



Skördarnavigering kring skyddsvärda objekt med GPS-stöd

- En navigeringsstudie utförd vid Siljansfors försökspark

Lars Pettersson

Arbetsrapport 107 2003

SVERIGESLANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR--107--SE



Skördarnavigering kring skyddsvärda objekt med GPS-stöd

- En navigeringsstudie utförd vid Siljansfors försökspark

Lars Pettersson

Arbetsrapport 107 2003

Examensarbete på skogsingenjörsprogrammet i
ämnet skogshushållning

Handledare: Erik Temnerud, Siljansfors försökspark
Fredrik Staland, Gammelkroppa skogsskola

SVERIGESLANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR--107--SE

FÖRORD

Det här examensarbetet ingår som ett slutmoment i Skogsingenjörsprogrammet vid Gammelkroppa skogsskola och omfattar 10 poäng. Arbetet har utförts vid Siljansfors försökspark i Mora under sommaren och hösten 2002. Härliga dagar ute i fält har varvats med intressanta, lärorika timmar framför datorn vid färdigställandet av denna rapport. Studien har bekostats av StoraEnso skog och Siljansfors försökspark, SLU.

Det är några personer som jag vill tacka och det är först och främst mina handledare som varit:

Erik Temnerud, Siljansfors försökspark och
Fredrik Staland, Gammelkroppa skogsskola.

Ett tack riktas även till:

Olle Haga, Berget System Design AB för tillåtelse och hjälp med att testa deras experimentversion av programmet "GPS Skördare",
Christer Karlsson, Siljansfors försökspark, som agerat bollplank för många idéer,
Arne Johansson och Peter Emilsson, maskinförare, vars intresse och vilja att ställa upp som testförare har haft stor betydelse för examensarbetet, samt
StoraEnso, Mora förvaltning, som har ställt upp med ett maskinlag under testerna,

Gammelkroppa Skogsskola 2003-04-09

Lars Pettersson

Sammanfattning

GIS i kombination med GPS börjar användas allt mer i det moderna skogsbruket och då främst till traktplanering och inventering. Tidigare försök har visat att utrustningen även kan användas som navigeringshjälpmedel i skördare. Siljansfors försökspark har under en tid koordinatsatt försöksytor med hjälp av en DGPS mottagare och lagrat detta i ett Geografiskt Informations System (GIS). De vill nu se på vilket sätt denna geografiska information kan användas tillsammans med en GPS i en skördare för att hitta och skydda deras försöksytor.

Detta examensarbete syftar till att undersöka hur noggrant en skördarförare kan gallra intill skyddsvärda objekt, endast med GPS och digitalt kartunderlag som hjälpmedel. Vidare ingår att utvärdera hur denna nya teknik och programvara fungerar i praktiskt användande.

Försöket utfördes i en förstagallring av tall inom Siljansfors försökspark. Under försöket användes två former av skyddsobjekt, kvadrater och cirklar, som utgjorde en försöksslinga. Objekten mättes in tillsammans med avdelningsgränser, stickvägar och basvägar med hjälp av en differentiell GPS-mottagare och fördes sedan in i skördarens fordonsdator. Skördarförarens instruktion var att via navigeringsprogrammet följa planerade linjer runt försöksslingorna.

Resultatet visar att medelavvikelsen mellan planerad körväg och den körda vägen för fem kvadrater var 4,4 m och standardavvikelsen 2,5 m. Medelavvikelsen för samtliga objekt (kvadrater och cirklar) var 5,1 m med standardavvikelsen 3,4 m. Någon signifikant skillnad mellan cirklar och kvadrater kunde inte påvisas. Även om standardavvikelsen var större för cirkelytorna. Föraren kände också större problem vid navigering kring cirklar än kvadrater.

Vissa detaljer i navigeringsprogrammets utformning borde ändras och kompletteras för att få det mer funktionsdugligt. Dessutom måste en mer tillförlitlig positionering till för att föraren bättre ska kunna orientera sig i terrängen.

Skördarföraren var dock positiv till att använda GPS – GIS systemet i skördaren för att navigera i terrängen. Det här systemet i kombination med förarens synintryck i terrängen bedöms ge en helhet som många gånger skulle fungera i praktiskt användande för att skydda och bevara objekt, t ex försöksytor och kulturlämningar.

Slutsatsen av examensarbetet är att skördarföraren inte helt kan förlita sin navigering på GPS positionen och den digitala kartan. För att säkerställa att försöksytor förblir oskadade rekommenderas att personal fortsätter att märka och snitsla försöken. Navigeringssystemet har en positiv effekt då föraren förvarnas på vad som kommer i terrängen och kan på så sätt vara extra uppmärksam i viktigare områden.

Keywords: GIS, GPS, DGPS, Forestry planning, Forestry technique, Siljansfors experimental forest, Harvester

Summary

Usage of Geographical Information Systems (GIS), sometimes in combination with Global Positioning Systems (GPS), is becoming more commonplace as an aid for forestry planning and inventory by the forestry company StoraEnso. Recent findings show that GIS and GPS solutions can even be used for navigational aid in harvesters. The faculty of forestry at SLU has a contract with StoraEnso to use their property at Siljansfors for long-term experimental forestry. Siljansfors Experimental Forest is currently implementing a GIS, including digital vector mapping of their experimental plots (test plots) measured by DGPS.

The purpose of this study is to evaluate how successfully their GIS can be utilised by a GPS equipped harvester to locate and protect the preserved forest experiment plots. A second purpose is to evaluate the experimental release of a navigational software, "GPS-Harvester", by the company Berget System Design Ltd.

Five test trails were established in a stand of similar terrain and forest type which was due for thinning. The trails mimicked real test plots and included protected rectangular areas with 18m sides and protected circular areas with a 10m diameter. The test trails were carefully positioned by DGPS with a standard deviation of 1.2m. While navigating with the GIS, the harvester operator could see stand boundaries, strip roads and the test plots. Additional information supplied by the GIS software is the number of available satellites and the divergence from actual position to previous position. The test plots were hidden in the terrain and the operator had to rely solely on the digital map's GPS position for navigation.

The operator was instructed to operate the harvester along the centerline of the planned test trail. The achieved mean deviation from the test trails was 5.1m and the standard deviation 3.4m. For the five squares in the test trails the mean deviation was 4.4m and the standard deviation 2.5m. The test could not prove any difference in deviation between squares and circles although the standard deviation was greater for circles than for squares. The operator's opinion was that circles were difficult to navigate around.

The navigational software performed well in the test but it is suggested that new functions should be added to improve the reliability of the GPS-positioning. The number of low quality positions displayed on the digital map needs to be reduced. It is recommended that the precision is increased, either by various filtering techniques that disqualify low p-dop values, or by calculating the position based on a stable mean value, e.g. displaying the mean of the ten latest positions, so called averaging.

This study proved that an operator couldn't completely rely on a simple GPS position when navigating a harvester around preserved objects. Despite the insecurity of GPS-positioning, GIS and GPS can be of considerable assistance when navigating in a stand. The operator is alerted on what type of object that is looming and can pay extra attention for signs in his surroundings.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
1 INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND	6
1.2 ANVÄNDNING AV GPS I SKOGSBRUKET, TIDIGARE STUDIER	7
1.3 SYFTE OCH MÅL	8
2 MATERIAL OCH METODER	9
2.1 FÖRSÖKSOMRÅDE OCH UTLÄGGNING AV FÖRSÖKSYTOR	9
2.2 INMÄTNING AV FÖRSÖKSOBJEKT	9
2.3 SKÖRDAREN	10
2.4 FÖRSÖKET	11
2.5 UPPFÖLJNING OCH ANALYS	11
3 RESULTAT	13
3.1 SAMMANSTÄLLNING AV AVVIKELSER	13
3.2 FÖRARNAS SLUTSATSER	15
3.3 FÖRSÖKSSLINGORNA 1-5	16
4 DISKUSSION	21
4.1 NAVIGATIONSSVÅRIGHETER	21
4.2 NAVIGERINGSPROGRAMMET	24
4.3 ANVÄNDA GPS MOTTAGARE	22
4.4 STICKVÄGSAVSTÅND	25
4.5 PRECISION KOSTAR – JÄMFÖRELSE MELLAN BILLIG OCH DYR GPS	25
4.6 SLUTSATSER	26
4.7 FRAMTIDA STUDIER	26
ORDFÖRKLARINGAR	27
REFERENSER	28
BILAGA 1. INTRODUKTION TILL GPS OCH DGPS	29
BILAGA 2. MÄTPUNKTER MAGELLAN 330 OCH TRIMBLE PRO XRS	31
BILAGA 3. DATASET	32
BILAGA 4. ÖVERSIKTSKARTA	33

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Siljansfors försökspark (Sfp) inrättades 1921 och är den äldsta av de sex försöksparkerna som tillhör skogsvetenskapliga fakulteten vid SLU. Syftet med försöksparken är att koncentrera långsiktiga försök till områden som noggrant beskrivs och analyseras utifrån fortlöpande försök och tillsyn. Inom försöksparken finns idag ca 600 olika försöksytor.

StoraEnso äger marken vid Sfp och ansvarar för virkets utdrivning och tillvaratagande, medan Sfp leder försöksverksamheten och skogsskötseln inom försöksområdena. Det är en viktig uppgift för försöksparken att nå ut med rätt information om de skyddsvärda objekten, försöksytors läge mm, till de maskinlag som verkar inom parken. Hittills har denna information förmedlats muntligt på plats samt med hjälp av papperskartor. Avgränsade ytor och vägar har snitslats på konventionellt vis (Temnerud 2002).

Siljansfors försökspark planerar att tillsammans med StoraEnso samordna ett geografiskt informationssystem (GIS) med avsikt att förbättra administrationen av försöksparken. Syftet med detta är att underlätta och säkerställa att informationen ifrån bl.a. inventerare kommer ut till de olika maskinlag. Uppgifter om traktomfattning, naturvärden, försöksytors belägenhet etc. som lagras digitalt i ett GIS ska kunna användas som stöd vid avverkning i en skördare tillsammans med en GPS-mottagare (Bilaga 1). Försöksparkens personal har därmed möjlighet att i god tid före avverkningar planera och arkivera information som kompletterar snitslingsarbetet. Målet är att behovet av uppmärkning och snitsling skall komma att minska. Det skulle även vara möjligt att lagra data i skördarens GIS under avverkningens gång, vilka sedan kan användas vid uppföljning och ajourhållning.

Dagens GPS-system har generellt sett en mycket god noggrannhet och precision (ca 10 meter) beroende på utrustningens kvalitet och mottagningsförhållanden. Vid användning av nämnd utrustning i skog är det större variation i noggrannhet än på ett öppet fält (Jonsson, 2000). Noggrannheten varierar beroende på vilken typ av skog och topografi man arbetar i, vilket innebär att navigering kring objekt blir olika på kalmark jämfört med tät gallringsskog. Undersökningar med avseende på noggrannheten hos olika GPS-system har testats i flera studier, men hur tekniken fungerar i verkligheten (i en skogsmaskin) är inte lika välstuderat.

1. 2 Användning av GPS i skogsbruket, tidigare studier

De förväntade fördelarna med GPS i skogsbruket är många. I Sverige använder flera skogsbolag GPS-utrustning vid planerings- och avverkningsarbete. Beståndsgränser, planerade och nygjorda skogsbilvägar, hyggen och hänsynsområden skapas digitalt med hjälp av GPS-observationer i GIS-system. I ett GIS kopplas beståndsdata, vägdata och liknande information till den digitala kartan för bland annat urvals- och analysoperationer.

I dagsläget snitslas vanligtvis avdelningsgränserna inför en avverkning. Detta är tidsödande och något som är onödigt om avverkningen får vänta på sig, papperssnitslarna hänger ofta inte kvar längre än ett par månader. Alternativet är att frihandsrita gränser på digitala ortofoton eller att mäta in gränserna med GPS i fält.

Tidigare studier visar att arealbestämning av avverkningstrakter med DGPS är mycket precis. Hellström och Johansson (1993) har undersökt hur exakt det går att mäta arealer med hjälp av DGPS. Avvikelsen från den verkliga arealen är beroende av bl. a. områdets storlek, antalet positionsbestämningar, och standardavvikelsen för mätfelets storlek i ett enskilt koordinatvärde. Generellt uppvisar resultaten att arealfel vid DGPS-mätningar i det närmaste är försumbart.

Holmen Skog har under en tid använt GPS-utrustning och digitala kartor i skördare under operativa förhållanden. I dagsläget utreds i ett examensarbete möjligheterna att ta hem produktionsvinster genom att använda DGPS i skördare (Gustafsson 2002).

Staland (1999) visar tillfredställande resultat med avseende på skördarens förmåga att hålla den planerade gränsen vid en avverkning. Medelavvikelsen från den planerade traktgränsen och det verkliga utfallet på samtliga fem försöksytor var 4,2 meter. De största svårigheterna bestod i navigeringsprogrammets förmåga att visa skördarens exakta position och riktning, främst då maskinen var stillastående. Den visade positionen var dessutom inte där skördaraggregatet var positionerat utan där skördarhytten befann sig.

Eklund (2000) har undersökt huruvida rätt stickvägsavstånd i gallring kan hållas i både dagsljus och i mörker. Studien visade att ett fullt godkänt resultat med avseende på stickvägsavstånd erhöles då gallring genomfördes enbart med DGPS-utrustning som navigeringsstöd. Medelavvikelsen för hela området som gallrades med DGPS-stöd och inritade stickvägar uppgick till 2,5 meter.

Fördelarna med GPS monterad i skördare kan även vara att finna och bevara mindre objekt, t ex hänsyns - objekt, kulturlämningar, fornlämningar samt nyckelbiotoper. Sådana objekt ligger vanligtvis lagrade digitalt i GIS-system hos de stora bolagen. Dessa kartor kan sedan användas tillsammans med GPS-utrustning monterade i avverkningsmaskiner för att se var på kartan man är och var hänsynsområden finns m.m. En förutsättning är då att objekten är rätt koordinatsatta från början samtidigt som positioneringen har en hög noggrannhet.

Dagens GPS-system har generellt sett mycket bra noggrannhet efter att USA:s försvarsmakt i maj år 2000 tog bort det pålagda brus vid namn S/A (selective availability). Det innebär att skillnaden mellan GPS och DGPS är mycket mindre idag. Noggrannheten vid absolut mätning (GPS) utan S/A störning är ca 10 meter på öppet fält, och för relativ mätning (DGPS) ca 2-5 meter. Mer information kring GPS och DGPS finns under Bilaga 1.

1. 3 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att ta reda på hur väl enskilda objekt kan återfinnas och bevaras med hjälp av GIS/GPS i skördare inom Siljansfors försökspark. Syftet är också att utvärdera hur denna nya teknik inkl programvara fungerar i praktiskt användande.

Målet är att introducera tekniken med GIS/GPS i den skogsmaskin och det maskinlag som verkar inom Siljansfors försökspark.

Studien innefattar fältmätningar på hur föraren lyckats följa planerade gränser och bevara de skyddsvärda objekten, samt en utvärdering av vad föraren upplever och känner inför denna nya teknik.

2 Material och metoder

2.1 Försöksområde och utläggning av försöksytor

Av personal på Siljansfors försökspark och StoraEnso valdes ett lämpligt gallringsområde ut för studien. Området ligger intill Harkonberget väster om Siljansfors skogsmuseum i Mora Kommun (Bilaga 4). För att minimera de faktorer som inverkar negativt på mätnoggrannheten eftersträvades ett område med likartade egenskaper när det gäller trädslagsblandning, grundyta samt ålder. Beståndet skulle ha en liten lutning samt ha en okomplicerad geografisk form. Försöksobjekt i beståndet med framkomlighet runtom var ett krav.

Beståndsegenskaper i försöksbeståndet

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| • Beståndstyp | 1:a gallring, tall |
| • Topografisk belägenhet | En östlig sluttning |
| • Ålder | 40 – 45 år |
| • GYL | 132 |
| • Stamantal | 1600/ha |
| • Grundyta | 26 m ² /ha |
| • Areal | 6 ha |
| • Volym | 151 m ³ fub/ha |

Beståndet planerades först genom att yttergränser och stickvägsnätet snitslades med vanligt snitselband. Efter att gränserna snitslats valdes fem områden ut där de fiktiva kvadraterna och cirklarna skulle placeras (Figur 1). Mycket viktigt var att full framkomlighet skulle råda för skördaren där objekten planerades. Detta för att undvika fel beroende på att skördaren inte kunde ta sig fram i terrängen. Försöket anpassades på så sätt att maskinföraren under ett arbetspass på 3 tim skulle hinna med att gallra en testslinga innehållande kvadrat- och eller cirkelytor. Tre av slingorna skulle innehålla en kvadrat med arton meter sida samt en cirkel med diametern tio meter (slinga 1, 2 och 3). Vid två av slingorna placerades enbart kvadrater ut (slinga 4 och 5). Även en reservslinga planerades (slinga 6).

2.2 Inmätning av försöksobjekt

Vid inmätningen användes en Trimble PRO XRS DGPS som Siljansfors försökspark normalt använder vid inmätning av försöksytor. Det var en DGPS-mottagare där alla komponenterna bars i en ryggsäck. En handdator (Husky FS2) med Windows CE 3.0 operativsystem samt TerraSync GPS programvara var kopplad till GPS-mottagaren i ryggsäcken.

Inställningar hos mottagaren gavs följande värden för filtrering:

- Elevationsmask 15 grader
- SNR filter > 4
- PDOP < 6
- Lägsta antal satelliter 6
- Lagringsintervall 2 sek

Förklaringar till begreppen ovan finns i ordlistan, sidan 26

Mätningarna utfördes mellan den 24 och 28 juni, 2002. Swepos tjänst för realtidskorrigerings användes.

Valet av inställningar baserade dels på Movics rekommendationer (leverantör av Trimble PRO XRS DGPS), samt tidigare noggrannhetstester hos Siljansfors försökspark (Karlsson 2002).

Varje kvadrat mättes in med måttband så att sidorna blev exakt 18 meter. Hörnen på kvadraten och cirkelmitt markerades genom att slå ner en träpinne i marken. Detta gjordes för att kunna hitta hörnen och göra mätningar efter gallringen. Vid samtliga hörn på kvadraten togs en position utifrån ett medelvärde med minst 60 positionsbestämningar med ovan beskrivna filtrering. Samma mätförfarande användes för cirkelytan där ytcentrum positionerades. Efter att allt hade digitaliserats togs snitslarna ned, och träpinnarna gömdes under mossa för att dölja eventuella spår.

Positionsdata från Trimble GPS-mottagaren lästes in i programmet GPS Pathfinder Office 2.90. Sedan konverterades alla dessa rådata till shape-format för att kunna läsas i ArcView. I ArcView finjusterades linjer, punkter och polygoner. Kvadratpunkter sammanlänkades med linjer, cirkelpunkter buffrades till radien fem meter. Detta gjordes med tilläggsprogrammen *create buffer* och *point to line* som finns i ArcView. Färdigredigerade teman fördes sedan över till navigeringsprogrammet i skördaren innan försöket.

Alla mätningar planerades till de timmar på dagen då flest satelliter fanns tillgängliga på himlavalvet. För att veta dessa tider hämtades dagsaktuell satellitkalender från Swepos hemsida. Flest satelliter var tillgängliga mellan kl. 07:00 och 12:00 på förmiddagen varför mätningarna utfördes mellan dessa tider. Radiomottagningen för realtidskorrekationer ifrån Swepos var relativt goda under de dagar som mätningarna utfördes. I vissa lägen kunde radiokontakten brytas, men återfås då GPS-antennen förflyttades ett stycke. Mätningar utfördes endast om radiokontakt för korrektionsdata erhöles.

2. 3 Skördaren

Skördaren som användes under försöket var en Valmet 911 som ägs av StoraEnso. Maskinen hade en Maxi fordonsdator med Intel Pentium 366 MHz processor, 64 Mb internminne och Windows 98 operativsystem. Datorn hade en styrplatta för muspekaren. I skördarens dator fanns sedan tidigare en DGPS-mottagare installerad.

Tre veckor innan testet installerades en GIS applikation som Berget System Design har utvecklat "GPS-skördare", experimentversion 2002 08 26. Förarna kunde då i lugn och ro lära sig att hantera de viktigaste funktionerna i programmet innan testerna startades.

På grund av att den inbyggda DGPS -mottagaren i skördaren inte fungerade korrekt användes under försöket en lånad GPS. GPS utrustningen var en Trimble NavGuide, en 8 kanals GPS mottagare utan realtidskorrigering. Mottagaren installerades i maskinen provisoriskt. Antennen sattes fast mitt på skördarens tak.

2. 4 Försöket

Gallringen utfördes vecka 38 mellan den 16 och 20 september, 2002. I navigeringsprogrammet fördes det in kartsikt bestående av avdelningsgränser, stickvägar, inmätta testobjekt, omkringliggande vägar, vattendelningsgränser, stigar m.m. Vid gallringen användes skalan 1:1000 i det digitala kartunderlaget. Tidsintervallet mellan hämtad position i GIS applikationen var 2 sekunder under försöket. Intervallet mellan lagrad GPS position var 15 sek vars värde beräknades av medelvärdet av de 5 senaste positionerna.

Instruktionen till skördarföraren var att helt och hållet förlita sig till den digitala kartan och GPS positionen. Föraren skulle hela tiden köra så att positionen från GPS-mottagaren låg centrerad på den linje som skulle följas. Det var lika mycket fel att köra utanför som innanför ytorna. Detta för att med säkerhet kunna säga att förarens egen tro på vägval inte skulle spela in i resultatet. Vid varje kvadrat var instruktionen att köra längs tre av sidorna. Vid cirkeln var instruktionen att köra runt halva cirkeln (Figur 1). Cirkeln låg alltid i anslutning till kvadraten, endera ca 15 meter före eller efter. Beroende på om cirkeln låg efter eller före kvadraten ansågs inte spela någon roll för svårighetsgraden. Samma skördarförare genomförde samtliga test.

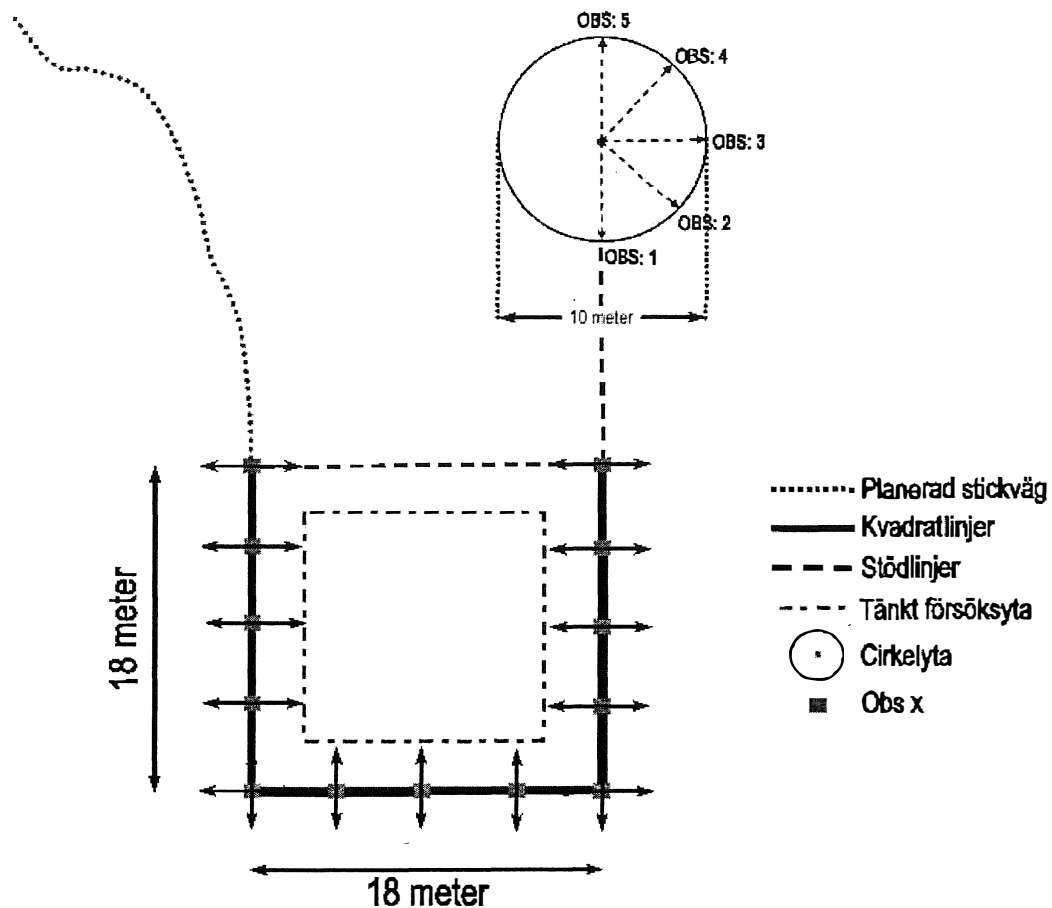
2. 5 Uppföljning och analys

Analysen bygger på två delar. Dels på hur maskinföraren upplevt att arbeta med den nya tekniken och dels på hur han har klarat av att följa de planerade gränserna.

Efter utförd gallring gjordes en lägesbestämning av stickvägarnas positioner med hjälp av samma DGPS –utrustning och inställning som beskrivits under "Inmätning av försöksytor". Registrering av positioner gjordes genom att långsamt gå i mitten av den upptagna stickvägen (stickvägsmitt) och mäta med DGPS -utrustningen. På detta sätt registrerades alla stickvägar som körts.

Vid kvadraten mättes avståndet ifrån linjen mellan de inmätta punkterna till den körda stickvägen med måttband och kompass. Vid varje sida gjordes fem mätningar, vilket ger totalt 15 mätningar längs de tre sidorna (Figur 1).

Vid cirkeln mättes avståndet från cirkelcentrum till den körda stickvägen i fem riktningar med hjälp av måttband och kompass. Dessa mätvärden minskades med fem meter för att få avvikelser från cirkeln. Vissa mätningar kunde ge oändliga eller mycket höga värden. En regel sattes upp och innebar att mätningarna skulle falla inom en tänkt cirkel med radien 15 meter från ytcentrum för att godkännas.



Figur 1 Principen för beräkning av avvikelser hos kvadrater och cirklar. Figuren är ej skalenlig.

Efter det att all positionsdata hade registrerats sändes det över från Trimble GPS mottagaren in i programmet GPS Pathfinder Office 2.90. Därifrån konverterades all data till shape-format för att kunna läsas i ArcView. I ArcView gjordes kartor över alla försöksslingor. I programmet Microsoft Excel byggdes ett dataset upp med alla avvikelser från kvadrat- och cirkelmätningarna (Bilaga 3). Analyser samt tabeller och diagramuppbyggnad har utförts i Excel och i statistikprogrammet SAS.

3 Resultat

3.1 Sammanställning av avvikelser

Medelavvikelsen för samtliga fem kvadrater var 4,4 m och standardavvikelsen 2,5 m (Tabell 1). Det tydligaste resultatet var att avvikelsen ökade med 2,8 m från sida 1 till sida 2 vid kvadraterna (Tabell 2). Föraren lyckades bättre att träffa linjen på sida 1 än på sida 2 och 3, Figur 2. Detta beror enligt föraren på att han innan ingången på sida 1 hade följt stickvägen och tack vare det haft längre tid på sig att styra in på linjen. Noterbart är att enskilda värden hade stora avvikelser, ända upp till 13 m vid kvadraterna

Vid jämförelse mellan kvadrat- och cirkelmätningar kunde ingen signifikant skillnad påvisas (Tabell 3). Standardavvikelsen var dock större hos cirkelarna, se obs 17-20 i Figur 2. Förarens upplevelse bekräftar också att det var betydligt svårare att navigera runt cirklar än kvadrater. Samtliga observationer (cirklar och kvadrater) gav en medelavvikelse på 5,1 m och en standardavvikelse på 3,5 m (Figur 3).

Tabell 1. Medelavvikelse (m) från planerad gräns. Antal obs.15 per kvadrat

	Kvadrat 1	Kvadrat 2	Kvadrat 3	Kvadrat 4	Kvadrat 5	Medel, 1-5
Medelavvikelse	6,90	3,60	4,10	4,23	3,20	4,40
Standardavvikelse	3,40	2,60	1,50	2,20	2,90	2,50

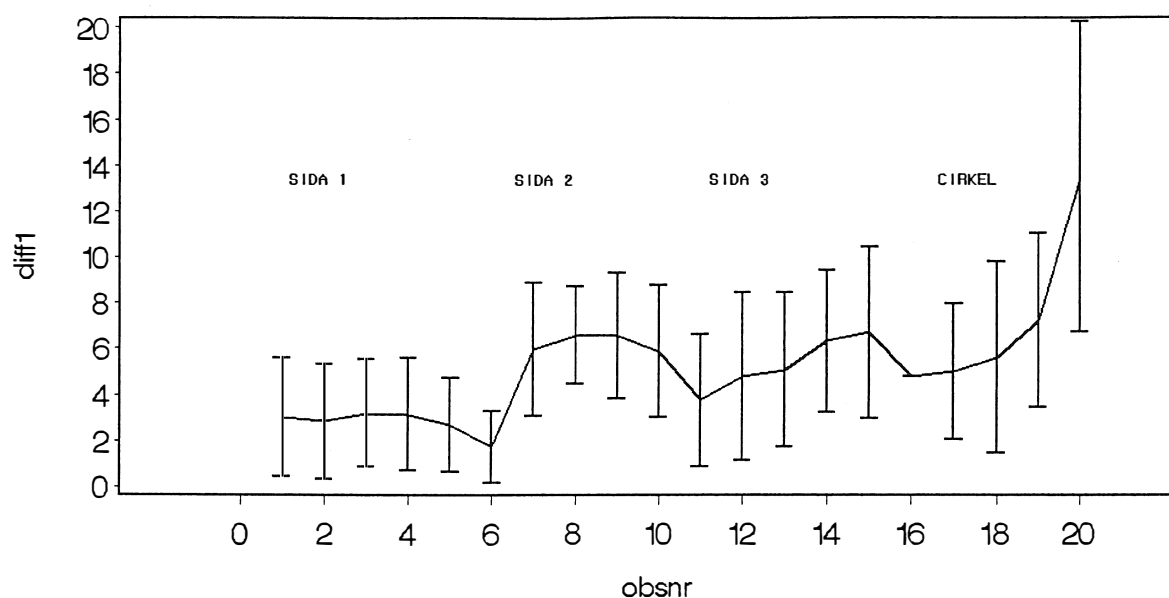
Tabell 2. Avvikelse (m) vid olika sidor, alla kvadrater.

	N	Medelavvikelse	Std. avv.	Max avvik	Min avvik
Sida 1	25	3,0	2,2	6,9	0,2
Sida 2	25	5,8	2,7	10,1	0,6
Sida 3	25	5,3	3,2	13,0	0,3

Tabell 3. Avvikelse (m) vid skild form på objekt

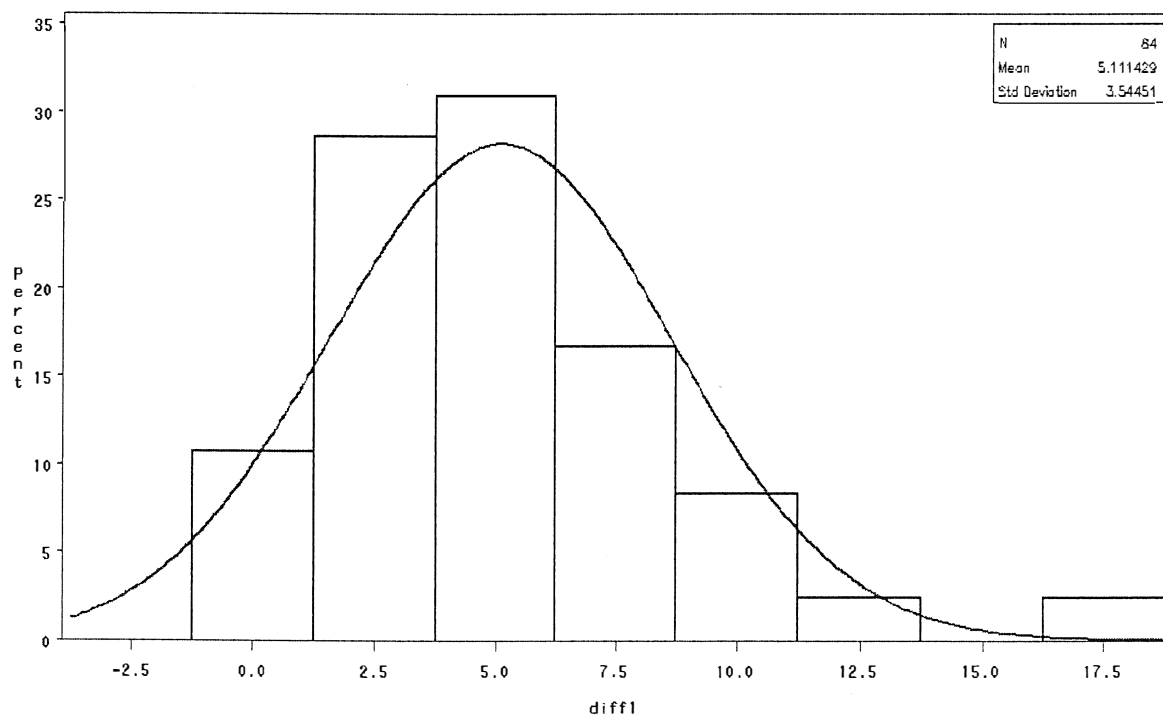
	N	Medelavvikelse	Std. avv.
Kvadrat	9	5,40	3,10
Cirkel	9	4,60	5,50

Medel o stdav i obs—ordning



Figur 2. Medelavvikelse och standardavvikelse i observationsordning för kvadrater och cirklar.

Genomsnittlig avvikelse alla observationer



Figur 3. Fördelning av samtliga observationer (kvadrater och cirklar).

3. 2 Förarnas slutsatser

De praktiska problem som uppstod vid navigeringen är många och är alla viktiga. Dock kan sägas att den allra viktigaste svårigheten bestod i att GPS positioneringen var instabil och ej tillförlitlig under testerna. Nedan följer några punkter på svårigheter som observerades under testerna.

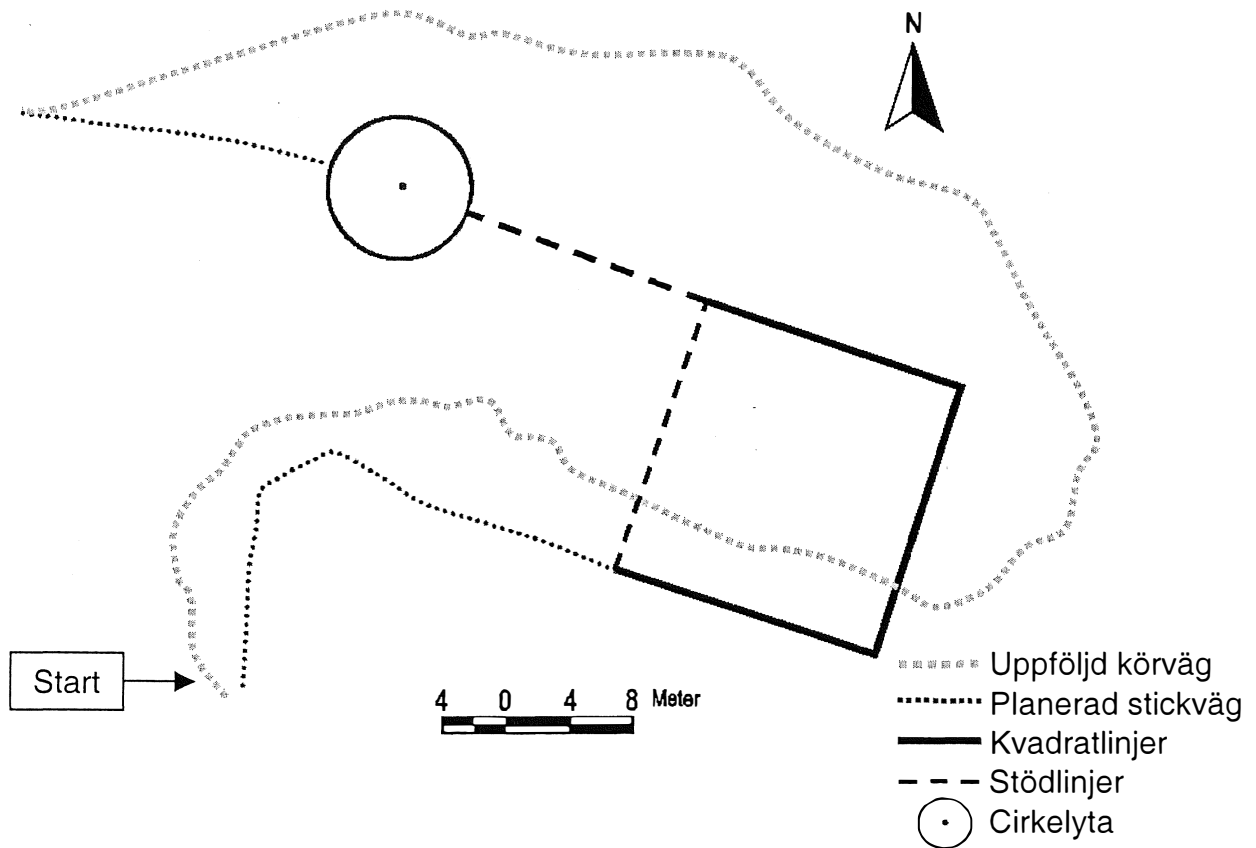
- Ej tillförlitlig GPS positionering
- Problem att veta när sväng ska tas vid kvadratens hörn och vid cirkeln
- Svårighet att ta ut körriktning, främst från stillastående
- Svårighet att bedöma avstånd på det digitala kartunderlaget
- Svårighet att skilja på gamla lagrade GPS-positioner från den senaste positionen eftersom dessa visades med samma färg på skärmen

3.3 Försöksslingorna

Nedan följer samtliga försöksslingor i den ordning de användes, med kommentarer och översiktskarta.

Försöksslinga 1

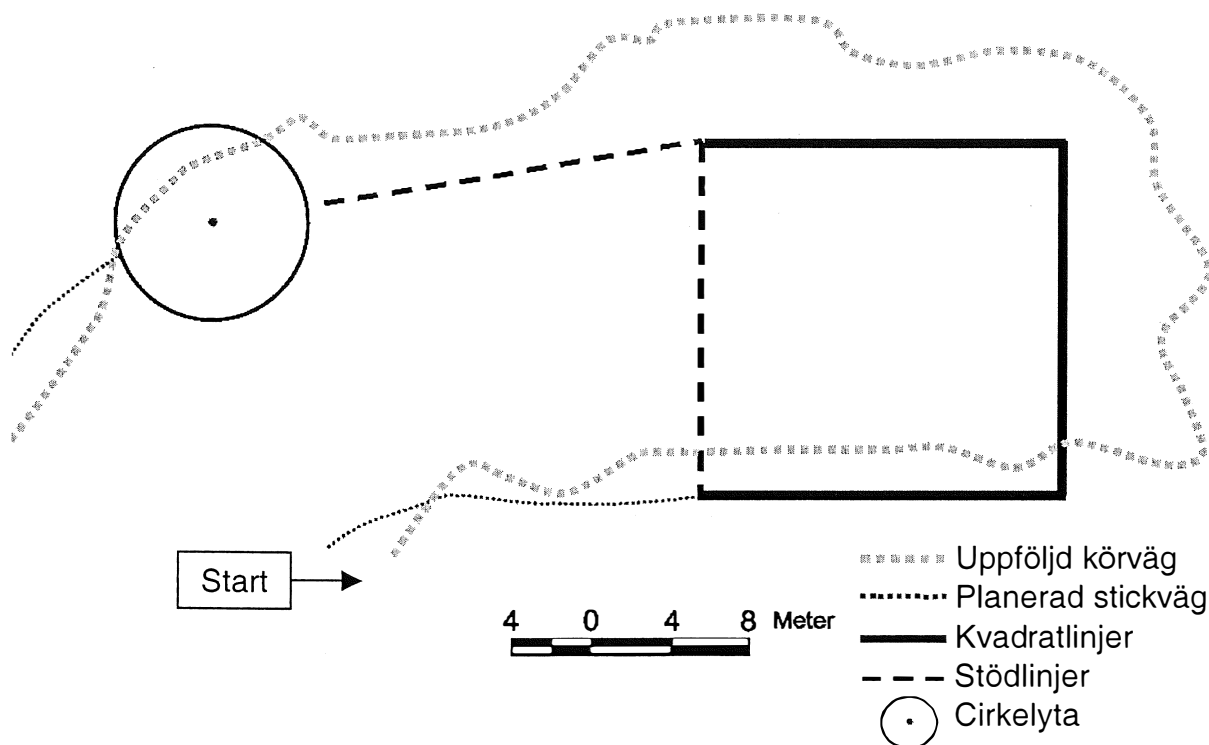
Försöksslinga ett (Figur 4) var den första slingan som gallrades. Skördarföraren upplevde att positionsangivelsen kunde hoppa långa sträckor trots att maskinen hade stått stilla. Vid avverkning där maskinen hela tiden rörde sig var det lättare att se tendensen vart positionen på skärmen är på väg. Ifrån stillastående var det svårare att ta ut körriktningen. I början av slingan träffade föraren linjen bra, men senare i norra delen drog sig linjen längre och längre norrut. Skördarföraren hade stora problem att med att hålla linjen på kvadraten och framförallt på cirkeln.



Figur 4. Försöksslinga 1. Planerad stickväg, uppföljd stickväg, kvadrat samt cirkelobjekt. Skalfel kan förekomma.

Försöksslinga 6

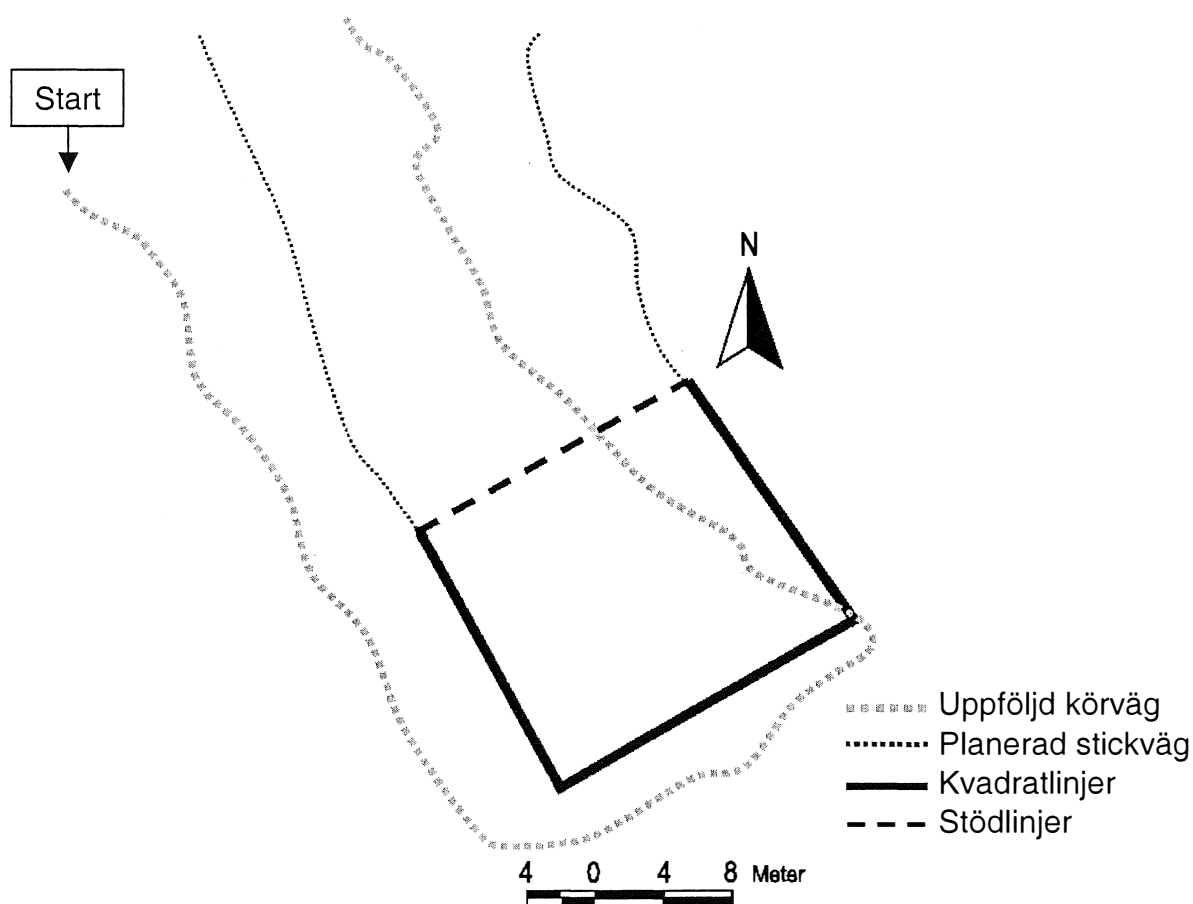
Den här slingan var en reservslinga som användes på grund av att slinga två förstördes när slinga ett avverkades. Liksom vid slinga tre träffade föraren linjen bra. Gallringen startade från väster och började med kvadraten. Positioneringen var stabilare än vid slinga ett och föraren tyckte att navigeringen fungerade acceptabelt. Ett problem bestod i fördröjningen av GPS positionen. När aktuell positionen visades vid hörnet där svängen skulle tas och maskinföraren svängde fortsatte positionen vandra ett till stycke för att sedan svänga in på rätt kurs. Detta gjorde att svängen kom för djupt vid hörnen.



Figur 6. Försöksslinga 6. Planerad stickväg, uppföljd stickväg, kvadrat samt cirkelobjekt. Skalfel kan förekomma.

Försöksslinga 4

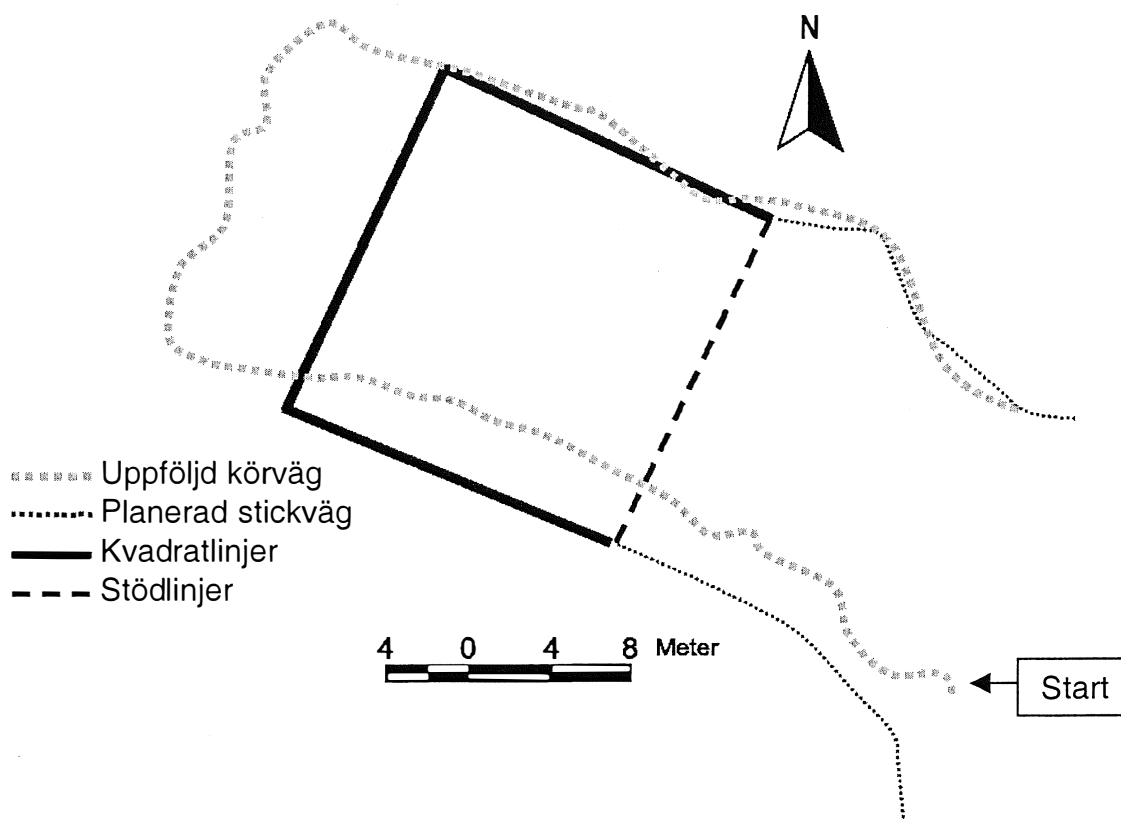
Försöksslinga fyra var den slinga som föraren tyckte gick sämst eftersom positionen hade en benägenhet att hoppa och vandra iväg på skärmen. Föraren startade i nordvästra hörnet. I början har linjen en dragning åt väster. Första svängen gick bra och föraren lyckades komma in på den sydöstra punkten tämligen exakt. Efter det att maskinen stått still ett tag vid hörnet började positionen att vandra iväg. Föraren fick problem med att veta i vilken riktning han skulle köra för att följa linjen. Hans riktning i ingångsläget blev fel och därför hamnade linjen snett jämfört med den planerade. Föraren fick lov att gissa en riktning och köra efter denna. Eftersom positionsangivelsen hoppade fram och tillbaka och bildade en "hagelsvärm" på skärmen var det svårt att ta ut en riktning under inledningsfasen. Denna dag var det få tillgängliga satelliter på himlavalvet.



Figur 7. Försöksslinga 4. Planerad stickväg, uppföljd stickväg samt kvadratobjekt. Skalfel kan förekomma.

Försöksslinga 5

Denna slinga lyckades föraren träffa linjen mycket bra på norra och södra sidan. Den västra delen kunde inte föraren köra där det var planerat beroende på att där var för stark lutning. Resultatet blev ändå jämförelsevis bra. Liksom slinga tre upplevde föraren att positionen var stabil och exakt. Liksom tidigare slingor där navigeringen hade fungerat ok, var det även här många satelliter tillgängliga.

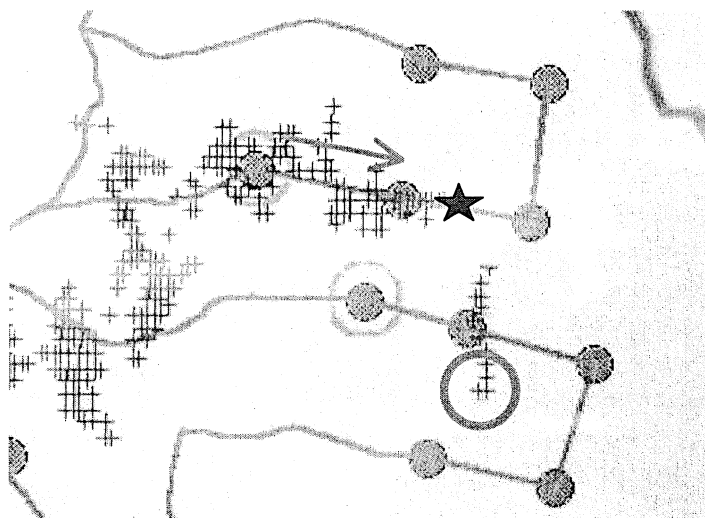


Figur 8. Försöksslinga 5. Planerad stickväg, uppföljd stickväg samt kvadratobjekt. Skalfel kan förekomma.

4 Diskussion

4.1 Navigationssvårigheter

Den viktigaste svårigheten vid navigeringen var att GPS -positionen som visades på skärmen var opålitlig. Den kunde både hoppa långa sträckor och vandra iväg utan förklaring (Figur 9). Detta gjorde det självklart mycket svårt för föraren att navigera med det precisionskrav som ställdes under försöket. Det största problemet för föraren uppstod vid svängarna. Här var det svårt att beräkna när svängen skulle tas beroende på att positionen hoppade och hade en viss fördröjning vid rörelse framåt. Om skördaren kom fel i svängen tog det tid att ta sig in på linjen igen. Ett annat problem var att veta körriktningen och då främst från stillastående.



Figur 9. Bild tagen med digitalkamera inifrån hytten vid försöksslinga tre. Gallring utförs i pilens riktning och skördarens position är vid stjärnan. GPS positionen hoppar då iväg ca 25 meter (cirkel) och vandrar sedan tillbaka.

Flera objekt, bland dessa fastighetsgränser, har ett starkt rättsligt skydd i svensk lag (Nordin 2002). Denna studie bekräftar påståendena av Nordin (2002) att det inte är tillförlitligt att enbart lita till GPS -positionen vid navigering kring skyddade objekt och fastighetsgränser. Däremot kan testat system redan idag utnyttjas för att förbättra kommunikation och navigering, eftersom föraren får ökad förståelse om de objekt som han skall orientera efter i terrängen.

Ytstrukturen inom försöksområdet var ganska ojämn, vilket gjorde försöken svårare än om plan mark hade använts. Även topografin inom området är väldigt kuperad vilket innebär en rad nackdelar med tanke på mottagningsförhållanden där bergen skymmer satellitsignaler och radiovågor. Något som iaktogs var att antalet tillgängliga satelliter spelade stor roll på hur väl navigeringen gick. De gånger då många satelliter fanns tillgängliga visades positionen mer exakt och mindre hoppig.

Nordin (2002) redovisar att noggrannheten med DGPS är 95 % av avvikelseerna inom 2 m, här tolkat som $2 \times \sigma$, dvs. 95 % av normalfördelningen. För denna var motsvarande värden för DGPS $\approx 2,4$ m ($1,2 \times 2$). Detta står i stark kontrast mot noggrannheten på GPS -mottagaren i skördaren som hade 95 % inom 7 m ($3,5 \times 2$).

Siljansfors försökspark accepterar inte några avvikelser som inkräktar på försöksytorna. Dock liknar inte försöket verkligheten i det avseende att försöksytorna var helt osynliga under försöket. I normala fall är försöksträd målade och hörnstolpar är placerade runt ytorna samt att personal har snitslat. Föraren kan då med ca 10 - 15 meters noggrannhet se vart han är i förhållande till försöksytorna, och då vara extra uppmärksam. En rekommendation är att personal fortsätter att märka och snitsla runt försöksytorna före avverkning.

Användandet av cirklar och kvadrater kan vara synonymt inte bara med en försöksyta inom Siljansfors försökspark. Som beskrivits i inledningen skulle de även kunna liknas med kulturlämningar, fornlämningar, nyckelbiotoper etc.

4. 2 Navigeringsprogrammet

Enligt skördarförarna som använt navigeringsprogrammet har det fungerat stabilt under testerna och under de veckor innan testet som programmet testats. Förarna var eniga om att programmet är logiskt uppbyggt och att alla viktiga funktioner finns där. Den viktigaste förbättringen som bör göras innan systemet tas i bruk i större skala är dels funktionaliteten, och dels någon typ av filtrering av erhållna GPS positioner. Detta för att förbättra precisionen vid navigeringen.

Ett problem vid navigering där hög precision krävs är att positionen som visas är den plats där satellitantennen är fäst, alltså taket på skördaren. Visserligen innebär det att antennen sitter relativt skyddad ifrån fysisk påverkan av fallande träd, kvistar m.m. Nackdelen är dock att positionen visas upp till ca 10 m räknat från den plats där skördaraggregatet arbetar. Dessutom varierar centrum på den maskin som användes under försöket eftersom hytten ej är centrerad och är svängbar (Valmet 911).

Ett hjälpmedel som skulle förbättra precisionen enligt förarna är en stödcirkel som motsvarar skördarens arbetsbredd visas. Denna cirkel skulle då automatiskt ändras till maskinens arbetsbredd med rätt skala. I nuvarande form är punkten färgfylld och lika stor vid olika skalor. En förutsättning är då att positioneringen är stabilare än under försöket. Holmens förare som under en längre tid testat liknande programvara anser sig inte behöva någon stödcirkel (Staland 2002). Under testerna provades ett antal olika positionsikoner med varierande utseende. Förarens erfarenheter var att hårkors fungerade bäst.

Att veta vilken riktning man ska köra för att t ex följa en rak linje har varit ett konstant problem under hela testet. Här borde något göras åt programmet. En idé kan vara att föraren manuellt klickar på en destination, t ex ett stickvägsslut. Sedan beräknar programmet en bäring från den aktuella positionen till destinationen. Genom denna bäring kan föraren styra in sig på rätt kurs med hjälp av en kompass som monterats väl synligt vid den främre rutan.

Någonting som förarna upplevde som negativt var att de inte visste skalan i kartvisningsläget. Programmet borde visa både aktuell skala och en skalstock i det läge som används vid körning. På det sättet kan föraren måtta avståndet till t ex fastighetsgränsen genom att lägga ett finger på skärmen. Även en måttstock där föraren kan mäta avstånd för t ex en körväg vore önskvärt.

Navigeringsprogrammet sparade medelvärde för ett förinställt antal positioner i en textfil. Dessa positioner kunde även fås visualiserade på skärmen som ett punktband eller linjetema. Den aktuella positionen kunde också visualiseras med ett förinställt tidsintervall. Dessa två typer av positioner visades på skärmen med lika färg vilket det inte gick att ändra på. Detta ansågs som störande då det var svårt att veta vilken punkt som visade aktuell position.

Föraren framförde också ett önskemål om att se det stickvägsnät som har skapats, uppritad efter sig i realtid, endera som en linje eller som en buffrad zon motsvarande skördarens arbetsbredd. I nuvarande version visas punkter från alla lagrade positioner på skärmen vilket var förvirrande eftersom dessa visades med samma färg som den senast visade positionen.

En annan detalj var att alla linjeteman visades med samma färger och storlek även om de ska visa olika objekt, t ex beståndsgränser, stickvägar, stigar, vägar mm. Det kan innebära problem för föraren att veta vad som är vad. En lösning vore att precisera i attributtabeln vad som är vad, och att navigeringsprogrammet har en fördefinierad legenduppsättning som förstår identiteten för dessa typer. Detta borde gå att lösa enkelt åt StoraEnso där alla teman och attributtabeller är uppbyggda på samma sätt.

Utbildning är ett måste om ett system som detta ska tas i praktisk drift. Eftersom tekniken är ny inom denna bevakning har förarna inte fått någon utbildning i egentlig mening utan enbart en introduktion i handhavande med de vanligaste funktionerna. Detta inverkar troligen en del på resultatet.

4.3 Använda GPS mottagare

DGPS -mottagaren (Trimble PRO XRS) som användes under inmätning och uppföljningen visar mycket god precision vid analyser av punkterna och längdmätning mellan punkterna. Standardavvikelsen för samtliga punkter som loggades under inmätningen var 1,2 meter. Vid längdmätningen jämfördes längden mellan punkter i kvadraten vilka mättes i ArcView med den exakta längden 18 meter (måttbandsmätning). Resultatet visar att medellängden var 17,8 m, standardavvikelsen 0,8 m och maxavvikelsen 1,2 m för samtliga observationer.

Ytterligare en bekräftelse på god precision hos mottagaren märktes när träpinnarna skulle sökas upp efter gallringen. Där användes en funktion som visade bäring och avstånd visuellt till en av användaren förutbestämd destination. När denna punkt på skärmen hade letats upp hittades träpinnen oftast vid första försöket genom att sparka bort mossan under fötterna. Om inte mottagaren är behäftad med några systematiska fel är värdena som lämnats av den mycket nära det "sanna" värdet.

GPS-mottagaren som användes i skördaren under testerna, Trimble Navguide, är i första hand byggd för att integreras i mobila system. Mottagaren är kompatibel för differentiell mätning (DGPS). För att eliminera mycket dålig kvalitet på mottagna värden har modulen getts ett standardfilter, se nedan. Dessa värden är mycket generösa vilket gör att den ofta också kan ge ifrån sig värden med dålig precision. Ett sätt att förbättra kvaliteten på mottagna värden och därmed erhålla en mer precis positionering är att använda någon typ av filtrering, som då skulle kunna styras ifrån navigeringsprogrammet. I nuvarande version av "GPS Skördare" finns ej möjlighet till en sådan filtrering. Enligt användarmanualen är noggrannheten vid absolut positionering 25 meter och vid differentiell positionering 2 meter med standardfiltrering.

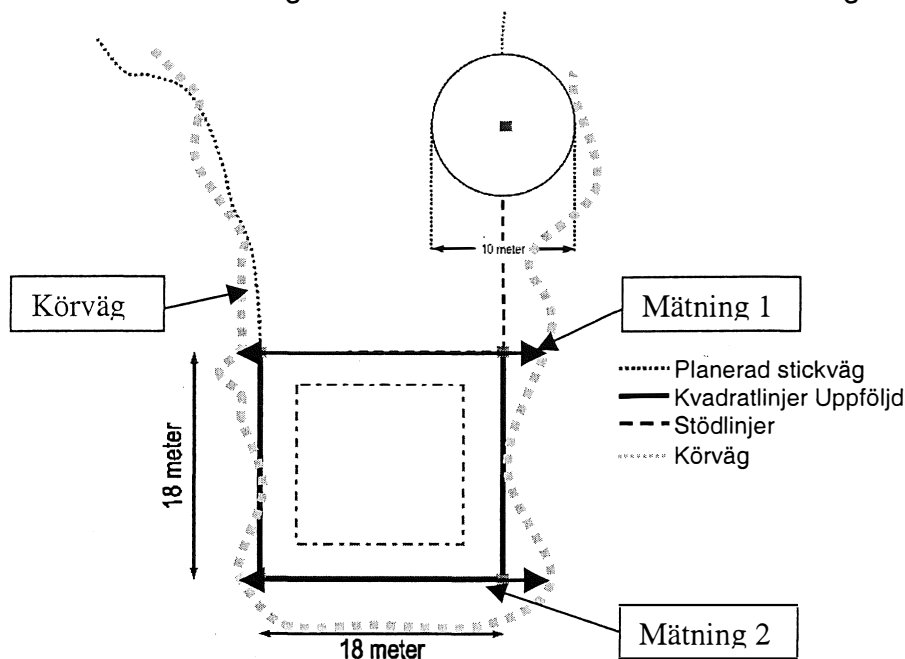
Grundinställningar för filtrering

Elevationsmask	5°
SNR	2
PDOP	12

Exakt vilka inställningar som skulle vara lämpliga att använda är svårt att säga utan är något som måste testas innan systemet tas i praktisk drift. Risken med en alltför hård filtrering är att inga positioner registreras. Samtidigt är problemet att en alltför mild filtrering kan visa positioner av dålig kvalitet.

4.4 Stickvägsavstånd

För att få ett mått på hur föraren har lyckats hålla stickvägsavstånden (18 m) vid kvadrattyterna gjordes två stickvägsmätningar vid varje kvadrat vilket ger totalt tio mätningar. Avståndet mellan de körda stickvägarna mättes med måttband. Mätningarna utfördes så att måttbandet tangerade två hörnpunkter på kvadraten (Figur 10). Resultaten visar att medelstickvägsavståndet var 20,9 m, medelavvikelsen 2,9 m och standardavvikelsen 3,5 m för samtliga mätningar. Föraren har alltså i genomsnitt kört med ett för stort stickvägsavstånd.



Figur 10. Principen för beräkning av stickvägsavstånd vid kvadrattyterna.

4.5 Precision kostar – jämförelse mellan billig och dyr GPS

Vid samtliga kvadrater bestämdes en position med en Magellan 330 GPS. Detta gjordes för att kunna se skillnader i mätprecision mellan en enkel billig handhållen GPS och en avancerad DGPS. Mätningen utfördes genom att vid varje hörn stå still c:a 10 sekunder och därefter trycka på knappen "lagra position" hos Magellan 330. Positionerna togs alltså på exakt samma plats som hos DGPS-mottagaren. Karta från denna jämförelse redovisas i Bilaga 2, Figur 13. Tabell med samtliga koordinatvärden finns i Bilaga 2, Tabell 4. De positioner som DGPS-mottagaren gav var ett medelvärde av 60 hårt filterade positioner vilka kan anses som väldigt nära det "sanna" koordinatvärdet. Positioner togs vid 20 mätpunkter för att få ett bra statistiskt material.

Resultatet visar att standardavvikelsen är 42,5 meter för samtliga observationer. Medelavvikelsen för samtliga positioner är 22,3 meter. Maxavvikelsen var 199,6 meter och minavvikelsen var 1,67 meter. Om den abnormt felaktiga positionen (Bilaga 2) vid yta 1 tas bort i beräkningarna blir resultatet 8,0 meter i standardavvikelse och 12,0 meter i medelavvikelse. Att ta en eller enstaka positioner är som synes inte att rekommendera om något viktigt ska koordinatsättas med en GPS likt Magellan 330. För att höja noggrannheten bör medelvärdesbildning användas. Detta innebär att lagra flera positioner momentant och sedan beräkna ett medelvärde av dessa.

4. 6 Slutsatser

Denna studie visar att det inte enbart går att förlita sig på GPS-positioneringen vid navigering kring skyddsvärda objekt, eftersom skördaren aldrig får köra i objektet. Däremot klarar föraren av att återfinna områden som innehåller objekt, och kan få god information om objektets läge. Vid avverkning kring skyddsvärda objekt måste man fortsätta att förlita sig på konventionell snitsling.

Navigeringsprogrammet som Berget System Design har utvecklat har överlag fungerat bra under försöken. Programmet känns väl genomtänkt, och det märks att det har varit en praktisk hand med vid uppbyggandet av systemet. Vissa små brister har dock identifierats vilka har beskrivits tidigare i examensarbetet.

Det finns flera förklaringar till varför positioneringen inte är tillräckligt noggrann och det finns flera tillvägagångssätt för att förbättra den. Då precisionskravet är 10 – 20 meter skulle det använda systemet kunna fungera bra. Däremot är det inte möjligt att navigera med meterprecision.

Om ett företag planerar att investera i liknande system är det viktigt att först identifiera till vad och hur utrustningen ska användas. Detta är avgörande för vilka krav som ska ställas på utrustningen.

För att ha nytta av GPS fordras att användaren har såväl kunskap om skogliga och andra påverkande faktorer som praktisk erfarenhet. Om dessa förutsättningar är uppfyllda kan mycket goda resultat uppnås vid användning av GPS både vid navigering i skogsmaskin och andra skogliga tillämpningar.

4. 7 Framtida studier

Intressant vore att se om någon skillnad i precision kan ses mellan DGPS och GPS. En liknande studie bör göras och då med DGPS som navigerings stöd. Studien bör göras under liknande förutsättningar när det gäller mottagningsförhållanden och skogliga egenskaper, och helst inom Siljansfors försökspark. Även en studie som visar skillnader i precision vid olika typer av filtrering (t ex pdop) vore intressant.

Vidare vore det av intresse med en undersökning av hur produktionen kan effektiviseras/påverkas om arbetsorganisationen ändras så att föraren lättare kan ta del av och hjälpa till i den skogliga planeringen med hjälp av GIS/GPS tekniken.

Ordförklaringar

ArcView	Kartmotor för GIS tillämpningar
DGPS	Differentiell GPS, se Bilaga 1
Elevationsmaskvinkel	Den lägsta vinkel sett ifrån GPS mottagaren till satelliten där mottagning får ske
GIS	Geografiskt Informations System, lägesbunden information
GPS	Global Position System, se Bilaga 1
GPS Pathfinder Office	Program som läser in positionsdata ifrån GPS till GIS-program
PDOP	(Position Dilution of Precision) Ett värde på tillgängliga satelliters inbördes geometri. Lågt värde innebär att satelliterna är utspridda på himlavalvet vilket är bra. Ett högt värde innebär att satelliterna är nära varandra vilket är sämre för precisionen
Realtidskorrigering	Mätmetod där korrektionsdata sänds till GPS i realtid. Då krävs förutom en satellitmottagare också en radiomottagare. En annan metod är efterberäkna avvikelser vid GPS mätning, alltså ej direkt när mätning görs
Shape	Filformat som används i bl. a ArcView GIS
SA störning	(Selective Availability) En pålagd störning på GPS systemet som USA tog bort år 2000
SAS	Statistical Analysis System. Ett statistik program som bl.a. används av Siljansfors försöksparck
SNR	(Signal to Noise Ratio) Ett värde på signalstyrkan ifrån satelliterna. Ett lågt värde är lika med dålig signalstyrka och ett högt värde god signalstyrka
Swepos	Ett nät av fasta referensstationer som skickar ut korrektionsdata via FM-bandet vid GPS-mätning

Referenser

Litteratur

- Anon, 2000. Geodesi och Geografiska informationssystem – svensk geodesiverksamhet under kommande tioårsperiod. LMV, Rapport 2001:1
- Dana P.H. 1995. Global Position System Overview, Department of Geography, University of Texas at Austin.
- Eklund, R. 2000. DGPS som navigeringsstöd i skördare vid gallring. SLU, Umeå. Institutionen för skogsteknik, Studentuppsatser nr 34.
- Hellström, C, & Johansson, S. 1993. Exakta positioner och arealer med GPS. SkogForsk, Uppsala. Resultat nr 13.
- Hellström, C, & Johansson, S. 1993. Var går gränsen? – Arealbestämning av slutavverkningsbestånd med GPS-teknik. SkogForsk, Uppsala. Resultat nr 14.
- Jonsson, T. 2000. Differentiell GPS – mätning av punkter av skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. SLU, Umeå. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Arbetsrapport nr 67.
- Nordin, D. 2002. Fastighetsgränser. Del 1. Fallstudie av fastighetsgränserns lägesnoggrannhet på Fastightskartan. SLU Umeå. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Arbetsrapport nr 99
- Staland, F. 1999. Användande av DGPS som navigeringsstöd vid avverkning. SLU, Umeå. Institutionen för skogsteknik, Studentuppsatser nr 30.

Internet

http://swepos.lmv.lm.se/index_gnss.htm

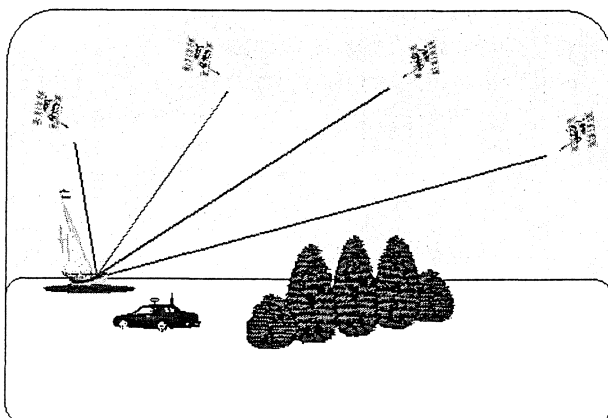
Personlig kommunikation

- Emilsson, P. Maskinförare, STORAENSO
- Gustafsson, M. 2002. Holmen Skog AB, Örnsköldsvik
- Haga, O. 2002. Berget System Design, Falun
- Johansson, A. 2002. Maskinförare, StoraEnso
- Karlsson, C. 2002. Siljansfors försökspark, Mora
- Staland, F. 2002. Gammelkroppa Skogsskola
- Temnerud, E. 2002. Siljansfors försökspark, Mora

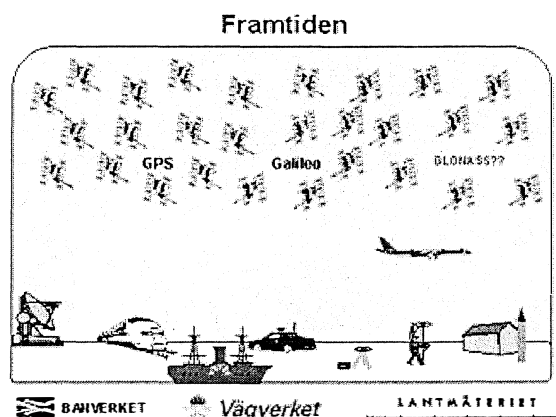
Bilaga 1. Introduktion till satellitnavigering, GPS och DGPS

Satellitnavigering är ett hjälpmedel som kan användas för att bestämma läge, rörelse och noggrann tid. Tjänsten kan användas på land, till sjöss, i luften och även i rymden. Idag är GPS (Global Positioning System) det vanligaste satellitnavigationsystemet. GPS är ett satellitbaserat positionerings- och navigeringssystem som ägs och drivs av USA:s försvar. Systemet kan sägas bestå av tre olika enheter. Användaren med sin mottagare, US Department of Defence som äger systemet och sköter korrigering av satellitbanor, samt slutligen själva satelliterna.

Systemet är i första hand avsett för militärt bruk men är också tillgängligt för civil användning. Signaler från flera satelliter uppfångas av en mottagare och används för att beräkna läge, hastighet och tid. Användarens mottagare "mäter" avståndet mellan mottagarens antenn och satelliten. Avståndet till varje satellit beräknas ur gångtiden för signalen. Mätning mot fyra satelliter ger det tredimensionella läget (läget i rummet) och tiden (den fjärde dimensionen).



Figur 11. Principen bakom GPS mätning.
http://swepos.lmv.lm.se/index_gnss.htm



Figur 12. Fler satelliter medför bättre mottagning och kvalitet.
http://swepos.lmv.lm.se/index_gnss.htm

Vid absolut mätning bestäms positionen i satelliternas referenssystem, enbart genom avståndsmätning direkt mot satelliterna. Noggrannhetsnivån är 5-10 m (medelfel i plan – sämre i höjd) när SA störningen numera är bortkopplad. Genom att använda sig av relativ mätning (DGPS) kan positionsnoggrannhet på några decimetrar eller bättre erhållas. De farhågor som finns beträffande den framtida tillgängligheten till signalerna från GPS-satelliterna är till stor del obefogade. Policyuttalanden från USA:s regering rörande GPS framtid, den stora civila användningen i USA och även borttagandet av SA-störningen visar att systemets tillgänglighet är garanterad.

Andra system finns t ex GLONASS vilket är Rysslands motsvarighet till GPS. Ett europeiskt projekt kallat Galileo som är ett initiativ av den europeiska unionen, EU, och det europeiska rymdorganet, ESA är under utvecklingsfasen. Galileo kommer att drivas helt under civil kontroll och bestå av ca 30 satelliter (enligt senaste uppgifterna). Galileo kommer också att vara ett i huvudsak civilt system och kompatibelt med GPS.

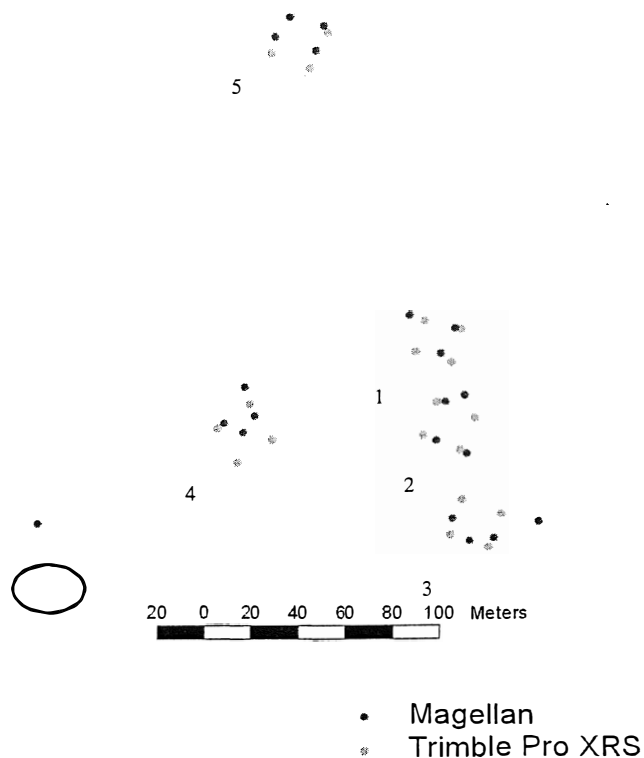
Detta kommer att medföra såväl förbättrad teknik som det utökade antalet satelliter vilket ger förbättrade förutsättningar för positionsbestämning och navigering med satellitteknik (Figur 12). Enligt nuvarande planer kommer Galileo att vara helt utbyggt år 2008 (Anon 2000).

Störningsfaktorer vid GPS mätning

GPS ska vara oberoende av väder, men trots atomur och trigonometriska trick så finns det vissa störningsfaktorer som är svåra att komma ifrån. Jonosfären består av ett lager av laddade partiklar som påverkar ljusets hastighet men också radiosignaler från satelliter. Eftersom inte signalerna färdas i vakuum är den exakta hastigheten ej känd. Signalens utbredningshastighet minskar när det passerar genom ett tjockare medium som t ex ett fält av laddade partiklar. Även i troposfären som utgör den lägre delen av atmosfären finns det vattenånga som kan påverka radiosignalens hastighet. Förutom vattenånga orsakar ändringar i väder, lufttrycks- humiditets- och temperaturförändringar också störningar (Dana 1995)

Andra påverkande faktorer är topografin (möjlig öppningsvinkel mot satelliterna), antalet tillgängliga satelliter och deras inbördes konstellation (PDOP) vid en viss tidpunkt, baslinjen som är avståndet mellan radiomottagare (rover) och radiosändare (bas) vid DGPS mätning. Även observationstidens längd, påverkan från omgivande vegetation och mottagarens kvalitet, vilken oftast är proportionell mot dess pris är viktiga faktorer (Johnsson 2000).

Bilaga 2. Mätpunkter Magellan 330 och Trimble PRO XRS



Figur 13. Hömpunkter inmätta med Trimble PRO XRS och Magellan 330.

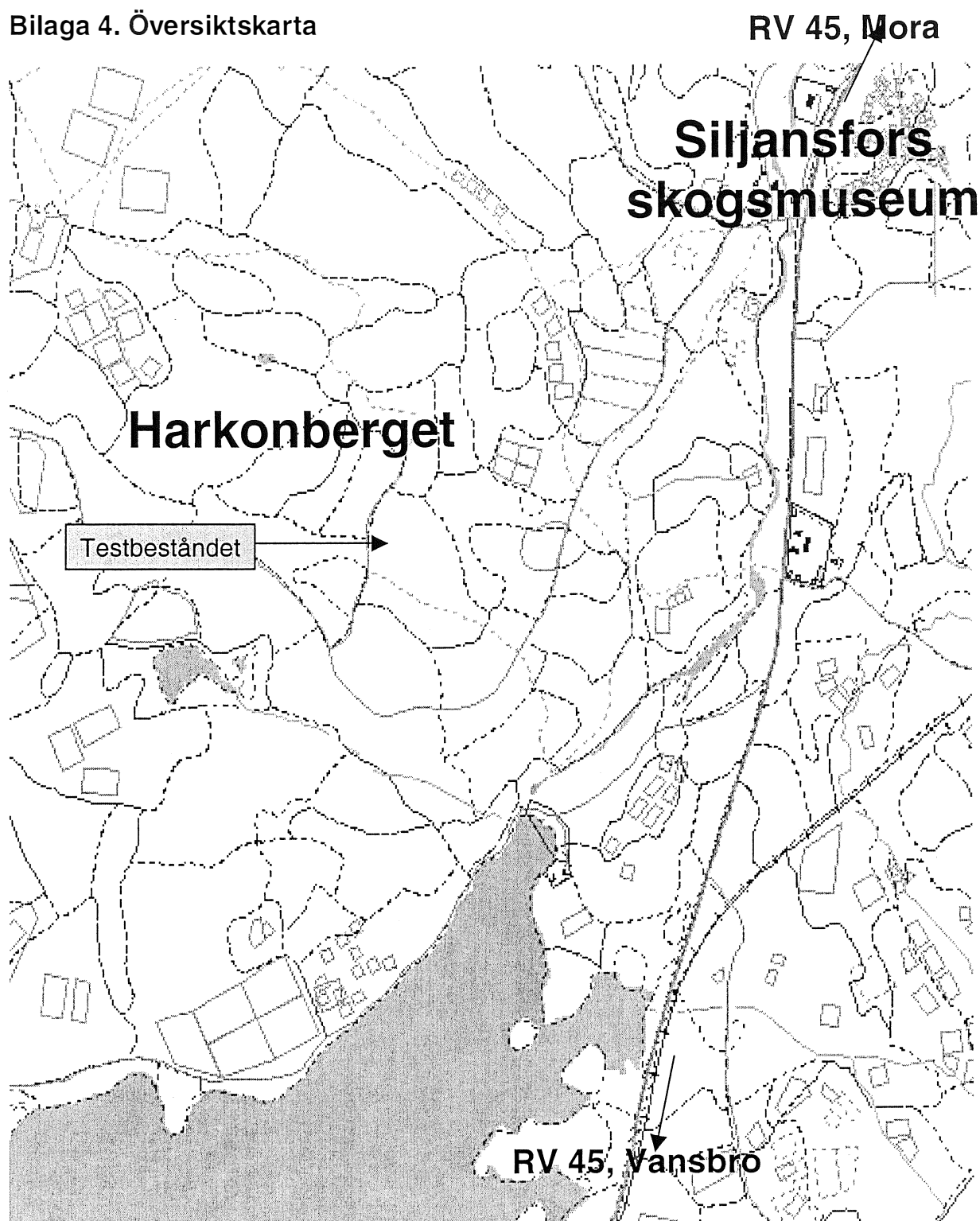
Tabell 4. Koordinatvärden inmätta med Trimble PRO XRS och Magellan 330.

Trimble Pro XRS 60 pos			Magellan 330 1 pos		Z - diff	
Försöksyta 1			Försöksyta 1			
1.1	6752746,080	1421575,496	1.1	6752749	1421572	4,5550429
1.2	6752760,818	1421580,228	1.2	6752673	1421401	199,58626
1.3	6752763,817	1421565,406	1.3	6752766	1421559	6,7677415
1.4	6752748,441	1421560,391	1.4	6752760	1421578	21,063888
Försöksyta 2			Försöksyta 2			
1.1	6752722,748	1421585,060	1.1	6752730	1421582	7,8711565
1.2	6752728,253	1421569,307	1.2	6752727	1421574	4,8573921
1.3	6752712,180	1421564,652	1.3	6752710	1421570	5,7752493
1.4	6752705,072	1421581,713	1.4	6752704	1421583	1,6749785
Försöksyta 3			Försöksyta 3			
1.1	6752666,237	1421574,214	1.1	6752675	1421577	9,1952142
1.2	6752661,416	1421591,163	1.2	6752665	1421584	8,0095958
1.3	6752677,296	1421597,477	1.3	6752667	1421594	10,867251
1.4	6752683,450	1421580,734	1.4	6752674	1421613	33,621381
Försöksyta 4			Försöksyta 4			
1.1	6752715,739	1421477,375	1.1	6752734	1421489	21,64728
1.2	6752700,886	1421485,739	1.2	6752721	1421493	21,38446
1.3	6752710,528	1421502,650	1.3	6752714	1421488	15,055806
1.4	6752726,859	1421491,222	1.4	6752718	1421480	14,297383
Försöksyta 5			Försöksyta 5			
1.1	6752876,701	1421516,503	1.1	6752890	1421502	19,677409
1.2	6752883,070	1421500,566	1.2	6752899	1421508	17,579228
1.3	6752892,347	1421523,831	1.3	6752895	1421522	3,2235028
1.4	6752899,793	1421508,255	1.4	6752884	1421519	19,101672

Bilaga 3. Dataset

Objekt Kvadrat=1					Objekt Kvadrat=1				
yta	Cirkel=2	Ordn. sida	Obsnr.	Avvik	yta	Cirkel=2	Ordn. sida	Obsnr.	Avvik
1	1	1	1	4,60	2	1	1	1	0,60
1	1	1	2	4,50	2	1	1	2	0,90
1	1	1	3	4,20	2	1	1	3	1,70
1	1	1	4	4,20	2	1	1	4	1,90
1	1	1	5	4,30	2	1	1	5	1,26
1	1	2	1	3,20	2	1	2	1	5,50
1	1	2	2	2,60	2	1	2	2	10,10
1	1	2	3	5,70	2	1	2	3	9,90
1	1	2	4	6,80	2	1	2	4	9,20
1	1	2	5	8,60	2	1	2	5	7,90
1	1	3	1	8,10	2	1	3	1	4,10
1	1	3	2	11,10	2	1	3	2	3,70
1	1	3	3	11,00	2	1	3	3	3,90
1	1	3	4	11,50	2	1	3	4	4,20
1	1	3	5	13,00	2	1	3	5	4,50
1	2	4	1	41,30	2	2	4	1	0,20
1	2	4	2	18,60	2	2	4	2	2,10
1	2	4	3	5,40	2	2	4	3	2,20
1	2	4	4	5,90	2	2	4	4	2,50
1	2	4	5	12,80	2	2	4	5	11,90
3	1	1	1	2,20	4	1	1	1	6,70
3	1	1	2	2,40	4	1	1	2	6,20
3	1	1	3	2,60	4	1	1	3	6,70
3	1	1	4	2,10	4	1	1	4	6,90
3	1	1	5	2,50	4	1	1	5	5,10
3	1	2	1	4,20	4	1	2	1	2,80
3	1	2	2	5,60	4	1	2	2	4,20
3	1	2	3	5,80	4	1	2	3	4,30
3	1	2	4	5,80	4	1	2	4	2,30
3	1	2	5	4,40	4	1	2	5	1,60
3	1	3	1	3,90	4	1	3	1	0,30
3	1	3	2	4,40	4	1	3	2	1,60
3	1	3	3	4,20	4	1	3	3	2,70
3	1	3	4	6,10	4	1	3	4	6,10
3	1	3	5	6,00	4	1	3	5	6,60
3	2	4	1	39,40	4	2	4	1	*
3	2	4	2	2,10	4	2	4	2	*
3	2	4	3	1,40	4	2	4	3	*
3	2	4	4	1,70	4	2	4	4	*
3	2	4	5	0,70	4	2	4	5	*
5	1	1	1	0,90					
5	1	1	2	0,20					
5	1	1	3	0,70					
5	1	1	4	0,60					
5	1	1	5	0,20					
5	1	2	1	0,60					
5	1	2	2	7,30					
5	1	2	3	7,20					
5	1	2	4	8,70					
5	1	2	5	6,90					
5	1	3	1	2,30					
5	1	3	2	3,20					
5	1	3	3	3,60					
5	1	3	4	3,70					
5	1	3	5	3,40					
5	2	4	1	*					
5	2	4	2	*					
5	2	4	3	*					
5	2	4	4	*					
5	2	4	5	*					

Bilaga 4. Översiktskarta



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SRG-AR--75--SE.
- 2001 86 Kolinnehåll i skog och mark i Sverige -Baserat på Riksskogstaxeringens data. ISRN SLU-SRG-AR--86--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.

- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.
- 76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog. ISRN SLU-SRG-AR--76--SE.
- 2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research. ISRN-SRG-AR--82--SE.
- 2002 91 Wilhelmsson, E. Forest use and its economic value for inhabitants of Skräven and Hakkas in Norrbotten. ISRN SLU-SRG-AR--91--SE.
- 94 Eriksson, O. m fl. Wood Supply From Swedish Forests Managed According to the FSC-standard. ISRN SLU-SRG-AR--94--SE.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG-AR--64--SE
- 2001 88 Ekström, M. Nonparametric Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--88--SE.
- 89 Ekström, M. Belyaev, Y. On the Estimation of the Distribution of Sample Means Based on Non-Stationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--89--SE.
- 90 Ekström, M. & Sjöstedt-de Luna, S. Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data with Varying Expected Values. ISRN SLU-SRG-AR--90--SE.
- 2002 96 Norström, F. Forest inventory estimation using remotely sensed data as a stratification tool - a simulation study. ISRN SLU-SRG-AR--96--SE.

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.

- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.
- 2000 66 Lofstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromatiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.
- 79 Reese, H & Nilsson, M. Wood volume estimation for Älvsbyn Kommun using spot satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE.
- 2003 106 Olofsson, K. TreeD version 0.8. An Image Processing Application for Single Tree Detection. ISRN SLU-SRG-AR--106--SE.

Kompendier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.
- 2001 87 Eriksson, O (Ed.) Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2000, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--87--SE.
- 2002 93 Lind, T (Ed.). Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2001, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--93--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.

- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Ömsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur L.*) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetodernas inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forestmanagement planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla förnygringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.

- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examens arbete. ISRN SLU-SRG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provtytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examens arbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. Examensarbete på jägmästarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE.

- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE.
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE.
- 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--84--SE.
- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE.
- 2002 92 Bodenheim, J. Tillämpning av olika fjärranalysmetoder för urvalsförfarandet av ungskogsbestånd inom den enkla älgbetesinventeringen (ÄBIN). Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 95 Sundquist, S. Utveckling av ett mått på produktionsslutenhet för Riksskogstaxeringen. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skoglig resursanalys. ISRN SLU-SRG-AR--95--SE.
- 98 Söderholm, J. De svenska skogsbolagens system för skoglig planering. *The planning system of Swedish forest companies*. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--98--SE.
- 99 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 1. Fallstudie av fastighetsgränserns lägesnoggrannhet på fastighetskartan. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skogshushållning med inriktning skoglig planering. ISRN SLU-SRG--AR--99--SE.
- 100 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 2. Instruktion för gränsvård. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skogshushållning med inriktning skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--100--SE.
- 101 Nordbrandt, A. Analyser med Indelningspaketet av privata skogsfastigheter inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområde. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--101--SE.
- 2003 102 Wallin, M. Satellitbildsanalys av gremmeniellaskador med skogsvårdsorganisationens system. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--102--SE.
- 103 Hamilton, A. Effektivare samråd mellan rennäring och skogsbruk - förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--103--SE.

- 104 Hajek, F. Mapping of Intact Forest Landscapes in Sweden according to Global Forest Watch methodology. MSc Thesis in forest Resource management, specialization in remote sensing. ISRN SLU-SRG-AR--104--SE.
- 105 Anerud, E. Kalibrering av ståndortsindex i beståndsregister - en studie åt Holmen Skog AB. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--105--SE.
- 107 Pettersson, L. Skördarnavigering kring skyddsvärda objekt med PPS-stöd. Examensarbete på skogsingenjörsprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG--AR--107--SE.

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.
- 2000 80 Sawathvong, S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE.
- 2002 97 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning in Southern Africa. -proceedings from a training workshop in Botswana, December 3-17, 2001. Edited by Mats Sandewall. ISRN SLU-SRG-AR--97--SE.