-29 Tid: 23:59:45	23H59M4
MARE.0	SURT.0	5553.15452	283.05779	-3463.56018	GPS/GLO	Datum: 2010-03-29 Tid: 23:59:45	23H59M4
MARE.0	TJUR.0	-7973.02460	3147.62042	4422.87704	GPS/GLO	Datum: 2010-03-29 Tid: 23:59:45	23H59M4
SURT.0	HISL.0	9460.54062	130.19224	-5877.52784	GPS/GLO	Datum: 2010-03-30 Tid: 00:40:15	23H19M1
BAGA.0	p1004	-9218.84765	-2256.40635	5885.87937	GPS	Datum: 2010-03-30 Tid: 06:17:30	7H48M15
MARE.0	p1004	6474.82391	276.66602	-4088.95432	GPS	Datum: 2010-03-30 Tid: 06:17:30	7H48M15
SURT.0	p1004	921.66806	-6.39184	-625.39434	GPS	Datum: 2010-03-30 Tid: 06:17:30	7H48M15
TJUR.0	p1004	14447.84872	-2870.95691	-8511.83237	GPS	Datum: 2010-03-30 Tid: 06:17:30	7H48M15

Figur 5: XML-rapporten för baslinjeöversikt i htm-format (beskuren).

4.2.4 Stomnätskarta

Ett av kraven vid redovisning av stomnätsetablering är en stomnätskarta (se 2.2.8). Med hjälp av ett MATLAB-skript visas här ett exempel på hur man kan visualisera stomnätet utifrån input av

koordinatlista och baslinjeinformation (figur 6). Detta är ett fristående skript, men bör enkelt kunna anropas via VBScript.



Figur 6: MATLAB-plott av beräknat stomnät.

4.2.5 Längder mellan nypunkter

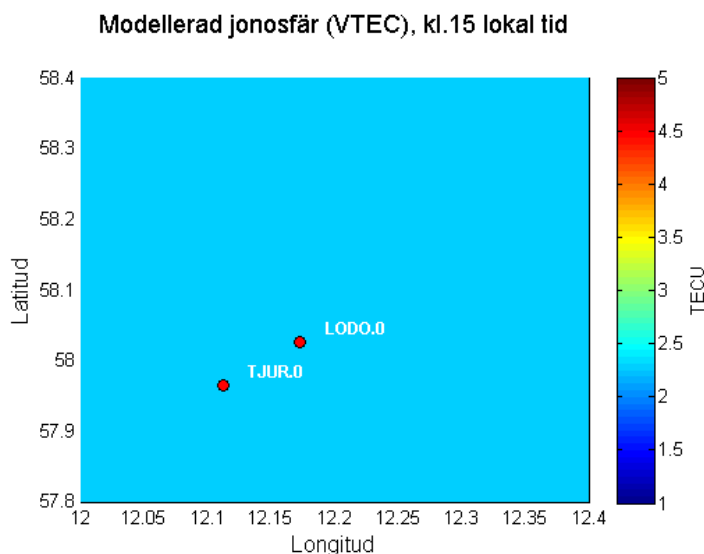
Med hjälp av den rutin som beskrevs i avsnitt 3.3.5 så beräknas lutande längder mellan nypunkter. Dessa skrivs till en textfil (se figur 7) men kan givetvis även inkluderas i en webb-baserad rapport. Ett alternativ till detta kan vara att användaren själv får ge kontrollmätningar som input till beräkningstjänsten, och istället får beräknade avvikelser mot utjämnade baslinjer.

Vektor	Beräknad längd (m)
*****	*****
20110824 --> 20110919L	619.643
20110824 --> 20110920	139.532
20110824 --> 20110926	143.968
20110824 --> 5127	619.639
20110919L --> 20110920	758.255
20110919L --> 20110926	762.697
20110920 --> 5127	758.251
20110926 --> 5127	762.693

Figur 7: Redovisning av beräknade längder mellan nypunkter.

4.2.6 Beräknad jonosfärmodell

Det finns möjlighet att utnyttja särskild output från LGO för att visa den jonosfärmodell som beräknas för varje baslinje med längre mättider. Denna kan t.ex. vara ett stöd vid felsökning och utvärdering av resultat. I figur 8 visas hur man utifrån parametrar för en s.k. enkelskiktsmodell (som finns i XML-rapporten för enskilda baslinjer) kan få ett "jonosfärs-snapshot", i det här fallet beräknat och plottat med MATLAB.



Figur 8: MATLAB-plott av beräknad jonosfärmodell.

5 Utvecklingsbehov

5.1 Användargränssnitt

Om man tittar på de funktioner/rutiner som behöver utvecklas för att åstadkomma en helt fungerande beräkningstjänst så består en viktig del i användargränssnittet. Med hjälp av gränssnittet så sker bl.a. inloggning, filuppladdning, beställning av nya beräkningsjobb, indatakontroll, statuskontroll av beräkningsjobb och möjlighet till inläsning av vissa personuppgifter (t.ex. e-postadress för resultatleverans). Projektspecifik information och manual för beräkningstjänsten ska lämpligen finnas tillgänglig via gränssnittet. Det ska också finnas möjlighet till flexibel rapportgenerering såsom beskrivits i avsnitt 2.2.1.

Gränssnittet ska specificeras i samråd mellan Trafikverket och Lantmäteriet. Eventuellt finns behov av ett särskilt Trafikverksgränssnitt för att kunna samla projektrelevanta tjänster och information under "samma tak".

Flera delar av nuvarande webbgränssnitt för SWEPOS beräkningstjänst går säkert att återanvända. På sikt kan det dock bli aktuellt att modifiera gränssnittet för att användaren ska kunna skicka in och beräkna andra typer av data (se 5.5) och även kunna jobba mer interaktivt, t.ex. möjlighet till egen bortflaggning av baslinjer eller viss flexibilitet när det gäller beräkningsinställningar och vilka SWEPOS-stationer som ska utnyttjas. Detta bör särskilt beaktas när man bygger gränssnittet för den nya tjänsten.

5.2 Databaser

5.2.1 Användare

Information om abonnenter sparas till databas i samband med ansökan om tillgång till beräkningstjänsten, och används sedan för inloggning och koppling till användarkatalog på webb, samt indatafiler/beräkningsjobb. Administratören har här tillgång till kontaktuppgifter för utskick av information, fakturering eller annan nödvändig korrespondens. När ett nytt beräkningsjobb ska startas så behöver också en del av användarinformationen läsas in.

Under det senaste året har Lantmäteriet/SWEPOS gått över till en SQL-plattform, där ambitionen varit att ha *en* användardatabas för

alla SWEPOS-tjänster. I första hand bör därför ambitionen vara att integrera även den nya beräkningstjänsten i detta system.

5.2.2 Beräkningsjobb

Den andra delen av databasen ska hantera själva beräkningsjobben, dvs. läsning/skrivning av jobb-id, filnamn, statusinformation, länk till resultatfiler med mera. Databasen ska innehålla all den information som behöver läsas av de program som utgör beräkningstjänsten, samt presenteras för administratörer och användare.

Här ska även finnas en koppling till användardatabasen. I den nuvarande beräkningstjänsten (med Bernese GPS Software) så finns det en en-till-en-relation mellan användare, indata och beräkningsjobb. Detta kommer att behöva modifieras i den nya tjänsten där flera indatafiler ska användas för stomnäsberäkning.

En annan aspekt att beakta vid utveckling av databas är kraven på dokumentation för felsökning och verifiering av stomnätsetablering. Detta kan variera mellan olika tillämpningar i anläggningsprojektet, men man bör utgå ifrån att form av användarna behöver åtkomst till beräkningsloggar och diverse resultatinformation under en lång tidsperiod. Detta medför i så fall en förändring jämfört med nuvarande tjänst, där i princip bara den korta textfilen med resultatet finns tillgänglig i efterhand.

5.3 Skalfunktioner för beräkningsjobb

5.3.1 Köhantering

Denna funktion behövs för att hantera nya beställningar under pågående beräkningsjobb.

När kontroll av valda RINEX-filer är genomförd så startas beräkningen genom att användaren trycker på en startknapp på webbsidan. I samband med detta skapas en ny initieringsfil i en startkatalog på webbservern.

Kön består av alla initieringsfiler i katalogen. De beräkningsdatorer (eller servrar) där LGO är installerat kontrollerar regelbundet om det finns någon fil i startkatalogen, och om så är fallet hämtas de till beräkningsservern. Med hjälp av informationen i initieringsfilen kan nödvändiga filer hämtas och beräkningen startas (se 5.3.2 nedan).

I samband med detta skapas ett jobb-id (i form av ett löpnummer) som även skrivs till databas.

5.3.2 Initieringsprogram

Initieringsprogrammets funktion är efter startad beräkning förbereda och anropa beräkningsmotorn, och vid behov läsa eller skriva nödvändig information i databas. Att "förbereda" LGO innebär bl.a. skapandet av nödvändiga kataloger, filkontroll, hämtning av RINEX- och banddata till rätt kataloger, samt eventuellt att viss information i filer ändras eller att filer döps om. Detta kan i sig kräva särskilda funktioner, t.ex. vid hämtning av SWEPOS-data och banddata då det krävs att programmet kan läsa in ungefärliga positioner och gemensamma mättider utifrån användarens filer.

Eventuellt kan efterarbetning (se 5.3.3) och avslut integreras med initialiseringsprogrammet. Programmet ska vid behov kunna köras på fler datorer/servrar.

5.3.3 Efterbearbetning och utdata

Eftersom XML-rapporterna i princip innehåller all information som krävs för redovisning av baslinjeberäkning och utjämning av GNSS-stomnät, så bör fokus ligga på att "extrahera" och strukturera denna information på lämpligt sätt, t.ex. via XSL-transformationer som visats i avsnitt 4.2. Det är naturligtvis även möjligt att använda LGO:s egna VBScript-variabler för att ge maximal kontroll och tillgång till ytterligare data från objektmodellen.

Trafikverkets krav på redovisning sammanfattas i avsnitt 2.2.8. Därtill bör man överväga om ytterligare information behövs för god dokumentation och möjlighet till felsökning.

5.4 LGO-rutiner

De rutiner som rör beräkningsmotorns funktion kommer att vidareutvecklas. Särskilt kommer utvecklare på geodesienheten att titta vidare på följande¹¹:

- Itererad beräkning, dvs. möjligheten för användare att själva göra om delar av beräkningskedjan (t.ex. ny fri utjämning efter att baslinjer flaggats bort).

¹¹ Observera att detta inte följer någon särskild prioriteringsordning.

- Införande av absoluta antennenmodeller.
- Hantering av koordinater i LGO, särskilt för projekt som löper över längre tid.
- Monitorering av SWEPOS-stationer (t.ex. för osäkerhetsklassning och viktning vid beräkning och utjämning i LGO).
- Utvärdering av statistiska gränsvärden och kriterier för baslinjeberäkning och utjämning.
- Förbättrad loggning/dokumentation för felsökning av beräkningsjobb.

5.5 Användarmanual

En av de viktigaste slutsatserna när det gäller kraven på beräkning och redovisning av GNSS-stomnät utifrån gällande regelverk (se Malmborg, 2011) är vikten av en användarmanual som täcker hela kedjan från planering och mätning till beräkning och redovisning. Detta för att garantera att föreskriven metod följs och att man därmed uppnår god kvalitet och noggrannhet i slutresultatet, samt att dokumentationen är tillräcklig för att tolkas och användas på rätt sätt i det aktuella projektet.

Förslagsvis ansvarar Trafikverket (som huvudman för anläggningsprojekt och tillhörande stomnät) för att driva detta arbete, med stöd av entreprenörer/konsulter/Lantmäteriet och de dokument som redovisas i det här delprojektet. Utvärdering av metodbeskrivningen bör t.ex. kunna genomföras som examensarbete med produktionslik GNSS-mätning och beräkning.

5.6 Framtida behov

Under pågående utveckling finns även behovet av att ha en flexibel plattform, som möjliggör och förenklar senare vidareutveckling av beräkningstjänsten. Bland annat med detta i åtanke har Lantmäteriets arbete med skalfunktioner och databaser inletts i "framtidssäkrade" utvecklingsmiljöer (t.ex. C# för .NET-plattformen och SQL-server).

Det på sikt största utvecklingsbehovet är att integrera olika typer av geodetiska data i en "fullständig" beräkningstjänst som täcker t.ex. GNSS-observationer, klassiska terrestra observationer, befintliga punkter/koordinater, och viktsinformation för indata. Dessa behov

och förslag till fortsatt utvecklingsarbete är beskrivna och sammanfattade i Andersson (2011).

6 Slutord

Det här delprojektets mål har varit att beskriva en möjlig automatiserad metod för beräkning och utvärdering av mindre anslutningsnät, med utgångspunkt från befintlig projektanpassad infrastruktur för GNSS-mätning. Denna metod kommer nu att implementeras som en ny beräkningstjänst baserad på beräkningsmotorn Leica Geo Office (LGO).

Arbetet med den nya beräkningstjänsten har påbörjats av Lantmäteriet, och rutiner för beräkning och utjämning med LGO har utvecklats och utvärderats. Ytterligare insatser kommer nu att krävas för att nå i mål, i första hand vid utveckling av gränssnitt, databaser, skalfunktioner för beräkning, och mallar för resultatredovisning som är anpassade till Trafikverkets krav. Därtill behövs en heltäckande manual/metodbeskrivning för stomnätsetablering med hjälp av beräkningstjänsten.

För att nå fram till dessa mål är det särskilt viktigt med väl definierade och väl avgränsade delprojekt, och att utvecklingsresurser för dessa är garanterade.

7 Referenser

Andersson, J V (2010): Empirisk jämförelsestudie av olika modeller för etablering av anslutningspunkter. PM (version 2010-06-09), WSP Samhällsbyggnad, Stockholm.

Andersson, J V (2011): Integration av geodetiska observationer i beräkningstjänsten. PM (version 2011-09-29), WSP Samhällsbyggnad, Stockholm.

HMK-Ge:GPS: Handbok till mätningsskugörelsen, Geodesi, GPS. Andra utgåvan, Lantmäteriet, Gävle, 1996.

Jämnäs L (2008): Marknadsinventering av programvaror för utveckling av projektanpassad beräkningstjänst. PM (version 2008-03-17), Lantmäteriet, Gävle.

Jämnäs, L (2009): Utvärdering av testberäkningar – projektanpassade beräkningstjänster vs. LGO. PM (version 2009-05-25), Lantmäteriet, Gävle.

Malmberg H v (2011): Beräkningstjänsten - Krav avseende beräkning och redovisning utifrån SIS-TS och BVS. PM (version 2011-06-07), WSP Samhällsbyggnad, Stockholm.

SIS/TS 21143:2007: Teknisk specifikation för Byggmätning - Geodetisk mätning, beräkning och redovisning vid långsträckta objekt. SIS AB Förlag, Stockholm.