GNSS-mätning av jordbruksskiften

Dennis Jakobsson

Examensarbete för ingenjörs (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för lantmäteriteknik

Vasa 2012

Innehållsförteckning

Abstrakt
Tiivistelmä
Abstract

1. Introduktion 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Problem 1
1.3 Avgränsning 2
1.4 Metod 2
1.5 Mätosäkerhet, GUM 3
2. Stödsystemets uppbyggnad 4
2.1 Landsbygdsverket 4
2.2 Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral 4
2.3 ELY-centralen 5
2.4 Basskiftesregister 5
2.5 Övervakning av jordbruksstöd 6
3. Digitering av jordbruksskiften 7
3.1 Bakgrundskarta vid digitering 7
3.1.1 Flygfoto 7
3.1.2 Ortofoto 8
3.1.3 Ortofotots mätosäkerhet 8
3.4 Digitering av jordbruksskiften utifrån ortofoton 9
4. GNSS-Mätning 10
4.1 Allmänt om GNSS-mätning 10
4.1.1 GPS 11
4.1.2 GLONASS 12
4.1.3 Galileo 12
4.1.4 Övriga GNSS 13
4.2 GNSS-mätning vid ELY-centralen 14
5. Felkällor vid GNSS-mätning 15
5.1 Satellittillgänglighet och sikthinder 15
5.2 Signalkvalité och satellitgeometri 16
5.3 Bandata och flervägsfel 17
5.4 Atmosfären 17

5.4.1 Jonosfären 18
5.4.2 Troposfären 19
6. Testmätningar 20
6.1 Testmätning 1 20
6.1.1 Tillvägagångsätt 21
6.1.2 Resultat 22
6.2 Testmätning 2 23
6.2.1 Tillvägagångsätt 23
6.2.2 Utförandet av mätningen 24
6.2.4 Resultat 25
7. Slutsats 27
7.1 Sammanfattning 27
7.2 Slutsatser 27
7.3 Diskussion och förslag till vidare forskning 28
8. Källförteckning 29

EXAMENSARBETE

Författare	Dennis Jakobsson
Utbildningsprogram och ort	Lantmäteriteknik i Vasa
Handledare	Sem Timmerbacka

Titel: *GNSS-mätning av jordbruksskiften*

Datum: 20.05.2012	Sidantal 31	Bilagor 3

Abstrakt

Examensarbetet gjordes åt Närings-, trafik- och miljöcentralen i Österbotten och behandlar det problem som uppstår när arean av ett jordbruksskifte vid digitering utifrån ortofoto inte överensstämmer med den area som man fått vid terrängmätning med GNSS-instrument. Syftet med arbetet var att undersöka mätosäkerheten hos de två mätsätten, för att på så vis reda ut vilket mätsätt som ger tillförlitligare arealer.

Genom att ta del av den forskning som gjorts rörande digitering av jordbruksskiften utifrån ortofoto, har metodens mätosäkerhet granskats. På grund av att man inte har utfört tester på GNSS-mätning med exakt samma utrustning och mätsätt, som används vid terrängmätning av jordbruksskiften, har man utfört nya testmätningar. Genom testmätningarna har man fått en bild av GNSS-instrumentens mätosäkerhet. I examensarbetet har också jämförts arean av jordbruksskiften som mätts med dessa två mätsätt.

Resultatet klargör att när man bestämmer arean av jordbruksskiften är GNSS mätning att föredra, med tanke på mätosäkerheten, eftersom man har en standardosäkerhet på mindre än 15 cm vid GNSS-mätningen. Vid digitering utifrån ortofoto har man i genomsnitt en standardosäkerhet (virhe (keskimäärin)) på 1,5 m.

Språk: svenska	Nyckelord: GNSS, GIS, fotogrammetri

Förvaras: webbiblioteket Theseus.fi

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä	Dennis Jakobsson
Kolutusohjelma ja paikkakunta	Maanmittaustekniikka, Vaasa
Ohjaaja:	Sem Timmerbacka

Nimike: *Peltolohkojen GNSS-mittaus*

Päivämäärä: 20.05.2012	Sivumäärä: 31	Liitteet 3

Tiivistelmä

Opinnäytetyö on tehty Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusta varten ja käsittelee ongelmaa, kun peltolohkojen ala ortokuvadigitoinnissa ei vasta GNSS-laitteella tehttyjä mittauksia. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää näiden kahden mittaustavan mittausepävarmuus ja näin selvittää, mikä mittaustapa tarjoaa luotettavamman pinta-alan alueelle.

Peltolohkojen ortokuvadigitoinnin epävarmuus on saatu asiaa käsittelvästä tutkimuksesta. Koska GNSS-mittaustestejä ei ole tehty täsmälleen samoilla laitteilla ja mittaustavoilla, joita käytetään alueiden mittauksiin GNSS-laitteilla, on suoritettu uudet testimittaukset. Testimittauksilla on saatu kuva GNSS-mittauksen epävarmuudesta. Opinnäytetyössä on verrattu peltolohkojen aloja, jotka on mitattu näillä kahdella mittaustavalla.

Tuloksesta selvi, että kun määritetään peltolohkojen ala, GNSS-mittaus on parempi mittausepävarmuuden näkökulmasta, koska mittausepävarmuus on alle 15 cm GNSS-mittauksessa ja ortokuvadigitoinnissa virhe (keskimäärin) on 1,5 m.

Kieli: ruotsi	Avainsanat: GNSS, GIS, fotogrammetria

Arkistoidaan: verkkokirjastossa Theseus.fi

BACHELOR'S THESIS

Author	Dennis Jakobsson
Degree programme and location	Land Surveying, Vasa
Supervisor	Sem Timmerbacka

Title: *GNSS-measurement of land parcels*

Date: 20.05.2012	Number of pages 31	Appendices 3

Abstract

The thesis was done for the Centre for Economic Development, Transport and the Environment in Ostrobothnia and treats the problem that occurs when the area of a land parcel that is edited from orthophotos does not conform to the area gained in terrain measurements with GNSS-instruments. The purpose of this study was to investigate the measuring accuracy of the two measurement methods to find out which method provides more accurate areas.

By studying the research done on the editing of parcels based on orthophotos, the accuracy of the method was examined. As no tests of GNSS-measurements had been performed with exactly the same equipment and measurement method that is used in terrain measurements of land parcels, new test measurements were carried out. The test measurements gave an idea of the measurement accuracy of GNSS-instruments. The thesis also compares the area of land parcels measured with the two measurement methods.

The result shows that, when determining the area of a parcel, the GNSS-measurement method is to be preferred since the standard inaccuracy of a GNSS-measurement is less than 15 cm, whereas the standard inaccuracy (virhe (keskimäärin)) of orthophoto editing is 1.5 m.

Language: Swedish	Key words: GNSS, GIS, photogrammetry

Available in the electronic library theseus.fi

1. Introduktion

Med Rubriken ” GNSS-mätning av jordbruksskiften” avses i detta examensarbete mätning av jordbruksskiften med GNSS-instrument i terräng. Examensarbetet behandlar två olika mätsätt som används när man bestämmer arean av jordbruksskiften, digitering utifrån ortofoto och mätning med GNSS-instrument.

1.1 Bakgrund

Sommaren 2011 praktiserade jag vid Närings-, trafik- och miljöcentralen i Österbotten, ELY-centralen, och arbetade bland annat med helgårds- och arealgranskningar. Vid dessa granskningar kontrollerar man bland annat arean av jordbruksskiften, eftersom en del av de jordbruksstöd som jordbrukare erhåller baserar sig på arean av jordbruksskiften. Arean av jordbruksskiften kan mätas på olika sätt och de två sätten som jag använde mig av var, direkt editering utifrån ortofoto och GNSS-mätning i terrängen.

I arbetet stötte jag på de olika problem som uppstår när man ska bestämma jordbruksskiftets area. Eftersom man mäter arean, innehåller alltid mätresultatet mätosäkerhet och man kan endast sträva till att erhålla den exakta arean av ett skifte. Den area som man fått med mätningar med GNSS-instrument är inte alltid den samma som den som man får vid direkt editering utifrån ortofoto. Vid en diskussion med Ulf-Erik Häggvik, övervakningschef vid Österbottens ELY-central, föreslog han att jag skulle göra ett examensarbete om detta. Forskning har tidigare gjorts om mätosäkerheten för editering utifrån ortofoto och det skulle vara av intresse att få en uppfattning av mätosäkerheten med GNSS-mätningen.

1.2 Problem

Vid granskningar där man kontrollerar arean av jordbruksskiften har det konstaterats att skiftets gränser som mätts med GNSS-instrument inte alltid motsvarar den gräns som man erhållit med direkt digitering utifrån ortofoto. På grund av detta är det svårt att bestämma arean av ett jordbruksskifte.

1.3 Avgränsning

Det har forskats tidigare om registrets noggrannhet och det finns direktiv från EU vilka felmarginaler som får förekomma. Man har även forskat i mätosäkerheten vid editering av jordbruksskiften utifrån ortofoto är. Därför tar detta examensarbete i huvudsak upp GNSS mätning av jordbruksskiftens area med de instrument och mätmetoder som används vid ELY-centralen, samt jämför det med den allmänna digiteringen utifrån ortofoto.

1.4 Metod

Genom att ta del av den forskning som gjorts rörande digitering av jordbruksskiften utifrån ortofoto, har metodens mätosäkerhet granskats. Som exempel har tester gjorts där flera personer har fått digitera utifrån ortofoto ett antal skiften med kända areor, och på så vis har mätosäkerheten för själva digiteringen fastställts.

Eftersom man inte har utfört tester på GNSS-mätning, med exakt samma utrustning och mätsätt som används vid ELY-centralen, har man utfört nya testmätningar. Genom testmätningarna har man fått en bild av GNSS-instrumentens mätosäkerhet. Man har också jämfört arean av jordbruksskiften som mätts med dessa två mätsätt.

1.5 Mätosäkerhet, GUM

För att terminologin med avseende på osäkerhet vid mätningar skall vara enhetligt i detta examensarbete, har en de facto-standard, GUM (Guide to the expression of Uncertainty in Measurement) tillämpats. GUM är framtaget genom ett internationellt samarbete mellan certifierings-, standardiserings- och forskningsorgan. Guiden anger hur osäkerheten vid mätningar bör uttryckas och den används även inom flera olika tillämpningsområden.[1]

Ett mätresultat innehåller alltid en mätosäkerhet, vilket är ett värde på hur bra mät-resultatet överensstämmer med det korrekta värdet. GUM har klassificerat mätosäkerhet enligt typ A och typ B. Typ A mätosäkerhet: Mätresultatet bestäms som medelvärdet av flera mätningar och mätosäkerheten bestäms utifrån mätresultatens variation, med någon statisk metod. Typ B mätosäkerhet: Mätosäkerheten har bestämts genom till exempel resultat från andra mätningar eller värden tagna från en instrumenttillverkares specifikationer. [2]

Mätresultatets medelfel uttrycks som standardosäkerhet enligt GUM. Med andra ord är standardosäkerheten ett mått på hur mätningarna sprider sig kring mätningarnas medelvärde. I dagligt tal används ord som standardavvikelse för standardosäkerheten. Skillnaden mellan de korrekta koordinaterna och de mätta koordinaterna uttrycks som en radiell osäkerhet. [3]

[1] Kompendium i Geodetisk mätningsteknik s.62
[2] IBID s.62
[3] IBID s.65

2. Stödsystemets uppbyggnad

Arean av jordbruksskiften är viktig på grund av att en del av de jordbruksstöd som jordbrukare erhåller baserar sig på arean. Under denna rubrik finns information om de som har hand om stödsystemet samt hur övervakningen av jordbruksstöd fungerar.

2.1 Landsbygdsverket

Ansvaret för utveckling av landsbygden och användning av EU:s jordbruksfond i Finland sköts av Landsbygdsverket (Mavi), som också fungerar som utbetalningsverk. Årligen sköter de om utbetalning av stöd för mer än 2 miljarder euro. Lantbruksstödet är till för att upprätthålla lönsamhet och fortsatt verksamhet inom jordbrukssektorn. Stöden påverkar positivt kvaliteten av produkter, miljöförhållandena och förhållanden för produktionsdjuren. Stöd kan anhållas för inledning, utveckling eller utvidgning av verksamhet. Landsbygdsverket ser till att jordbrukare får odlarstöd, att landsbygdens marknadsstöd, finansieringsstöd och utvecklingsstöd betalas i tid och på rätta grunder.[4]

Landsbygdsverket handleder, ger råd och vidareutbildar ELY-centralerna, kommuner och Leader-aktionsgrupper (registrerad förening för utveckling av landsbygden som finansierar allmännyttiga projekt). Mavi administrerar och utvecklar de datasystem som används vid behandling av stödansökningar, som till exempel Kartturi. [5]

2.2 Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral

Tike (Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral) är en självständig organisation som styrs av Jord- och skogsbruksministeriets kanslichef. Verksamhetsområdena är systemlösningar, teknologiska lösningar, statistik och förvaltning. Man gör även resultatavtal och serviceavtal med organisationens kunder. Tike har tillsammans med Mavi skapat Kartturi. Bland annat information som söks och sparas i Kartturi går genom komponenter av Tike. [6]

[4] Mavi.fi information om landsbygdsverket (Läst 24.1.2012)
[5] IBID
[6] Mmmtike.fi, information om Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral (Läst 25.1.2012)

2.3 ELY-centralen

I Finland finns det för närvarande 15 närings-, trafik- och miljöcentraler (ELY-centraler). Dessa sköter om de uppgifter som förut hörde till TE-centralerna, miljöcentralerna, vägdistrikten, länsstyrelsernas trafikavdelningar och bildningsavdelningar, samt Sjöfartsverket. Till centralernas uppgifter hör bland annat rådgivnings-, finansierings- och utvecklingstjänster för företag, arbetskraftsutbildning, gårdsbruk, fiskenäring, miljöskydd, landsvägshållning och yrkesutbildning. ELY-centralerna styrs av arbets- och näringsministeriet, miljöministeriet, kommunikationsministeriet/trafikverket, jord- och skogsbruksministeriet/landsbygds- och livsmedelssäkerhetsverket, undervisnings-ministeriet och inrikesministeriet. [7]

ELY-centralerna har hand om finansieringen av jordbrukens och andra landsbygdsföretags investeringar och utveckling. Man vill förbättra jord- och skogsbrukets konkurrenskraft och främja fiskerinäringen och andra landsbygdsnäringar. ELY-centralerna tar även hand om övervakningen av jordbruksstöd och en del livsmedelsproduktion och växthälsa.[8]

2.4 Basskiftesregister

Basskiftesregistret är ett register som innehåller läges- och identifikationsuppgifter om alla driftcentrum och basskiften på de gårdar som ansökt om arealbaserade stöd. Registret har data om till exempel basskiftessignum, areal, omkrets och typ av gränslinje. Basskiftesregistret är ett geografiskt informationssystem och ingår i lantbruksförvaltningens integrerade stöd- och övervakningssystem (IACS). Registret används bland annat vid övervakning, administrering, planering och rapportering beträffande jordbruksstöden. [9]

---

[7] Ely-keskus.fi, information om ELY-centralen (Läst 25.1.2012)

[8] IBID

[9] Mmmtike.fi, information om basskiftesregister (Läst 25.1.2012)

2.5 Övervakning av jordbruksstöd

För att jordbrukare i hela landet skall få stöd på rättvisa och jämlika grunder, övervakar man jordbruksstödet. EU:s direktiv är att en tillräckligt god övervakning och kontroll är förutsättningen för att beviljas och få investerings- och produktionsstöd. Detta gäller också stöd för åkerareal och djur som är helt eller delvis finansierade av EU. Stöd betalas ut åt jordbrukare på olika grunder till exempel för att förbättra miljön eller för att producera livsmedel. Genom övervakningarna kontrollerar man att villkoren för att betala ut stöd uppfylls.[10]

ELY-centralerna har i uppgift att organisera och ansvara för övervakningen av stöd för landsbygdsnäringarna som hör till regionen. Tack vare övervakningarna har en reducering av mottagna stöd som måste returneras till EU skett. Övervakningarna är även viktiga för godkännande av nationella finansieringar. [11]

Till gårdsgranskningarna hör kontroll av arealbaserade stöd, avtal om miljöspecialstöd, djurbaserade stöd, tvärvillkor samt beskogning av åkrar. ELY-centralerna har ansvar för granskningarna samt rapportering om granskningarna till jord- och skogsbruksministeriet, vilka även rapporterar till EU. [12]

I den övervakning som ELY-centralerna sköter angående gårdsbruk används GIS-programmet Kartturi för att korrigera och kontrollera arealer samt att registrera övervakningsuppgifter. [13]

[10] Ely-keskus.fi, jordbruksstöd (Läst 12.2.2012)
[11] IBID
[12] IBID
[13] Samtal med Ulf-Erik Häggvik, februari 2012

3. Digitering av jordbruksskiften

Under denna rubrik tas det upp hur man framställer bakgrundskartan som används vid digitering av jordbruksskiften. Man tar även upp mätosäkerheten för digitering av jordbruksskiften utifrån ortofoto.

3.1 Bakgrundskarta vid digitering

Jordbruksskiftens area bestäms oftast med hjälp av digitering utifrån en geometrisk korrigerad flygbild, ortofoto. I GIS-programmet Kartturi, som används när man digiterar jordbruksskiften vid ELY-centralen, används ortofoto som bakgrundskarta. Som med all annan mätning uppstår mätosäkerhet även här. Detta kan bero på en mängd olika faktorer, som till exempel bakgrundskartans mätosäkerhet.[14] [15]

3.1.1 Flygfoto

Med flygfoto menar man fotografier som är tagna uppifrån, från en viss höjd från till exempel ett flygplan. Idag använder man oftast digitala flygkameror, som består av flera sammansatta sensorer och genom digital bildbehandling skapar man en digital flygbild.[16]

Flygfotogrammetri eller stereokartering är när man framställer kartor med hjälp av flygfoton som är tagna ungefär lodrätt nedåt. De kallas för lodbilder och är tagna i ett stråk med en viss överlappning. Vanligtvis tar man bilderna så att man får 60 % överlappning i flygriktning och 40 % överlappning mellan intilliggande stråk. Bilderna bör kunna relativorienteras. Detta innebär att bilderna orienteras, justeras, relativt med varandra så att punkter i terrängen sammanfaller i ett bildpar. Stereomodell bildas av bildpar och är överlappande på så sätt att en modell består av två bilder och två modeller består av tre bilder. För att kunna mäta modellerna fotogrammetriskt, ändrar man modellernas skala och vridning. Bilderna absolutorienteras sedan mot kända punkter i terrängen som är utmärkta med flygsignaler. I dag använder man mestadels digitala stereoinstrument där all beräkning och mätning sker med hjälp olika datorprogram.[17] [18]

[14] Simo Marila, *Peltolohkorekisterin tarkkuus ja laatu*, Esbo 2011
[15] Mavi.fi, Peltolohkorekisteri 2010 Kartturi -sovellus (Läst 15.4.12)
[16] Wikipedia, Flygfoto (Läst 27.3.12)
[17] IBID
[18] HMK - Fotogrammetri. s.40

3.1.2 Ortofoto

Ortofoto är kort sagt en geometrisk korrigerad flygbild. Ett konventionellt perspektiv flygfoto innehåller förskjutningar på grund av lutningen av kameran och terrängens topografi. Objekt på högre höjd avbildas större medan objekt på lägre höjd blir mindre. Därför har inte flygfoton en likformig skala och man kan inte mäta avstånd direkt från flygfoton. Genom att koppla ihop terrängens variation i höjdled kan man omprojicera flygfotots centralprojektion till en ortogonalprojektion. För att få bort sidoförskjutningen i fotot för man ner alla höjder till nollplan. Nu har man fått ett foto med ortogonal projektion, alltså ett ortofoto.[19] [20] [21]

Ett ortofoto är en enhetlig skala fotografi, en fotografisk karta. Eftersom ett ortofoto har en enhetlig skala är det möjligt att mäta direkt på det som andra kartor. Ortofoton används ofta i GIS-program som bakgrundskarta och så även i Kartturi. [22]

3.1.3 Ortofotots mätosäkerhet

Ortofotots geometriska fel påverkas störst av kvaliteten på den höjdmodell och orienteringen som använts vid framställningen av ortofoto. Höjdmodellens standardmätosäkerhet i genomsnitt, i höjdled (keskimääräinen korkeusvirhe) är 1,8 m, vilket orsakar i ortofotot en standardmätosäkerhet (keskivirhe) i plan på mindre än 1 m. Eftersom mätosäkerheten beror på placeringen av den ursprungliga bilden, är större mätosäkerhet möjlig. Till exempel ett höjd fel på 5 m orsakar ett horisontellt fel på 2,5 m i kanten av ortobilden. I de fall som ett skifte ligger på en skarv mellan flera ortofoton är risken för stora fel hög, eftersom skiftets hörnpunkter inte har samma fel i deras position blir arealen felaktig. [23]

[19] Usgs.gov, Digital Orthophotos (Läst 27.3.12)
[20] geofotogrupa.com, Digital ortofoto (Läst 27.3.12)
[21] wikipedia, ortofoto (Läst 27.3.12)
[22] Simo Marila, *Peltolohkorekisterin tarkkuus ja laatu*, Esbo 2011
[23] IBID

3.4 Digitering av jordbruksskiften utifrån ortofoton

Jordbruksskiftens gränser bestäms i största utsträckning genom digitering i ortofoton. Som i all annan mätning uppstår även fel här. Vid ELY-centralen sker digiteringen av jordbruksskiften med hjälp av programmet Kartturi. Som bakgrundskarta i programmet finns alltid de senaste tagna flygfotografierna, i regel ska de vara högst 5 år gamla ortofoton. Kort sagt går digiteringen i Kartturi till så att man ”klickar” med markören på bakgrundsortofotot där gränsen för skiftet går. Skiftets gränser är uppbyggda av punkter som sammanbinds av vektorer.[24] [25]

Om flera personer utför en digitering på ett och samma skifte, får man alltid flera olika mätresultat, eftersom man aldrig kan digitera exakt lika, därför att skiftets gränser kan tolkas olikt. En mätosäkerhet för digiteringen har behandlats i Simo Marilas diplomarbete: Peltolohkorekisterin tarkkuus ja laatu. Man testade mätosäkerheten för digiteringen genom att låta 19 stycken personer digitera tre olika skiften med känd area. Resultatet man fick utav testet visar att digiteringen från ortofoto jämfört med den kända arean, i detta test, innehöll en standardmätosäkerhet (virhe (keskimäärin)) på 1,4 %. Skiftets gräns hade en standardmätosäkerhet (virhe (keskimäärin)) på 1,5 m. [26]

[24] Samtal med Ulf-Erik Häggvik, februari 2012
[25] Mavi.fi, Peltolohkorekisteri 2010 Kartturi -sovellus (Läst 15.4.12)
[26] Simo Marila, *Peltolohkorekisterin tarkkuus ja laatu*, Esbo 2011

4. GNSS-Mätning

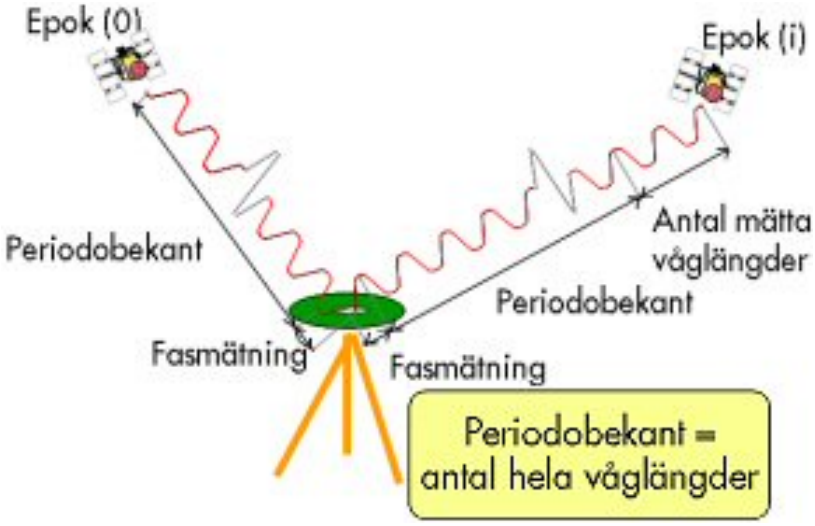
Global Navigation Satellite Systems (GNSS) är ett samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem. I dagsläget talar man om satellitsystemen GPS, Glonass, Galileo, Compass, IRNSS, QZSS. [27]

4.1 Allmänt om GNSS-mätning

Grundprincipen är samma för all GNSS-mätning, vilket figur 1 visar. När man vet satelliternas position, kan man bestämma GNSS-instrumentets position genom att mäta avståndet till satelliterna. Med tidsmätning bestäms avståndet och man kan mäta tiden på två olika sätt, med kodmätning eller fasmätning. Man behöver minst fyra satelliter för att få en 3D-position bestämd. DOP-talet är ett tal som beskriver satellitgeometrin, vilket betyder: Satelliternas antal och fördelning över himlen. DOP-talet är en av de viktigaste faktorerna som påverkar osäkerheten vid GNSS-mätning. Andra faktorer som påverkar mätosäkerheten är: atmosfärsrelaterade, satellitrelaterade och mottagare relaterade fel.[28]

Idag finns det två satellitbaserade positionsbestämningssystem som är fullt brukbara: amerikanska GPS och ryska GLONASS. Under utveckling finns ytterligare två system: kinesiska COMPASS och det europeiska GALILEO. [29]

[27] Lantmateriet.se, GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (hämtat 27.3.12)
[28] HMK - Geodetisk och fotogrammetrisk mätnings- och beräkningsteknik, s. 174
[29] IBID s. 162



Figur 1. Grundprincip för GNSS-mätning[30]

4.1.1 GPS

GPS är förkortningen av Global Positioning System och är uppbyggt av det amerikanska försvaret, som också hand har systemet. GPS-systemet påbörjades 1973 och den första satelliten sköts upp den 22 februari 1978. År 1993 var systemet klart för civila ändamål men SA(Selective Availability) som var en avsiktlig försämring av precisionen, var i bruk från 1991 till 2000.[31]

GPS-systemet har hela tiden minst 24 satelliter som cirkulerar ca 20200 km ovanför jordytan, vilket resulterar i att man har minst fyra satelliter tillgängliga jorden runt, under 99,9 procent av tiden. Satelliterna är fördelade på 6 banplan med 55 graders inklination (Latituden som satelliterna vänder på) och omloppstiden är 11 timmar och 57,97 minuter. Ett så kallat kontrollsegment som består av flera markstationer, styr och kontrollerar satelliterna. De registrerar kontinuerligt signalerna från de satelliter som befinner sig ovanför respektive stations horisont. Sedan sänder stationerna all data till driftledningscentralen. Där beräknas och förutsägs (predikteras) framåt i tiden, satelliternas banparametrar och korrektioner till satellitklockorna. Därefter sänds det framräknade resultatet upp till satelliterna.[32]

[30] Lantmateriet.se, GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (hämtat 27.3.12)
[31] LMV-Rapport 2007:11 s.10
[32] IBID s.10

4.1.2 GLONASS

GLONASS är förkortning av Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema och är ett satellit system som är uppbyggt av den ryska militären. Det ryska försvarsministeriet äger systemet, medan Federal Space Agency (Roscosmos) sköter om drift och underhåll.[33]

GLONASS-projektet startade 1976 och 1982 sköt man upp den första satelliten. På grund av ekonomiska svårigheter och den korta livslängden på de äldsta satelliterna, har systemet haft få satelliter igång under årens lopp men i dagens läge har man 24 fungerande satelliter uppe. Satelliterna befinner sig 19 100 km ovanför jordytan och är uppdelade på tre banplan med inklinationen 64,8 grader. Omloppstiden är 11 timmar och 15,73 minuter. GLONASS har likt GPS ett kontrollsegment vilket styr och kontrollerar satelliterna. [34] [35]

4.1.3 Galileo

Galileo är ett planerat europeiskt system som ännu inte är färdigt byggd. År 2011 sköt man upp de två första satelliterna och man har planerat att Galileo skall bestå utav 30 satelliter (27 + 3 i reserv). Satelliterna kommer att befinna sig på cirka 23 000 km ovanför jordytan och är uppdelade på tre banplan med inklination på 56 grader.[36] [37]

Galileo ägs av Europeiska Unionen och den europeiska rymdstyrelsen ESA (European Space Agency). Utvecklingen av systemet görs av ESA och ESNI (European Satellite Navigation Industries), som är en sammanslutning av europeiska rymdrelaterade industriföretag.[38] [39]

---

[33] LMV-Rapport 2007:11 s.17
[34] IBID s.17
[35] Glonass-ianc.rsa.ru, GLONASS constellation status (läst 15.03.12)
[36] Snsb.se, Två Galileo-satelliter sänds upp på en rysk raket från Franska Guyana (läst 15.03.12)
[37] LMV-Rapport 2007:11 s.20
[38] Lantmateriet.se, GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (Läst 25.3.12)
[39] LMV-Rapport 2007:11 s.21

4.1.4 Övriga GNSS

Compass är ett kinesiskt satellitsystem som skickade upp sin första satellit år 2000. Systemet består av satelliter som går i bana runt jorden, geosynkrona satelliter och geostationära satelliter. Geosynkrona satelliterna följer med jordrotationen och rör sig fram och tillbaka över ekvatorn medan geostationära satelliterna ligger över ekvatorn och följer med jordrotationen. De satelliter som går i bana runt jorden, befinner sig på cirka 21 500 kilometers höjd över jordytan och är uppdelade i sex banplan med 55,5 graders inklination. [40]

Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) är ett japanskt satellitsystem som skickade upp sin första satellit år 2010. Detta är ett tilläggssystem med tre satelliter som är designade så att varje satellit skall finnas åtta timmar per dag över Japan. Satelliterna går i lutande geosynkrona banor med inklinationer på 39-47 grader. Detta kallas kvasi-zenit och systemet är uppkallat efter detta. [41]

Ett indiskt satellitsystem vid namn Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) håller på att utvecklas. Detta är ett skilt regionalt system som endast kommer att bestå utav fyra geosynkrona satelliter och tre geostationära satelliter. Detta betyder att systemets tillgänglighet inte kommer bli så stor annat än i Indien. [42]

[40] Lantmateriet.se, GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (Läst 25.3.12)
[41] IBID
[42] IBID

4.2 GNSS-mätning vid ELY-centralen

All mätning som utförs i terrängen vid ELY-centralen sker med GNSS-mätning. Förut mätte man skiften med andra mätmetoder, men i dag används enbart GNSS-mätutrustning.[43]

Man har flera olika instrument utav märket Trimble och det nyaste instrumentet är en Trimble Geo XT, Geoexplorer 6000 series och är den som kommer att behandlas grundligast i detta examensarbete. Instrumentets mottagare är en Trimble Maxwell 6 GNSS chipset med 220 kanaler. Geo XT kan ta emot signaler av följande satelitsystem: GPS (L1C/A), GLONASS(L1C/A, L1P), WAAS/EGNOS/MSAS.[44]

GNSS-instrumenten använder sig utav absolut mätning, vilket betyder att instrumentets position bestäms direkt i förhållande till satelliterna genom en inbindning i rymden. Endast ett instrument används per mätning och man behöver teoretiskt sett ha kontakt med minst fyra satelliter för att bestämma en tredimensionell position. Som komplement till absolut mätningen gör man efterberäkningar utav alla mätningar. Mätningarna efterberäknas i dataprogrammet Pathfinder. Detta program använder sig av Geotrim's VRS-nät tjänst. Genom data från en närliggande referensstation får man korrektioner som gör att mätningens mätosäkerhet reduceras.[45] [46] [47]

[43] Samtal med Ulf-Erik Häggvik, februari 2012
[44] Trimble.com, Geo XT (Läst 27.3.12)
[45] Samtal med Ulf-Erik Häggvik, februari 2012
[46] Lantmateriet.se, GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status (Läst 27.3.12)
[47] Geotrim.fi, VRS Jälkilaskenta Data / Palvelu (Läst 27.3.12)

5. Felkällor vid GNSS-mätning

Vid GNSS-mätning finns ett flertal felkällor som gör att mätningarnas mätosäkerhet ökar. De huvudsakliga felkällorna är: atmosfären, satelliternas banbestämningar, flervägsfel, antenn, sikthinder, signalkvalité, satellitgeometri och satellittillgänglighet. Eftersom ELY-centralen använder sig enbart av instrument med inbyggd antenn, tas inte antennen upp som en enskild felkälla.[48]

5.1 Satellittillgänglighet och sikthinder

GNSS-systemet är utformat så att man skall kunna på öppna ytor ha kontakt med minst fyra satelliter dygnet runt, eftersom man har fyra obekanta parametrar i en mätning. De fyra olika parametrarna är: klockfelet och de tre dimensionerna. Satellittillgängligheten påverkar mätresultatet och även om det fungerar i teorin att mäta med fyra satelliter, rekommenderas det att man har tillgång till fler. Genom att använda instrument som kan hantera flera GNSS-system ökar antalet tillgängliga satelliter. Satellitprognoser kan man göra före en mätning genom att använda sig av GNSS-almanackor, som innehåller banparametrar.[49]

Sikthinder försvårar användningen utav GNSS-mätning. Framförallt skog utgör sikthinder och gör att man inte alltid har fri sikt mellan satelliterna och instrumentet. Satellitsignalerna går sällan genom en lövträdskrona, medan barrträdskronan släpper enklare genom signalerna. När man befinner sig i Norden är det viktigare att det är fritt söderut än norrut, eftersom de flesta satelliterna går där.[50]

[48] LMV-Rapport 2007:11 s.40
[49] IBID s.40
[50] IBID s.43

5.2 Signalkvalité och satellitgeometri

Miljön och atmosfären påverkar signalkvaliteten och inverkar på så sätt på mätosäkerheten hos mätresultatet. Signalkvaliteten försämras också när satelliten går lågt över horisonten och därför rekommenderas det att man inte använder satelliter som befinner sig lägre än ca 10 graders höjd över horisonten. På de flesta instrument kan man ange en elevationsgräns och genom att ställa in elevationsgränsen på till exempel 10 grader, tar man inte med satelliter som står lägre än det. [51]

Satellitgeometrin anges av DOP-värdet (Dilution Of Precision) och är måttet på det geometriska bidraget till mätosäkerheten vid absolut positionsbestämning. Ju lägre DOP-värde desto bättre satellitgeometri. Man strävar till att satelliterna ska täcka så stor område av himlen som möjligt, för då har man bra satellitgeometri. Det finns flera varianter av DOP-tal beroende på vilka de obekanta parametrarna är. De vanligaste GDOP (geometrical DOP) som motsvarar klockfel och de tre positionskoordinater och PDOP (Position DOP) som motsvarar endast tre positions koordinater som obekanta. Andra DOP-värden som används är till exempel: HDOP (horizontal DOP): två horisontella koordinater VDOP (vertical DOP): enbart höjd TDOP (time DOP): enbart klockavvikelse.[52] [53]

[51] LMV-Rapport 2007:11, s.42
[52] maanmittauslaitos.fi, Satellitmätning eller GPS-mätning (Läst 29.3.12)
[53] LMV-Rapport 2007:11, s.42

5.3 Bandata och flervägsfel

Bandata, positionen för satelliten, finns i de satellitmeddelanden som satelliterna sänder ut kontinuerligt. När bandatan är fel, blir det fel i mätningarna och dessa fel ökar när avståndet mellan referensstationen och instrumentet blir längre. När avståndet mellan referensstationen och instrumentet är mindre än 30 km blir mätfelet, som uppstår på grund av bandata, några millimeter.[54]

Flervägsfel är en vanlig felkälla och uppstår då satellitsignalerna möter på en reflekterande yta och studsar mot denna innan den möter instrumentet. På grund av detta kan man då få samma signal från två olika håll, men om sikten är skymd från ett håll kan man i värsta fall erhålla endast den felaktiga signalen. Flervägsfelet kan reduceras genom signal- och databehandling eller om man använder sig utav en antenn med jordplan, vilken stoppar reflektion underifrån. [55]

5.4 Atmosfären

När satelliterna sänder ut signaler korsar dessa atmosfären innan de når GNSS-instrumentet. Eftersom atmosfären påverkar signalernas hastighet är atmosfären en felkälla i mätning med GNSS. Jonosfären och troposfären är de skikten i atmosfären som är närmast jorden.[56]

[54] LMV-Rapport 2007:11 s.44
[55] IBID s.44
[56] LMV-Rapport 2007:11 s.45

5.4.1 Jonosfären

Påverkningen av jonosfären gör bärvågsmätningarna för korta och kodmätningarna för långa. Signalerna påverkas olika beroende på antalet elektroner i jonosfären, dessutom påverkas signaler med olika frekvenser inte på samma sätt. Elektrontätheten i jonosfären är vanligen högre på dagen än på natten. Genom att mäta på två frekvenser kan signalvägen beräknas, där av sänder satelliterna ut signaler på minst två frekvenser. Signalerna från de satelliter som står lågt över horisonten påverkas mest, eftersom dessa signaler går en längre sträcka genom jonosfären. [57]

Solens strålning påverkar även mätningar. Strålningsaktiviteten har en periodicitet av cirka 11 år och effekterna av solens strålningsaktivitet varierar beroende på var man befinner sig på jordklotet. Om man befinner sig nära polerna förekommer ofta snabba men mindre variationer än om man befinner sig närmare ekvatorn, där effekterna är större. Hög strålningseffektivitet ger upphov till ett skalfel i mätningarna och så bidrar det till att det blir svårare att lösa periodbekanta och laga periodbortfall. Scintillationer, är småskalliga och snabba förändringar och kan göra så att mottagaren inte ”hittar” satellitsignalen. [58]

Tvåfrekvensmottagare och jonosfärsfri linjärkombination (Lc) av L1 och L2 kan reducera jonosfärseffekten till stor del, men då uppkommer ett högre brus i mätningarna. En jonosfärsmodell kan reducera jonosfärseffekten vid enfrekvensmätning. [59]

[57] LMV-Rapport 2007:11 s.45
[58] IBID s.45
[59] IBID s.46

5.4.2 Troposfären

I troposfären finns det molekyler av syre, kväve och vattenånga som påverkar satellitsignalerna. På ett liknande sätt som en ljusstråle påverkas av ett prisma, fördröjs och böjs signalerna när de färdas genom troposfären. Fördröjningen av signalerna som sänds från en satellit i zenit till en mottagare som befinner sig på havsytans nivå, motsvara en sträcka på ungefär 2,5 meter. Av den sträckan kommer cirka 2,2 meter av effekterna som uppstår av alla molekyler utom vattenånga och kan bestämmas med mätning av lufttrycket eller från olika generella modeller. Vattenångan påverkar 0-30 cm och är väldigt svår att mäta eller modellera. Olikt jonosfären påverkar troposfären kodmätningar och bärvågsmätningar på samma sätt och det finns inget frekvensberoende. Av den orsaken kan man inte beräkna fördröjningen genom att kombinera mätningarna på olika frekvenser, som man kan då man reducera jonosfärseffekten. [60]

Troposfärsfördröjningen varierar beroende på hur vädret är, eftersom temperatur, lufttryck och luftfuktighet påverkar. Satellitsignalerna påverkas minst när luften innehåller mycket lite vattenånga och är homogen över långa avstånd, såsom vid en kall och klar vinternatt under en högtrycksperiod. [61]

[60] LMV-Rapport, s.46
[61] IBID s.47

6. Testmätningar

För att veta hur mycket man kan förlita sig på de mätningar som utförs med den utrustning som används vid ELY-centralen, har några testmätningar utförts. En annan orsak till att testmätningar utförts, är att man skall få en bild av hur instrumenten fungerar när mätningsmetoden är samma som i de terrängmätningar som utförs vid ELY-centralen.

Mavi har gjort tester på instrumenten som används av ELY-centralerna, men dessa tester ges inte ut till allmän beskådan. Geotrim Oy har även gjort tester med en utrustning likt den som används vid Österbottens ELY-central. Däremot skiljer sig mätningssätten och därför är det av intresse att göra nya testmätningar.[62] [63]

Två olika testmätningar har utförts. I båda testerna har instrumentet Trimble Geo XT, Geoexplorer 6000 series använts i huvudsak, vilket är det nyaste instrumentet vid Österbottens ELY-central. Instrumentet använder sig utav både GPS och GLONASS-satellitsystem. Vid den första testmätningen jämfördes arean av ett jordbruksskifte med olika mätningssätt. Vid den andra testmätningen mätte man kända fixpunkter med GNSS-instrumentet.

6.1 Testmätning 1

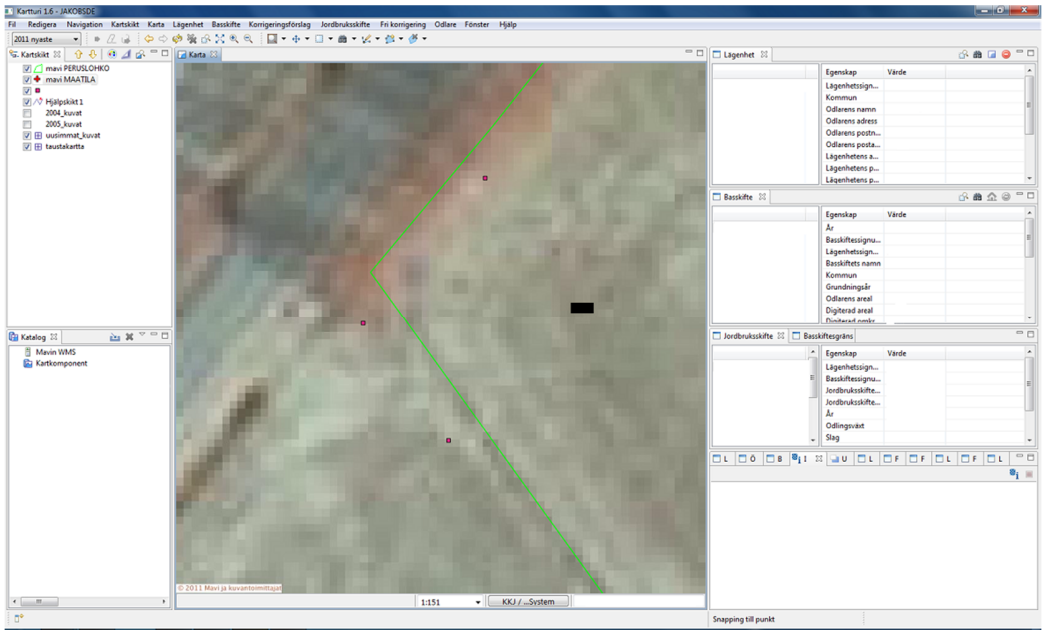
Med denna mätning ville man jämföra hur mycket olika mätningssätt påverkar arean av ett jordbruksskifte. Genom att mäta skiftena med två olika GNSS-instrument, efterberäkna eller inte efterberäkna resultatet och även digitera direkt skiftet i Kartturi, har man fått olika resultat av skiftets area. Här nedan följer en noggrannare beskrivning av hur man gått tillväga.

[62] Konversation per e-post med Raisio Pekka, Mavi, 17.1.12
[63] Konversation per e-post med Sakari Mäenpää, 27.3.12.

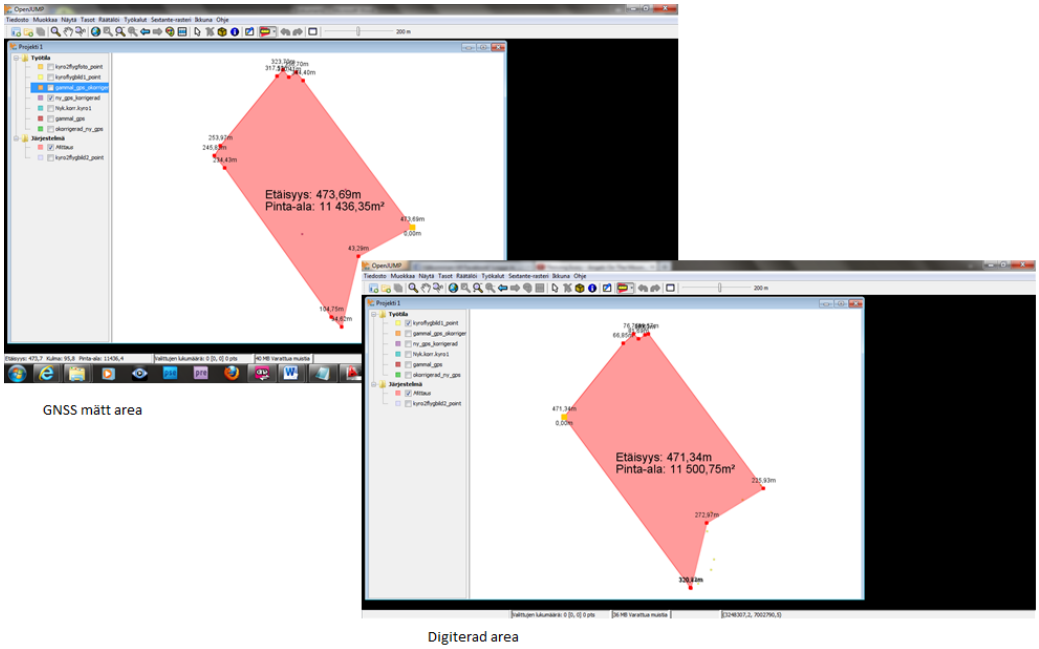
6.1.1 Tillvägagångsätt

Fredagen den 10.02.12 påbörjades testmätningarna. Två stycken GNSS-instrument användes: Trimble Geo XT och Trimble Geo HT. Den senare är en äldre modell, som använder sig av endast GPS-satelliterna. Med båda instrumenten mättes först en känd punkt. Kl. 12.35 mättes punkten på pumphuset vid Brändö bro, därpå kl. 14.40 mättes ett jordbruksskifte i Lillkyro och sedan kl. 15.20 mättes ett annat närliggande skifte. Efteråt konstaterades dessvärre att punkten på pumphuset vid Brändö bro inte var en av Lantmäteriverkets fixpunkter och därför användes inte denna mätning. Alla testmätningarna var så kallade kontinuerliga mätningar, där en observation registrerades varje sekund - om observationen hade en tillräcklig god precision. Alla punkter mättes i cirka 60 sekunder (cirka 60 observationer).

Några dagar senare efterberäknades punkterna i Pathfinder. I efterberäkningarna använde man data från både referensstationen i Vasa och Nykarleby, för att på så sätt se om det blev skillnad i mätresultatet. Jordbruksskiftena digiterades då även i programmet Kartturi. All mätdata importerades till programmet OpenJUMP 1.5.1, där man beräknade de olika mätsättens areor.



Figur 2. Kartturi-programmet med GNSS-mätta punkter och digitering utifrån ortofotot.



Figur 3. Arean beräknat i OpenJUMP 1.5.1 för GNSS-mätning med Geo XT och digiterad utifrån ortofoto med Kartturi.

6.1.2 Resultat

Resultatet av testmätning 1 har framställts i programmet Excel och presenteras nedan:

Testmätning 1		
Jordbruksskifte 1		
	omkrets (m)	area (ha)
Geo XT efterberäknat med Vasa station	473,69	1,14
Geo XH efterberäknat med Vasa station	471,32	1,13
Geo XT efterberäknat med Nykarleby station	474,23	1,14
Geo XT utan efterberäkning	474,55	1,16
Geo XH utan efterberäkning	472,74	1,14
Digitering i Kartturi	471,34	1,15
Skillanden mellan Geo XT (efterberäknat med Vasa station) och Digiteringen:	2,35	-0,01
%	-0,50	0,88
Testmätning 1		
Jordbruksskifte 2		
	omkrets (m)	area (ha)
Geo XT efterberäknat med Vasa station	764,68	1,98
Geo XH efterberäknat med Vasa station	765,44	1,98
Geo XT efterberäknat med Nykarleby station	765,08	1,99
Geo XT utan efterberäkning	764,88	1,99
Geo XH utan efterberäkning	766,03	1,99
Digitering i Kartturi	771,42	2,08
Skillanden mellan Geo XT (efterberäknat med Vasa station) och Digiteringen:	-6,74	-0,10
%	0,88	5,05

Figur 4. Resultat av testmätning 1.

I resultatet är arean av jordbruksskiften presenterat i hektar, med två decimaler, eftersom denna enhet används i basskiftesregistret. Resultatet i denna mätning visar att skiftets area som mätts med olika GNSS-instrument skiljer sig inte märkbart. Skillnaden mellan den GNSS-mätta arean och den digiterade arean är däremot stor för jordbruksskifte 2. Skillnaden mellan arean mätt med digitering och arean mätt med Geo XT var i medeltal: 0,06 ha.

6.2 Testmätning 2

För att få en uppfattning av mätosäkerheten för GNSS-mätning med den utrustning som används vid ELY-centralen mättes några kända fixpunkter. Punkterna är planfixpunkter som Lantmäteriverket mätt upp och de tre som använts är triangelpunkter av tredje ordningen. I testmätningarna antar man att koordinaterna i fixpunkterna är korrekta.

6.2.1 Tillvägagångsätt

Alla tre fixpunkter mättes på samma sätt i tur och ordning, under samma dag (måndagen den 02.04.12). Trimble Geo XT monterades på ett stativ och centrerades över mätpunkten. Instrumentet sattes igång och fick börja leta efter satelliter. Sedan påbörjades de kontinuerliga mätningarna, där en observation registrerades varje sekund, om observationen hade en tillräcklig god precision. Först mättes 10 observationer och därefter 60 stycken. Sedan fick instrumentet kontinuerligt mäta i en timme, vilket resulterade i cirka 3600 observationer. Till sist mättes 10 och 60 observationer igen, som kontroll men eftersom det senare visade att dessa punkter inte skilde nämnvärt från de två första mätningarna togs de inte med i resultatet.

6.2.2 Utförandet av mätningen

Kl.11.41 startade mätningen av den första fixpunkten (Västerängen, 95M9550A). Denna punkt var utmärkt med ett rör i stort stenblock och var placerad mitt ut på en åker. Punkten fanns i Böle, Vasa (Se bilaga 1).

Eftersom området var öppet, resulterade det i god satellitmottagning, det vill säga 14 GPS-satelliter och 10 GLONASS-satelliter. Satellitgeometri var även god och de största DOP-värden som mätningen erhöll var: PDOP 1,2; HDOP 0,7; VDOP 1,0; TDOP 0,6.

Kl. 13.17 började mätningen av nästa fixpunkt (Nötön, 97M1143). Punkten var utsatt som rör i sten vid en skogsdunge i Böle, Vasa (Se bilaga 2). Runt skogsdungen fanns åkrar men stora träd stod nära punkten och utgjorde sikthinder som försämrade satellitmottagningen och satellitgeometrin något.

Instrumentet tog emot signaler från 12 GPS-satelliter och 10 GLONASS-satelliter under mätningen. De största DOP-talen som erhölls var: PDOP 3,1; HDOP 1,3; VDOP 2,9; TDOP 2,0. Även om dessa DOP-tal var på grund av sikthinder något större än på de andra punkterna var de godtagbara.

Som tredje och sista punkt mättes fixpunkten Voimalinja, 06M4510. Kl. 16.35 påbörjades mätningen. Punkten var utsatt som rör i stenblock på en åker under en elledning, vid Höstvesi, Vasa (Se bilaga 3). Från punkten var sikten god från alla väderstreck och mätningen hade god satellitmottagning och satellitgeometri.

14 GPS-satelliter och 10 GLONASS-satelliter tog instrumentet emot signaler från under mätningen. Satellitgeometri var god och de största DOP-värden som mätningen erhöll var: PDOP 1,2; HDOP 0,7; VDOP 1,0; TDOP 0,6.

6.2.3 Efterberäkning

De mätdata som man erhöll av dessa mätningar efterberäknades sedan i Pathfinder. Mätdata efterberäknades skilt för varje fixpunkt och VRS stationen i Vasa användes som referensstation. När efterberäkningen är klar ger Pathfinder den beräknade standardmätosäkerhet (estimated accuracies) för punkterna. I detta fall hade alla observationerna vid Västerängen och Voimalinja en standardmätosäkerhet på 0 - 15 cm. Däremot var standardmätosäkerhet för observationerna vid punkten Nötön fördelade på följande sätt:

0 - 15cm	95.89 %
15 - 30cm	1.97 %
30 - 50cm	0.35 %
0.5 - 1m	1.17 %
1 - 2m	0.61 %

Att man hade marginellt sämre standardmätosäkerhet vid denna punkt, berodde troligtvis på de sikthinder som fanns runt punkten.

6.2.4 Resultat

All mätdata importerades till programmet OpenJUMP 1.5.1, så att man skulle få en överblick över mätningarna. Därifrån togs sedan koordinaterna på de mätta punkterna. Med programmet Mathcad Prime 2.0 beräknades skillnaden mellan koordinaterna på fixpunkterna och GNSS-mätningens punkter. Resultatet är en radiell osäkerhet. Figur 5 är resultatet av detta.

Fixpunkt	10 observationer (m)	60 observationer (m)	3600 observationer (m)
Voimalinja	0,08	0,076	0,074
Västerängen	0,081	0,079	0,071
Nötön	0,714	0,069	0,057
Medeltal (m)	0,292	0,075	0,067
Median (m)	0,081	0,076	0,071

Figur 5. Resultat av testmätning 2.

Det första som är anmärkningsvärt angående resultatet är att medeltalet för mätningen med tio observationer är väldigt högt. Detta beror på att mätosäkerheten vid fixpunkt Nötön var stor för mätningen med tio observationer. Fixpunkten Nötön fanns i en skogsdunge och träd utgjorde sikthinder för GNSS-mätningen. Eftersom de övriga mätningarna vid denna punkt hade ungefär samma mätosäkerhet som på de övriga punkter, kan man anta att instrumentet inte hade uppnått tillräckligt god precision när mätningen med tio observationer utfördes. På grund av detta kan medianen vara av intresse för dessa mätningar.

Den radiella osäkerhetens medel medianen är 0,076 m medan medeltalet är mindre än 15 cm. Detta ger en bild över mätosäkerhet, typ B för GNSS-mätningen. På grund av problem med att få ut data från mätningarna i programmet Pathfinder har testmätningarna inte resulterat i grundligare undersökning av instrumentets mätosäkerhet. Till exempel repeterbarheten kunde inte uträknas eftersom det inte gick att få en koordinatlista över alla observationer.

Utifrån detta resultat kan man konstatera att mätosäkerheten för GNSS-mätta punkter är i medeltal mindre än 15 cm, vilket är väldigt bra. Man kan även konstatera att vid mätningar som utförs nära sikthinder bör man mäta 60 observationer, för att få erhålla en mätosäkerhet som är under 15 cm.

7. Slutsats

Avslutningsvis sammanfattas resultatet av examensarbetet. Sedan följer de slutsatser man kan dra utifrån examensarbetet. Därefter följer diskussion och förslag till vidare forskning.

7.1 Sammanfattning

Testresultaten visar att digiteringen från ortofoto jämfört med den kända arean, innehöll en standardmätosäkerhet på 1,4 %. Skiftets gräns hade i plan, en standardmätosäkerhet på 1,5 m.

Resultatet av testmätning 1 visar att arean som erhålls av digitering utifrån ortofoto och arean av GNSS-mätning skiljer sig märkbart. I medeltal var skillnaden 0,06 ha, vilket är en betydelsefull skillnad.

Utifrån resultatet av testmätning 2 kan man påvisa att de mätningar som utförts i terräng med GNSS-mätning har en mätosäkerhet på mindre än 15 cm. Detta visar att GNSS-mätningarna är förhållandevis tillförlitliga.

7.2 Slutsatser

Som slutsats kan man säga att när man bestämmer arean av jordbruksskiften är GNSS-mätning att föredra, ur mätosäkerhet synvinkel. Eftersom man har en mätosäkerhet på mindre än 15 cm vid GNSS-mätningen och vid digitering utifrån ortofoto en standardosäkerhet på 1,5 m. Man kan även konstatera att vid mätningar som utförs nära sikthinder bör man mäta 60 observationer, för att erhålla en mätosäkerhet på mindre än 15 cm. Nackdelen med GNSS- mätning i terrängen är att den tar mer tid än digitering utifrån ortofoto och på så vis är mera resurskrävande. I praktiken kan man inte alltid använda sig av båda mätsätten och måste då välja det som lämpar sig bäst.

Syftet med arbetet var att undersöka mätosäkerhet hos de två mätsätten, för att på så vis reda ut vilket mätsätt som man kan ha mera tillit till. Då jämförelse gjorts av resultatet med tidigare forskning av digitering utifrån ortofoto och resultatet av testmätningar med GNSS-instrument, anser jag att syftet för detta examensarbete har uppnåtts.

7.3 Diskussion och förslag till vidare forskning

Jag har lärt mig väldigt mycket av skrivandet av detta examensarbete. Framför allt har jag lärt mig om GNSS-mätteknik. Jag har också varit i kontakt med olika människor i branschen och på så vis fått värdefull kunskap om vart man skall vända sig när man behöver information. Examensarbetet är ett av de större projekt jag genomfört och jag kan i efterhand konstatera, att vid större projekt behövs en strikt tidsplan.

Examensarbetet är till nytta för ELY-centralen, främst genom att syftet med examensarbetet uppnåddes. Det vill säga att reda ut mätosäkerheten hos de två mätsätten som används för att bestämma arean av ett jordbruksskifte. Terrängmätningar med GNSS-instrument vid ELY-centralen utförs inte bara av personer med mätteknikutbildning. Därför är även nyttan av detta examensarbete att de som utför GNSS-mätning får en uppfattning av GNSS-mätteknikens grunder och felkällor. På så vis kan mätningarna med GNSS-instrumenten förbättras. Detta examensarbete kan även fungera som en del av undervisningen, för de som skall börja utföra arealgranskningar med GNSS-instrument.

Eftersom tekniken för framställning utav ortofoto och GNSS-mätning hela tiden går framåt, kommer det i framtiden vara behov av vidare forskning inom ämnet. Ny teknik gör att mätosäkerhet för mätmetoderna ändras och då kan resultatet av detta examensarbete vara föråldrat.

Man kan även forska vidare på samma ämne genom att testa mätosäkerhet för de andra GNSS-mätinstrumenten som används vid terrängmätning. I testmätningarna som utfördes för detta examensarbete, mätte man med 10, 60 och 3600 observationer per mätning. Det visade sig att tio observationer per mätning var för lite, vid mätningar med sikthinder. 60 observationer per mätning gjorde att man fick en mätosäkerhet under 15 cm vid dessa mätningar. Vidare testmätningar skulle kunna reda ut om det räcker med färre än 60 observationer per mätning vid de här mätningarna, till exempel 30 observationer per mätning. Likaså kunde man testa om det räcker med färre än tio observationer per mätning, vid mätningar utan sikthinder.

8. Källförteckning

Litteraturkällor

Lantmäteriet, Kungliga tekniska högskolan, Lunds universitet och Högskolan i Gävle (2011)
Geodetisk och fotogrammetrisk mätnings- och beräkningsteknik
Lantmäteriet
Version 2011-09-29

Lantmäteriverket (1994)
HMK – Fotogrammetri
Lantmäteriverkets kontorstryckeri
ISBN 91-7774-041-6

Lilje Christina, Engfeldt Andreas och Jivall Lotti
Introduktion till GNSS
Lantmäteriet
ISSN 280-5731

Mårtensson Stig-Göran
Kompendium i Geodetisk mätningsteknik
Högskolan i Gävle
Version 2012-1

Internetkällor

Allmän information om landsbygdsverket
Landsbygdsverket
www.mavi.fi
(Läst 24.1.2012)

Allmän information om Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral och basskiftesregister
Jord- och skogsbruksministeriets informationstjänstcentral
www.mmmtike.fi
(Läst 25.1.2012)

Allmän information om ELY-centralen
ELY-centralen
www.ely-keskus.fi
(Läst 25.1.2012)

Digital Orthophotos
United States Geological Survey
www.usgs.gov
(Läst 27.3.12)

Digital ortofoto
GEOFOTO GROUP
www.geofotogrupa.com
(Läst 27.3.12)

Flygfotografi
www.wikipedia.org/wiki/Flygfotografi
(Läst 27.3.12)

Jordbruksstöd
ELY-centralen
www.ely-keskus.fi
(Läst 12.2.2012)

Peltolohkorekisteri 2010 Kartturi –sovellus
Landsbygdsverket
www.mavi.fi
(Läst 15.4.12)

Ortofoto
www.wikipedia.org/wiki/Ortofoto
(Läst 27.3.12)

Geo XT
Trimble
www.trimble.com
(Läst 27.3.12)

GLONASS, constellation status
Federal space agency information-analytical centre
www.glonass-ianc.rsa.ru
(läst 15.03.12)

GPS och annan mätningsteknik - GNSS – status
Lantmäteriet
www.lantmateriet.se
(Läst 25.3.12)

Satellitmätning eller GPS-mätning
Lantmäteriverket
www.maanmittauslaitos.fi
(Läst 29.3.12)

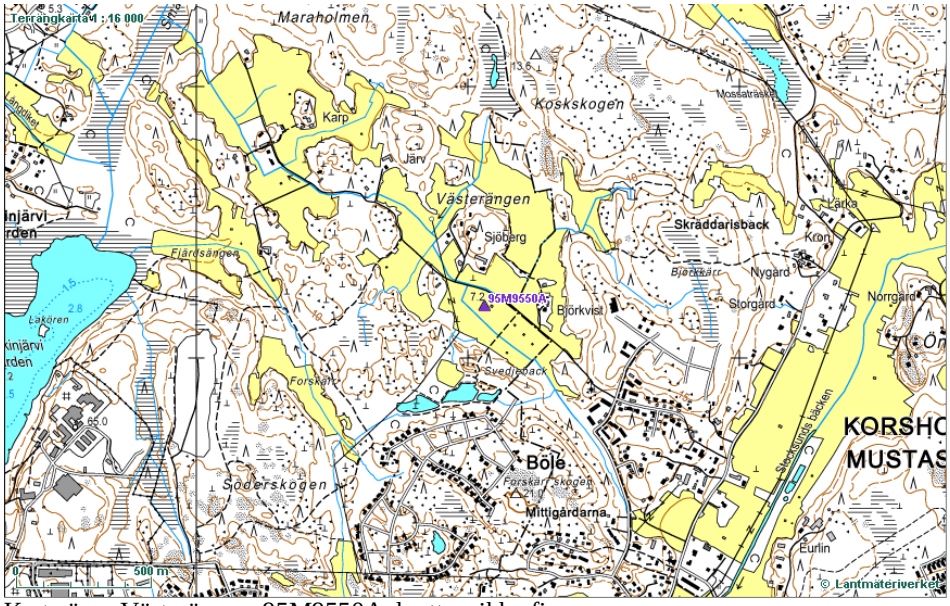
Två Galileo-satelliter sänds upp på en rysk raket från Franska Guyana
Rymdstyrelsen
www.snsb.se
(läst 15.03.12)

VRS Jälkilaskenta Data / Palvelu
Geotrim
www.geotrim.fi
(Läst 27.3.12)

Övriga källor

Simo Marila (2011)
Peltolohkorekisterin tarkkuus ja laatu
Examensarbete
Aalto yliopiston, Insinööritieteiden korkeakoulu

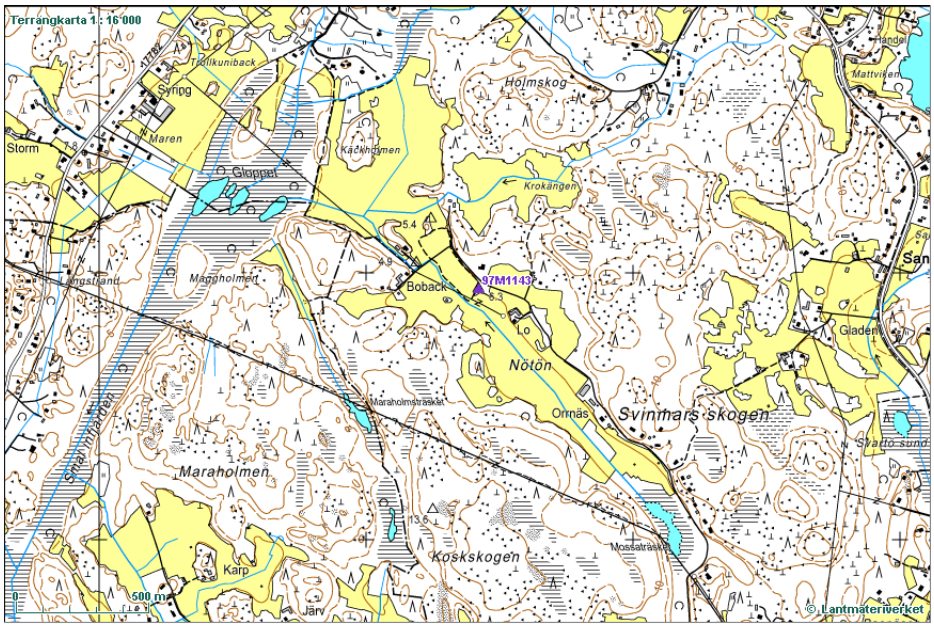
Fixpunkt: Västerängen, 95M9550A



Karta över Västerängen, 95M9550A, karttapaikka.fi

Foto mot norr

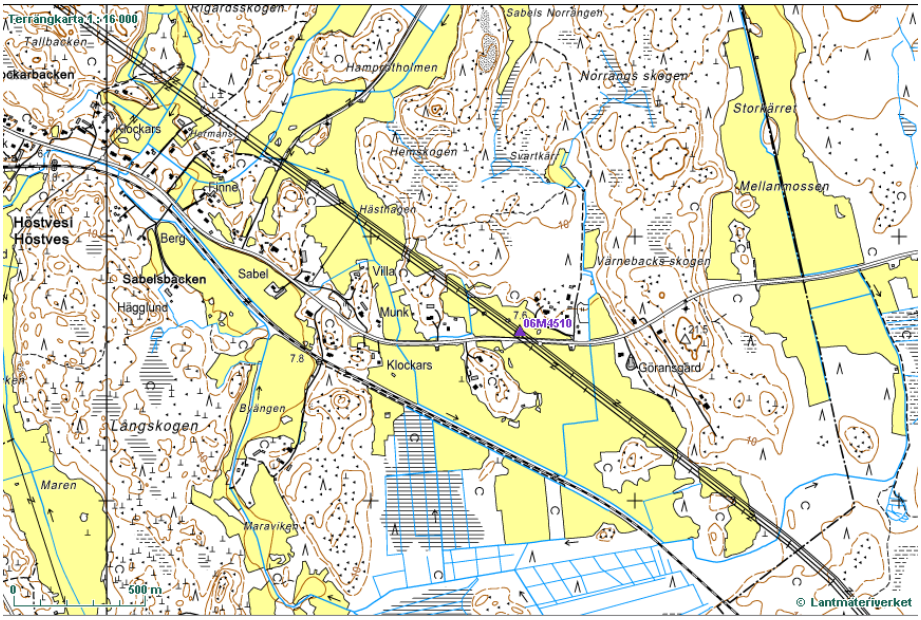
Fixpunkt: Nötön, 97M1143



Karta över Nötön, 97M1143, karttapaikka.fi

Foto mot öster

Fixpunkt: Voimalinja, 06M4510



Karta över Voimalinja, 06M4510, karttapaikka.fi

Foto mot norr