



Digitala fotogrammetriska arbetsstationer för skoglig flygbildstolkning

*Digital photogrammetric workstations for aerial photo
interpretation in forestry*

Kristoffer Önnholm

Arbetsrapport 228 2008
Examensarbete 30hp D

Handledare:
Björn Nilsson

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
S-901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-228-SE

Digitala fotogrammetriska arbetsstationer för skoglig flygbildstolkning

*Digital photogrammetric workstations for aerial photo
interpretation in forestry*

Kristoffer Önneholm

Examensarbete i ämnet skogshushållning

Handledare: Björn Nilsson

Examinator: Mats Nilsson

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 poäng i ämnet skogshushållning och har utförts på uppdrag av SCA skog. Arbetet genomfördes vid institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Ett stort tack till min handledare Björn Nilsson på avdelningen för fjärranalys och examinatorn Mats Nilsson vilken har varit till stor hjälp under hela arbetets gång. Kontaktpersoner på SCA skog har varit Daniel Flordal och Magnus Larsson vilka har visat stort intresse för examensarbetet och sett till att arbetet följer tidsplanen. Ett stort tack till de personer som deltagit i tolkningsförsöket vilket resultaten till gallringsstudien är baserade på.

Många moment i examensarbetet har utförts i nära samarbete med jägmästarstudenten Henrik Johansson, ett stort tack för det goda samarbetet och stödet. Jag vill även rikta ett stort tack till alla personer som jag intervjuat och kommit i kontakt med via e-post, telefon och studiebesök.

Umeå i maj 2008

Sammanfattning

Initiativtagare till detta arbete har varit SCA Skog. SCA Skog har i dagsläget ett stort behov av att ajourhålla stora arealer ungskog. Många ungskogar har idag allt för stor variation inom de avgränsade avdelningarna och de är i akut behov av nyindelning och uppdatering av de skogliga variablerna. Att finna första gallringar är väldigt viktigt för en effektiv skogsvård och ett gott ekonomiskt utfall. Traditionellt fältarbete är en dyr och tidskrävande metod som kan effektiviseras genom indelning och förtolkning i digitala flygbilder. Tillgången till digitala flygbilder och utvecklingen inom fotogrammetrin har lett till större möjligheter för skogliga organisationer att på egen hand sköta tolkningsarbetet.

Syftet med detta examensarbete har varit att jämföra olika digitala fotogrammetriska arbetsstationer för tolkning i digitala flygbilder samt att föreslå två varianter av system; ett mer avancerat för daglig användning ("Proffssystem") och ett enklare för sällananvändning. Dessutom ingår att ta reda på vilken hårdvara som krävs för ett komplett digitaliserings- och bildtolkningssystem. I studien har även ingått att undersöka hur bra man kan bedöma gallringsbehovet i digitala flygbilder.

Slutsatser av denna studie är att proffssystem är att föredra framför sällananvändnings-system samt att tilltänkta system bör testas mot organisationens GIS-system för att fullt ut kunna bedöma lämpligheten. Inget av de undersökta systemen har idag ett komplett skogligt digitaliserings- och datainmatningssystem liknande SOS-map (som använts hittills för skoglig bildtolkning i Sverige). Om digitala stereobilder ska användas på distriktsnivå bör färdiga projekt skapas som gör det möjligt att få fram bilderna för stereobetraktning genom enkla "knaptryckningar".

Resultatet från gallringsstudien indikerar att tolkarna oftare överskattar än underskattar gallringsbehovet, vilket kan bero på att man hellre väljer ut ett bestånd för mycket än ett för lite. Hur bra gallringsbehovet kan bedömas beror bl.a. på hur bra beståndshöjden och slutenheten bestäms vid tolkningen. Genom att kombinera de tolkade uppgifterna med värden från befintligt register såsom trädslag, SI och ålder bör man få en högre kvalitet på bedömningarna av gallringsbehovet.

Tillgång till färsk digitala flygbilder av god kvalitet gör det möjligt att efter en traditionell registersökning ytterligare förfinas urvalet av avdelningar med gallringsbehov. Avgränsning av gallringsbehov inom delar av en avdelning är även möjligt via tolkning i digitala flygbilder.

Nyckelord: *Fotogrammetriska arbetsstationer, digitala flygbilder, flygbildstolkning av gallringsbehov.*

Summary

SCA Skog has taken the initiative to this Master's thesis. Today SCA Skog has a great need to update their information on young forest stands across large areas. Traditional field inventory methods for updating stand databases are expensive and time consuming. However, the inventory could be made more efficient if stand boundaries and stand characteristics are derived from aerial photographs. The access to digital aerial photographs and the developments in photogrammetry have led to new opportunities for forest organisations to do the photo interpretation needed to update stand databases on their own.

The aim of this Master's thesis is to compare different commercially available digital work stations used to interpret aerial photographs and to recommend two alternative systems: one for interpreters that use it daily (Professional system) and one for interpreters that use the system less regularly. A third purpose has been to specify the hardware needed to run different digital work stations. The fourth and last purpose has been to investigate if it is possible to determine the need for thinning cuttings in young forest stands from aerial photographs.

The main conclusions are that more advanced workstations are preferable to systems intended for less advanced and less frequent use. To get a complete view of the function of the system, it is important to test that the workstation is fully compatible with the organisations GIS. None of the studied systems are as suitable as the old SOS-map system (which has, until today, been commonly used for photo interpretation by the forest sector in Sweden) for measurements and interpretations in forest applications. If digital stereo photographs are to be used at a district level, the recommendation is that complete projects should be available so the operator can mount the photos for stereo viewing (including orientation of the stereo model) and start the interpretation by "pushing a button".

The results from the thinning cutting study show that the interpreters tend to overestimate rather than underestimate the need of thinning cuttings in young stands. How accurately the need for thinning cutting can be assessed depends on the quality of tree height and volume density estimates from the aerial photographs. By combining the data from the photo interpretation with information from existing stand databases (e.g., tree species, site index, and age), it might be possible to improve the quality of the assessment pertaining to the need of thinning cutting.

Today, a common method to identify stands needing to be thinned is to select them using the information available in the stand database. Having access to up-to-date digital aerial photographs of high quality will make it possible to further improve the selection of the potential thinning stands. The use of aerial photography also makes it possible to delineate areas within stands that needs to be thinned .

Keywords: *Photogrammetric workstations, digital aerial photographs, Estimation of thinning need.*

Innehållsförteckning

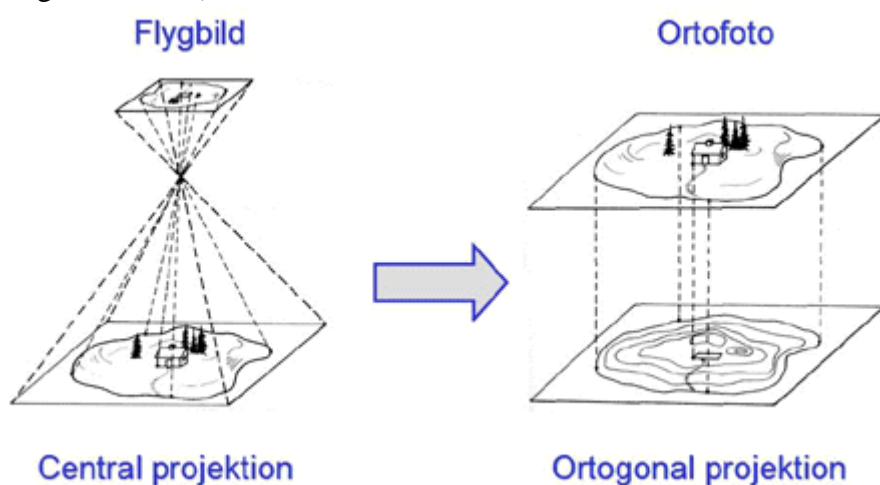
Förord	2
Sammanfattning	3
Summary	4
1 Inledning	7
1.1 <i>Bakgrund</i>	8
1.2 <i>Syfte</i>	9
1.3 <i>Ajourhållning av ungs kogar</i>	10
1.3.1 Dagens behov av ajourhållning	10
1.3.2 Metoder och system för ajourhållning.....	11
1.3.3 Tillgång till tolkningsmaterial	11
1.3.4 Ajourhållning i framtiden	12
2 Material och metoder	13
2.1 <i>Systemanalys</i>	13
2.2 <i>Flygbildstolkning av gallringsbehov</i>	13
2.2.1 Allmänt	13
2.2.2 Flygbilder	13
2.2.3 Bildtolkning	14
2.3 <i>Fältinventering</i>	15
2.3.1 Referensytor	15
2.3.2 Försöksavdelningar.....	15
2.4 <i>Databearbetning</i>	17
3 Resultat	18
3.1 <i>Undersökta System</i>	18
3.1.1 Kompabilitet	19
3.1.2 Mjukvarupris och programpaket	20
3.1.3 PurView	21
3.1.4 ESPA	22
3.1.5 SocetSet	23
3.1.6 Leica	24
3.1.7 Summit Evolution.....	25
3.1.8 DVP	26
3.1.9 Geosystem	26
3.1.10 Verktyg och funktioner.....	27
3.1.11 Orientering av modeller och skapande av projekt.....	30
3.1.12 Support, utbildningsbehov och möjlighet till demoversion	32
3.1.13 Tillgänglig hårdvara och priser.....	35
3.1.14 Metoder för stereoseende	35
3.1.15 Stereobetraktningssystem och priser	37
3.1.16 Navigationsutrustning.....	38
3.1.17 Systemkrav och grafikkort.....	38
3.1.18 Övriga kommentarer från återförsäljare och användare	39
3.1.19 Bildförsörjning	41
3.2 <i>Bedömning av gallringsbehov</i>	42
3.2.1 Avdelningar som fältinventerats.....	42
3.2.2 Bedömt gallringsbehov i Åsele.....	43
3.2.3 Sammanfattning för Åsele	44
3.2.4 Bedömt gallringsbehov i Piteå.....	46

3.2.5	Sammanfattning för Piteå	47
4	Diskussion.....	49
4.1	<i>Systemanalys.....</i>	49
4.1.1	Sällananvändarsystem	50
4.1.2	Proffssystemet	51
4.2	<i>Bildförsörjning</i>	52
4.3	<i>Bedömning av gallringsbehov.....</i>	52
	Referenser	55

1 Inledning

Fotogrammetri och fjärranalys För att förstå hur fotogrammetri och fjärranalys hänger samman är det viktigt att man skilja mellan begreppen. Fotogrammetri innebär mätning av tredimensionella positioner hos objekt utifrån två eller flera fotografiska eller digitala bilder, t.ex. flyg- och satellitbilder (Ravhed, 2007). Fjärranalys är ett samlingsnamn för alla de metoder med vilka man på avstånd insamlar information om mark, vatten och atmosfär samt bearbetar, analyserar och presenterar sådana data (Wastenson, 1980).

Ett flygfoto, som är en centralprojektion av terrängen, har i praktiken alltid en mer eller mindre varierande skala. Det är först när flygfotot omvandlas till en ortogonalprojektion vilket visas i figur 1 som en skalenlig karta eller kartdatabas erhålls (Earth Observation Magazine, 2007).



Figur 1. Skillnaden mellan en flygbild och en karta (Ekelund, 1993)

Figure 1. Difference between an aerial photograph and a map (Ekelund, 1993)

Utvecklingen inom fjärranalys och fotogrammetri går stadigt framåt och idag börjar digitala stereoinstrument ersätta de äldre analoga och analytiska instrumenten. Både de analoga och de analytiska instrumenten var dyra och mer komplicerade att använda jämfört med de nya digitala instrumenten. Undersökningar har visat att digitala flygbilder i kombination med digitala stereoinstrument ger minst lika bra tolkningsresultat som analytiska och analoga instrument (Magnusson et al, 2007). I figur 2 visas exempel på ett modernt digitalt stereoinstrument. De mest utvecklade av dagens digitala system är billigare och mer användarvänliga samt har i många avseenden mer funktionaliteter att erbjuda än de äldre instrumenttyperna. Orienteringen av flygbilder är enkel och man har bl.a. möjlighet att automatiskt generera ortofoton i de nya digitala systemen. Tekniken möjliggör också att även icke professionella tolkare genom en kort utbildning kan tänkas nyindela och förtolka i flygbilder.



Figur 2. Ett modernt digitalt stereoinstrument, Karin Pramborg på Metria i Umeå.
Figure 2. A modern digital workstation, Karin Pramborg at Metria in Umeå.

Under senare år har det skett en snabb teknisk utveckling av digitala flygmätkameror. Tidigare var det vanligt att använda analoga kameror men nu finns olika typer av digitala kameror samt olika typer av skannande sensorer t.ex. Leicas ADS 40. I Sverige har Lantmäteriet slutat att fotografera och framställa analoga flygbilder. De gör för närvarande all flygfotografering med digitala kameror (Zeiss/Intergraph DMC).

Dagens flygkameror kan utrustas med GPS/IMU-system som kan ge positions- och orienteringsdata direkt vid fotograferingen. Tröghetsnavigeringssystemet, IMU (Inertial Measurement Unit), ger rotationsvinklarna kappas, phi och omega medan GPS-enheten ger x, y och z-koordinater. Detta minimerar och för vissa tillämpningar t.o.m. eliminerar behovet av fotogrammetrisk triangulering och markstödpunkter (BlomInfo, 2007).

Den snabba utvecklingen på datorsidan har lett till att det idag finns en mängd tillverkare av fotogrammetriska system på marknaden bl.a. ESPA, DAT/EM, Leica, DVP, SocetSet och GeoSystem. Det finns även enklare system som saknar vissa fotogrammetriska funktioner, men som kan användas vid exempelvis stereobetraktning och höjdmätning. Ett exempel på ett sådant är PurView.

1.1 Bakgrund

Kvaliteten på beståndsregistret är A och O vid skogliga beslutsfattande. Det är t.ex. viktigt med tillförlitliga data för att kunna utföra rätt åtgärder vid rätt tidpunkt. Bland annat medför eftersatta röjningar och gallringar ökade kostnader. Att rätt kunna beräkna volymutfallet vid avverkningar är också viktigt, eftersom man strävar efter minimala lager och att kunna leverera "just in time" till industrin.

Många stora skogsägare och organisationer brottas idag med stora avdelningar från förr. Dessa är nu ungskogor som innehåller stora variationer. Traditionell fältinventering är ett sätt att avgränsa och bilda sig en uppfattning om skötselbehov. Dessvärre är den metoden relativt dyr och monoton för personalen som jobbar med detta. Fältsäsongen i norra Sverige är kort och intensiv och det gäller för skogsägarna att fördela resurserna på ett effektivt sätt. Desto bättre kart- och dataunderlag som finns tillgängligt, desto mindre fältarbete krävs. En bra avgränsning och förtydning gjord på rummet snabbar upp arbetet avsevärt i fält.

Ur skogsskötselsynpunkt är det viktigt att finna gallringar i rätt tid speciellt med snabbväxande trädslag som contorta. Enligt SCA Skog har man ett tidsfönster att finna förstagallringar i contorta på ca 3-4 år sedan blir det för riskabelt att utföra en normal gallring. Missar man förstagallringstillfället måste man gallra underifrån vilket resulterar i sämre kvalitet och ekonomi (Larsson, 2007).

Skogsorganisationer som SCA Skog har idag tillgång till stora mängder flygbilder. Dessa rymmer ett stort informationsutbud och bör utnyttjas optimalt. Genom billiga och användarvänliga digitala stereoinstrument kan man nyttja flygbilderna även på distriktsnivå vilket med lokal kunskap och kännedom borde öka kvalitén på tolkningen.

Genom att kombinera informationskällor så som flygfotografier, satellitbilder och i framtiden laserskanning kan man få ut maximalt med information redan på kontoret. Detta minskar t.ex. urvalet av potentiella gallringsobjekt att fältinventera och leder således till ett effektivare arbetssätt.

I dagens skogsbruk är datoranvändandet stort och personalen välutbildad på GIS. Detta borde trygga för att kompetensen att hantera digitala stereoinstrument även finns inom organisationen. Genom att använda vintern till att förtolka och mäta inför kommande fältsäsong blir arbetet jämnare fördelat över året. En annan viktig faktor vid tolkning i digitala stereoinstrument är att resultaten kan lagras direkt i ett GIS vilket minskar risken för informationsförluster.

Digitala stereoinstrument kan användas till mer än bara indelning och tolkning av ungskogar. Att kunna se i tre dimensioner är en stor fördel vid t.ex. planering av avverkningar, vägdragningar och skyddsdikningar.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka om bildtolkning av digitala flygbilder kan vara ett alternativ för att ajourhålla ungskogar samt vilken utrustning som krävs för detta. Mer specifikt har målet varit att:

- Undersöka vilka programvaror för digital fotogrammetri som finns på marknaden och om de är kompatibla med SCA Skogs SkogsGIS. Rekommendera två alternativ: ett ”proffssystem” och ett för sällananvändning.
- Undersöka vilken utrustning (hårdvara) som krävs för ett komplett stereobetraktning- och digitaliseringssystem.
- Föreslå lämplig bildförsörjningskedja för SCA Skog.
- Undersöka möjligheten att identifiera och avgränsa områden med gallringsbehov med hjälp av digitala flygbilder.

1.3 Ajourhållning av ungskogar

För att undersöka behovet av ajourhållning av ungskogar samt vilka metoder som används idag inom storskogsbruket genomfördes en kort intervju med fyra organisationer: SCA Skog, Bergvik Skog, Holmen Skog och Sveaskog.

1.3.1 Dagens behov av ajourhållning

I dag fungerar inte ajourhållningen av ungskogar tillfredställande enligt SCA Skog. Vid nyindelningen 1992 -1995 inventerades inga bestånd yngre än 25 år. Ajourhållningen hos SCA Skog har varit en lågt prioriterad åtgärd av bl.a. kostnadsskäl. I dagsläget finns ett behov att ajourhålla ett par hundra tusen hektar. Dessutom medför tillväxten i ungskogarna att det årligen tillkommer ca 23 000 ha som är i behov av ajourhållning.

Inom SCA Skog vill man skapa homogena beskrivningsenheter för att få bra indata till sina tillväxtberäkningar. SCA Skog har tagit fram nya tillväxtfunktioner som är baserade på fälldata från år 2000. De nya funktionerna skattar tillväxten betydligt bättre än de tillväxtfunktioner som tidigare använts, förutsatt att tillståndsbeskrivning för bestånden är tillräckligt bra. Idag görs en första gallring vid ungefär 13 meters övre höjd för tall. För contorta är målet att gå in tidigare vid ca 11-12 meters övre höjd (Larsson, 2007).

Bergvik Skog har skogstjänsteavtal med Stora-Enso och Korsnäs som utför skötsel och planering på entreprenad. Bergvik Skog är ett relativt ungt företag och saknar ännu gemensamma rutiner för ajourhållning men planen är att enhetliga rutiner skall finnas redan nästa år. I och med det får man en bättre bild över ajourhållningsbehovet och hur det skall hanteras. I dagsläget är det svårt att veta hur stora arealer som är i behov av taxering men troligtvis är det en hel del. Första gallringarna är väldigt viktiga att finna i tid. Bergvik anser även att det även är viktigt att andra gallringen utförs vid rätt tidpunkt (Gillgren, 2007).

På Sveaskog anser man att det finns ett stort behov av ajourhållning av ungskogar. Planen är att all skog när den blir 8 meter i medelhöjd skall inventeras. Så sker inte idag och variationen är stor mellan de olika distrikten. Just nu pågår en ”drive” med fokus på inventering av ungskogar med en höjd på ca 8 meter. Som det ser ut idag är det väldigt svårt att komma in vid rätt tidpunkt för gallring i ungskogarna. Idag sker ingen nyindelning i ungskogarna men i framtiden bör en sådan ske. Det årliga ajourhållningsbehovet i ungskogarna uppgår till ca 30 000 ha. Man påpekar att det finns gigantiska avdelningar som är i stort behov av en omindelning (Johansson, 2007b).

På Holmen Skog anser man att det är viktigt med ett tillförlitligt underlag på ungskogar. Under 1990-talet genomförde Holmen Skog en nyindelning där de även tog med ungskogar. Nyligen har Holmen Skog utfört en stickprovstaxering på färdigröjda bestånd (röjnings/gallrings bestånd), detta för att kunna kontrollera hur pass bra registret stämmer med verkligheten. Resultatet har inte sammanställts än, därför kan man inte säga om det föreligger ett behov av bättre ajourhållning av ungskogen (Östman, 2007).

1.3.2 Metoder och system för ajourhållning

I dagsläget är registersökningar det mest använda metoden för att hitta avdelningar med gallringsbehov.

Eftersom SCA Skog årligen investerar ca 150 miljoner kr i skogsvård finns behov av att kunna identifiera och prioritera rätt avdelningar. För att finna förstagallringar görs registersökning med bl.a. ålder, trädslag och SI som attribut. Det finns planer på att köpa in digitala tolkningssystem för att kunna nyindela, och förtolka ungskogar. SCA Skog använder idag satellitbilder för att lokalisera röjningsbehov (Larsson, 2007).

Bergvik har en digital tolkningsstation som försöksmässigt används för att identifiera avdelningar med gallringsbehov. En annan metod som Bergvik testat är flygburen laserskanning (Gillgren, 2007). Detta görs i ett område i Dalarna där Prevista laserskannat 10-40 åriga avdelningar. Testerna med det laserskannade materialet genomförs i ett examensarbete vid SLU (Andersson, 2008)

Sveaskog har köpt in systemet StereoAnalyst av Leica och det används på försök av Fredrik Gunnarsson. Normalt genomförs inventering till fots och med skoter för att identifiera gallringsobjekt (Johansson, 2007a).

Ett ESPA-system har köpts in av Holmen Skog efter att man tittat på några olika system. Det finns ingen vetenskaplig analys bakom systemvalet, men det faktum att ESPA fungerar bra tillsammans med ArcMap var en viktig faktor vid valet. På Holmen Skog har man kommit fram till att det är bäst om proffstolkare använder systemet. Bland annat p.g.a. tidsbrist ute på distrikten, lång startsträcka att starta upp och komma in i mätandet (Östman, 2007). Rent praktiskt har ESPA använts till att beståndsavfatta avdelningar men inte för att mäta höjder, trots att systemet har hjälpverktyg för att mäta beståndsmedelhöjd (Karlsson, 2007). För att finna avdelningar med lövröjningsbehov använder Holmen satellitbilder. Holmen Skog använder sig även av helikopter för att inventera objekt med röjnings- och gallringsbehov (Östman, 2007).

1.3.3 Tillgång till tolkningsmaterial

SCA Skog har gått ihop med Holmen Skog och Sveaskog och köpt in IRF-bilder och ortofoton med en upplösning på 0,5 m sedan år 2003. Man vill ha max tre år gamla bilder men i realiteten för man nöja sig med upp till fem år gamla. Det finns på vissa områden tillgång till digitalt registrerade bilder, fotograferade av Lantmäteriet med Z/I DMC ("DMC-bilder"), från år 2007 (Larsson, 2007).

Bergvik Skog köper ortofoton och IRF-bilder av Lantmäteriet. Varje år köper man även in satellitbilder (SPOT-bilder eller liknande bilder). Låghöjdsbilder (bilder från mellanformatskamera) anses vara på väg ut då de är ett dyra att köpa in och andra alternativ finns. Tolkningsmaterialet bör enligt Bergvik Skog vara max 3-5 år gammalt sedan anser man att de börjar bli för gamla för att användas (Gillgren, 2007).

Sveaskog har IRF-bilder som köpts in gemensamt med SCA Skog och Holmen Skog. Dessutom har de även tillgång till satellitbilder, ortofoton samt låghöjdsbilder över Bergsslagen. Precis som Bergvik anser Sveaskog att bildmaterialet blir inaktuellt efter 3-5 år (Johansson, 2007a).

Förutom de IRF-bilder som Holmen köpt in i samarbete med Sveaskog och SCA köps satellitbilder varje år vilket är väldigt omtyckt av personalen. Flygbilder och ortofoton bör förnyas vart tredje till fjärde år för att bilderna skall kunna ses vara tillräckligt aktuellt (Östman, 2007).

1.3.4 Ajourhållning i framtiden

Sveaskog tittar på en Kanadensisk metod ICT (iCtrees) det är en metod för att automatiskt tolka data från bl.a. digitala flygbilder. Detta sker via ett norskt företag som heter Terranor. Metoden fungerar bra för att skatta slutenheten men inte höjden. Kostnadsmissigt ligger metoden på några kronor per ha. Just nu testas även möjligheten att använda laserdata för att beskriva skogen ned till trädnivå (Johansson, 2007a).

Bergvik Skog ser laserdata som ett lovande alternativ och tror att det slår igenom inom två till tre år. Bergvik Skog har planer på att i framtiden laserskanna all skog i åldrarna 30-60 år. Ett stormdrabbat område i Hylte på 12 000 ha har laserskannats av Foran men materialet är ännu inte analyserat. Det finns två varianter av laserskanning. Den dyrare single tree-metoden som endast bör användas i skogar med en höjd över 10 meter. Det andra alternativet, arealmetoden, är billigare men ger endast uppgifter på provyte- eller beståndsnivå. En omarbetning för gemensamma ajourhållningsrutiner inom både Stora och Korsnäs kommer inom kort. I och med de gemensamma rutinerna skall nyindelning ske senast i röjningsfasen (Gillgren, 2007).

Holmen Skog tycker att det verkar lovande med laserskanning (Östman, 2007). Man har även provat på att helikopterinventera med kamera och laserhöjdmätare (Wiklund, 2008). Holmen Skog har varit involverat i ett examensarbete vid SLU där beståndsavfattning i digitala flygbilder jämförts med en automatiserad metod med programmet DianthusRaster™ (Johansson, 2007b). Metoden för automatisk beståndsavfattning fungerar bra men saknar rutiner för att mäta höjder och skatta trädslagsfördelningar. I framtiden tror Holmen på kombinationer mellan flygfoto, satellitbilder och laserdata för att finna gallringsbehov (Karlsson, 2007).

2 Material och metoder

2.1 Systemanalys

En inledande undersökning var nödvändig för att få en övergripande uppfattning om vilka system som fanns ute på marknaden. Björn Nilsson och Mats Nilsson på SLU kunde delge en del system samt hänvisa vidare till Mikael Johansson på Lantmäteriet i Gävle. Vidare skedde internetsökningar för att finna fler system. Totalt identifierades 21 stycken system. Därefter skapades en enkät i samarbete med Daniel Flordal och Magnus Larsson på SCA Skog. Enkäten innehöll kravspecifikationer och frågor till återförsäljarna av system. Det viktigaste kravet var kompatibilitet gentemot ArcGIS, vilket SCA Skogs skogsGIS bygger på. Vidare ställdes frågor om tillgång till verktyg, support, rekommenderad hårdvara etc. För återförsäljarna av de system som var kompatibla med ArcGIS genomfördes ytterligare intervjuer för att få mer information om systemen. Intervjuerna skedde dels via e-post, dels per telefon. Studiebesök har skett till Lantmäteriet i Luleå och Gävle för att titta på ESPA respektive SocetSet. Tommy Lövgren på NaturGIS i Älvkarleby ställde upp och demonstrerade GeoSystems Delta DPS. Metria i Umeå besöktes där Karin Pramborg visade Summit Evolution och betraktningssystemet PlaNar.

Det bör påpekas att Geosystems Delta DPS ingick i den utökande undersökningen trots att det inte är kompatibilitet mot ArcGIS. Detta gjordes p.g.a. att det är ett komplett fotogrammetriskt system som används av många entreprenörer i landet.

Jag har även haft möjligheten att använda Summit Evolution eftersom SLU i Umeå har systemet. Summit har använts för förberedelser inför fältarbete samt till tolkningsövningar. En demoversion av PurView har laddats ned och undersökts.

2.2 Flygbildstolkning av gallringsbehov

2.2.1 Allmänt

Målet med bildtolkningsstudien är att utvärdera möjligheten att identifiera och avgränsa gallringsbehovet i flygbilder. För att kunna utföra studien anordnades praktiska försök där deltagarna okulärt i flygbilder och med hjälp av gallringsmallar och uppmätta skogliga variabler uppskattade och avgränsade gallringsbehovet på områden i Åsele och Piteå.

2.2.2 Flygbilder

Tolkningsmaterialet bestod av digitalt registrerade flygbilder över ett område nordöst om Åsele (registrerade med Zeiss/Intergraph DMC) och skannade analoga IR-bilder över ett område utanför Piteå. Flygbilderna över Åseleområdet fotograferades den tredje augusti 2006 från 4800 meters höjd. Avbildningsskalan är 1:40 000 och markupplösningen ca 0,5 m. Området över Piteå fotograferades den 10 augusti 2004 från 4600 meters höjd, vilket ger bildskalan 1:30 000. Efter skanning erhålls ungefär samma markupplösning som för de digitalt fotograferade bilderna. Fältinventeringen genomfördes hösten 2007. Genom att flygbilderna i Piteå var tre år gamla finns vissa möjligheter att dra slutsatser angående behovet av färskare flygbilder för bedömning av gallringsbehov.

2.2.3 Bildtolkning

Deltagarna i studien var två rutinerade bildtolkare, distriktspersonal från SCA Skog samt nybörjare i dessa sammanhang. De rutinerade bildtolkarna har båda mångårig erfarenhet av skoglig bildtolkning och har tidigare deltagit i bildtolkningsstudier och har då fått likvärdiga resultat. Ingen av dem hade dock någon större erfarenhet av att bedöma gallringsbehov i flygbilder.

De orutinerade flygbildstolkarna, dvs. SCA-personalen och nybörjarna, hade alla provat eller arbetat lite i stereobilder och i ortofoton i samband med fältarbete. De hade dock inte arbetat med digitala flygbilder. I samband med försöket fick de fylla i en enkät som gav information om tidigare erfarenheter och deras åsikter kring möjligheterna med flygbildstekniken. De fick även genomföra en kortare bildtolkningsutbildning i tolkningsutrustningen.

Beståndshöjden var den enda variabeln som mättes i flygbilderna. Massaslutenhet, trädslag och ståndortsindex bedömdes med stöd av referensytorna. Virkesförråd och grundyta fastställdes med hjälp av tabeller med höjd och massaslutenhet som ingångsvariabler (Johansson, 2008). Gallringsbehovet bedömdes okulärt med stöd av SCA Skogs gallringsmallar. För contorta användes gallringsmallar för tall, men med ett tillägg på två meter i ståndortsindex. Exempelvis bedömdes en avdelning med ståndortsindex C16 med stöd av gallringsmallen för T 18.

Försöket lades upp olika för de rutinerade respektive orutinerade bildtolkarna, vilket framgår nedan.

Rutinerade bildtolkare

De rutinerade bildtolkarna, ”proffstolkarna”, genomförde hela studien vid ett enda tolkningstillfälle, enligt arbetsgången nedan.

1. Mätning och tolkning av referensytor (ungskogar)
2. Mätning och tolkning av försöksytor (ungskogar)
3. Beståndsavgränsning av ett mindre område

Orutinerade bildtolkare

Försöket bestod i kortet av att de orutinerade bildtolkarna tränade på tolkning i bilder från Bispgården och Remningstorp. Därefter användes referensytor för att kalibrera in sig på de lokala förutsättningarna i Åsele och Piteå. När detta var gjort tolkades hälften av de skarpa ytorna på respektive område. Den andra delen av den skarpa tolkningen utfördes en vecka senare efter ytterligare tolkningsträning samt genomgång av resultaten från den föregående skarpa tolkningen. Uppdelningen av tolkningen i två steg var för att kunna utröna om någon utbildningseffekt uppstod. Mer dokumentation om tolkningsresultat och utbildningseffekt finns i Henrik Johanssons examensarbete (Johansson, 2008).

Hur försöket lades upp för de orutinerade bildtolkarna sammanfattas i nedanstående punkter.

1. Vänja sig med utrustning, övning av stereoseende, mätning och bildtolkningsövningar i olika skogstyper (Bispgården, Remningstorp)
2. Mätning och tolkning av referensytor (ungskogar)

3. Mätning och tolkning av 50 % av försöksytorna (ungskogar)
4. Uppehåll, möjlighet till fältbesök
5. Mätning och tolkning i olika beståndstyper (Remningstorp)
6. Jämförelse mellan fältdata och tidigare tolkade försöksytor ("feedback")
7. Mätning och tolkning av ytterligare referensytor
8. Mätning och tolkning av resterande 50 % av försöksytorna
9. Beståndsavgränsning av ett mindre område

Utbildningsdel - orutinerade tolkare (punkt 1 – 2, 4 – 7)

Den första delen av studien hade som huvudsyfte att tolkarna skulle lära sig hur man använder utrustningen samt att träna stereoseendet och kalibrera sina bedömningar med hjälp av ytor med kända beståndsdata (fältvärden). Materialet bestod av digitala bilder över Remningstorp och av inskannade analoga bilder över Bispgården. Bilderna över Bispgården var både svartvita och IRF. I båda dessa material användes fältinventerade data som facitvärden. Materialet har tidigare använts som underlag i skoglig utbildning och i liknande studier (Johansson, 2008).

I den andra delen av utbildningen var syftet att träna mer på höjdmätning, slutenhet och trädslagsblandning. Här identifierades och bedömdes även behovet av gallring okulärt men även med stöd av SCA Skogs gallringsmallar utifrån fem klasser: Akut gallringsbehov, Bör gallras, Kan gallras, Inget gallringsbehov och Lämplig täthet efter gallring (tabell 1). Övningen genomfördes i ungskogsytor (referensytor, avsnitt 2.3.1) som lagts ut på SCA:s marker i samma områden och beståndstyper som ingick i den skarpa tolkningen.

Tolkning av gallringsbehov - orutinerade tolkare (punkt 3, 8, 9)

Den tredje delen var den s.k. skarpa tolkningen. Materialet tolkades i två omgångar, med en veckas mellanrum. Innan den andra delen av den skarpa tolkningen genomfördes ytterligare en omgång med tolkning av referensytor. Mellan omgångarna fanns även tid till att vila och fältbesök. Syftet med ytterligare träning var att undersöka hur den påverkade de oerfarna tolkarnas skattningskvalitet.

2.3 Fältinventering

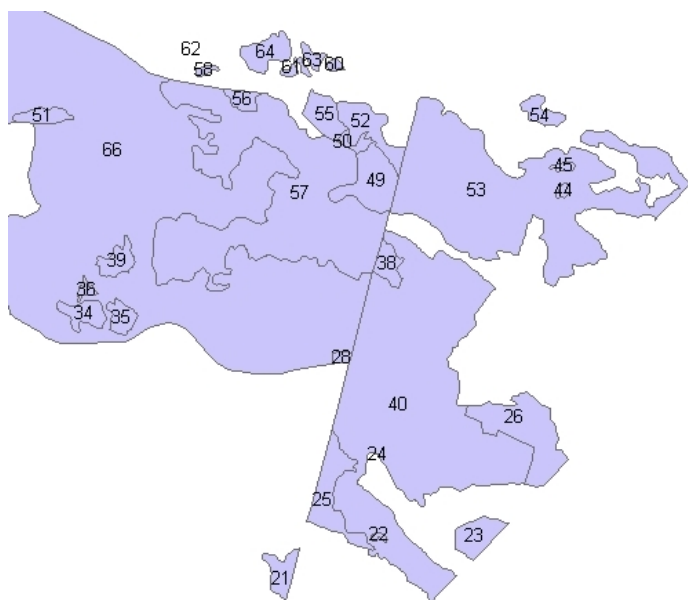
2.3.1 Referensytor

Referensytorna lades ut i unga homogena bestånd som valdes manuellt via flygbilder i samma beståndstyper som försöksavdelningarna. I Piteå togs 17 referensytor ut och 30 i Åsele. Samtliga ytor inventerades med s.k. relaskopinventering. Antalet provpunkter varierade med storleken på ytan. Höjden mättes på ett subjektivt utvalt träd per relaskoppunkt, som låg till grund för medelhöjden. Grundyta, trädslagsblandning, höjd, ålder och ståndortsindex noterades. Även gallringsbehovet bedömdes dels utifrån gallringsmallar men också okulärt (Johansson, 2008). Virkesförråd och slutenhet togs ut med tabeller enligt Jonson (1914). Materialet fungerade även som kalibrering för "tolkningsproffsen" inför beståndsindelningen och tolkningen.

2.3.2 Försöksavdelningar

Försöksavdelningarna valdes ut slumpmässigt med hjälp av Excel. Sammanlagt inventerades 15 avdelningar i Åsele och 17 avdelningar i Piteå. I figur 3 ses exempel på olika bestånd från Åsele.

Inventeringen av försöksavdelningarna gjordes genom cirkelyteinventering med objektivt utlagda ytor. Tio stycken provytor lades ut slumpmässigt i varje avdelning med hjälp av den rutin som Skogsstyrelsen använder för återväxtkontroller (Söderberg, 2007). Varje provytecentrum fick på så vis koordinater. För att hitta till provytorna användes GPS-navigering.



Figur 3. Utdrag på indelade bestånd med avdelningsidentitet.

Figure 3. Divided stands with stand identity.

Vid fältinventeringen klavades samtliga träd (>5cm) på en cirkelyta med radien 7 meter med Haglöf dataklave DigiTech Professional. Löpande med klavningen slumpades provträd ut med en frekvens på 5 %. Det genererade ungefär 2-3 provträd på varje provyta. På provträden mättes höjd och grönkrongräns. När alla träd på ytan var klavade togs ett övrehöjdsträd ut subjektivt. På övrehöjdsträdet mättes höjd och brösthöjdsålder. Ståndortsindex bestämdes enligt boniteringssystemets ståndortsfaktormetod (Hägglund & Lundmark, 1987).

Utgångspunkten var att fältuppskattningen skulle betraktas som det sanna värdet, eller åtminstone det värde som låg närmast sanningen (Bergström, 1992). En objektiv inventeringsmetod ger sällan helt väntevärdesriktiga resultat (Ståhl, 1992). Det beror på att alla inventeringar innehåller subjektiva moment. I vår fältinventering försökte vi minimera de subjektiva momenten så gott det gick.

2.4 Databearbetning

Efter fältinventeringen skattades volym trädslagsblandning, massaslutenhet, grundyta etc. för samtliga avdelningar. Medelhöjd, övrehöjd och volymen beräknades direkt av dataklavens program. Dataklaven använder Göran Brandels mindre funktion som kuberingsmetod (Brandel, 1990). Grundytan beräknades för varje provyta och trädslag utifrån den totala stämplingslängdens inklavade träd. Därefter beräknades en medelgrundyta för varje avdelning.

Trädslagsfördelningen beräknades utifrån medelgrundytan från de olika trädslagen. Därefter avrundades de till hela tiondelar.

Den fältmätta slutenheten beräknades med hjälp av Jonsons formler för fullslutna bestånd (Jonson, 1914) enligt formeln nedan.

Fältmätt slutenhet = fältmätt volym/full volym

$$\text{Full volym} = ((T/10*6*H^{4/3})+(G/10*4,2*H^{3/2})+(L/10*5,7*H^{4/3})+(C/10*6*H^{4/3}))$$

T = Trädslagsfördelning tall i tiondelar

H = Grundytevägd medelhöjd i meter

G = Trädslagsandel för gran i tiondelar

L = Trädslagsandel för löv i tiondelar

C = Trädslagsandel för contorta i tiondelar

Gallringsbehovet delas enligt SCA Skogs gallringsmallar in i fem klasser (Så här ska du gallra, 2006):

1. Lämplig täthet efter gallring
2. Inget gallringsbehov
3. Kan gallras
4. Bör gallras
5. Akut gallringsbehov

För att gallringsbedömningen ska bli lättare att bedöma vid flygbildstolkning delas de i denna studie in i tre klasser (1 – Inget gallringsbehov, 2 – Kan gallras och 3 - Akut gallringsbehov), vilka visas i tabell 1.

Tabell 1. Ny indelning för bedömning av gallringsbehov

Table 1. New classes for evaluation of thinning need

Gallringsbehov, SCA Skogs mallar (5 klasser)	Ny indelning (3 klasser)
1. Lämplig täthet efter gallring	1. Inget gallringsbehov
2. Inget gallringsbehov	1. Inget gallringsbehov
3. Kan gallras	2. Kan gallras
4. Bör gallras	2. Kan gallras
5. Akut gallringsbehov	3. Akut gallringsbehov

3 Resultat

3.1 Undersökta System

I dagsläget finns det ett stort antal system för digital fotogrammetri och fjärranalys ute på marknaden. Det finns kompletta system så kallade digitala fotogrammetriska arbetsstationer som klarar av komplicerade operationer som orientering av flygbilder, skapande av digitala höjdmodeller (DEM), ortofotomosaik etc. Det finns även enklare system som inte har alla funktioner men som har möjligheter för editering i 3D direkt till GIS program som ArcGIS. Dessa varianter är en typ av tillbehör (extensions) till GIS programvaror. Marknaden utvecklas och förändras snabbt, t.ex. köps många system upp av större aktörer. Det förekommer även att utvecklare av systemen samarbetar och erbjuder andra utvecklades applikationer som komplement till sina egna programvaror.

För att kartlägga vilka system som finns på marknaden och vilka av dessa som är kompatibla med ArcGIS skickades en enkät ut till 21 stycken återförsäljare via e-post. Av praktiska skäl var det nödvändigt att sätta ett sista svarsdatum. I tabell 2 nedan framgår vilka de kontaktade systemleverantörerna är, de som svarat inom den utsatta tiden och vilka system som är kompatibla med ArcGIS.

Tabell 2. Kontaktade system, kompatibilitet med ArcGIS samt svar inom angiven tidsfrist

Table 2. Systems contacted for the study, compability with ArcGIS and answer within the time limit

Nr	System	Kompabilitet, ArcGIS	Svarat på e-post
1.	DAT/EM (Summit)	Ja	Ja
2.	ESPA	Ja	Ja
3.	Leica	Ja	Ja
4.	PurView	Ja	Ja
5.	SocetSet	Ja	Ja
6.	DVP	Ja	Ja
7.	Geosystem	Nej	Ja
8.	VrTwo	Nej	Ja
9.	Photomod	Nej	Ja
10.	Softplotter	Nej	Ja
11.	VirtuoZo NT	Nej	Ja
12.	uSMART	Nej	Ja
13.	ATLAS/DSP	-	Nej
14.	PhoTopoL Atlas	-	Nej
15.	DDPS	-	Nej
16.	Digi	-	Nej
17.	SISCAM	-	Ja
18.	PhotoModeler	-	Ja
19.	Integraph	-	Nej
20.	INPHO	-	Ja
21.	PCI/Ortoengine	-	Ja

Det inkom 16 svar från de 21 tillfrågade återförsäljarna. Det kan tilläggas att SISCAM meddelade att det pågår en omorganisation ett halvår framåt vilket utesluter deras system i dagsläget. PhotoModeler erbjuder bara lösningar i 2D och är således inget alternativ. INPHO och PCI/Ortoengine har gått ihop med DAT/EM (Summit) och rekommenderade det systemet. Intergraph svarade inte inom utsatt tid.

3.1.1 Kompabilitet

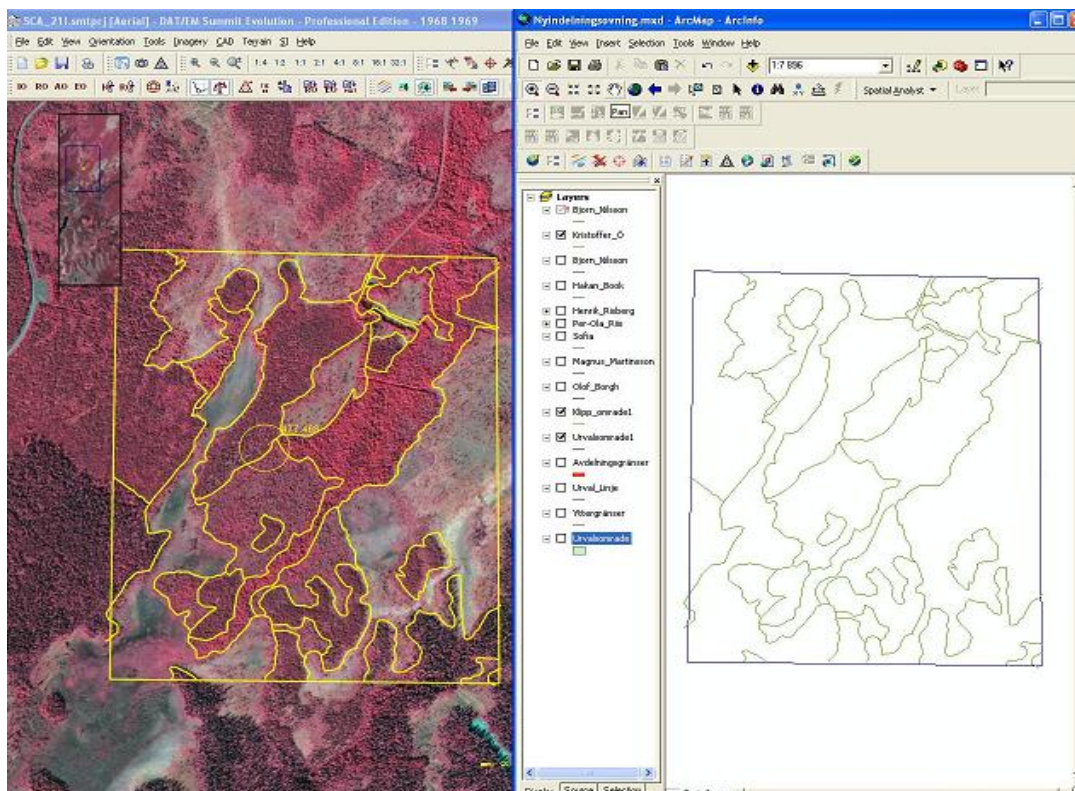
Utifrån svar från återförsäljare till systemen har ett första urval gjorts med hänsyn till kompabiliteten gentemot SCA Skogs SkogsGIS. Eftersom SkogsGIS bygger på ArcGIS har kompabilitet med ArcGIS likställts med kompabilitet med SkogsGIS. Med kompabilitet menas att det skall gå att kartera och editera direkt i ArcGIS (ArcMap) medan man ser i 3D, se figur 4.

Många av systemen är s.k. standalone, d.v.s. det fungerar att digitalisera i systemet utan att använda något externt program för detta. ESPA, Geosystem, DVP och Leica är exempel på system med standalonefunktion. Andra system som t.ex. Summit Evolution kräver ett digitaliseringsprogram som ArcGIS, AutoCad eller MicroStation.

Vissa system erbjuder konvertering till shape-filer som kan importeras till ArcMap, dessa ingår ej i den fortsatta utvärderingen. Det bör dock påpekas att t.ex. GeoSystem har planer på att inom kort erbjuda en lösning för ArcGIS (Holm, 2007). Av det skälet samt därför att ett flertal entreprenörer redan använder GeoSystem för skogliga ändamål tas systemet med i den fortsatta systemanalysen.

De flesta system har Microstation som standardprogram för kartering medan ett antal erbjuder lösningar för både Microstation, AutoCAD och ArcGIS. Systemet DVP skriver att de har en "JavaScript engine" vilket gör att de kan skriva plugins för system som kan skicka 3D-koordinater (Claassen 2007). Detta vore en möjlig väg för bl.a. GeoSystem att länka sitt system till ArcGIS.

SLU i Umeå använder idag Summit Evolution för det tolkningsarbete som utförs inom NILS och baskarteringen i Natura 2000. De tester som genomförts visar att kopplingen mot ArcGIS fungerar bra i denna programvara. System som Leica och SocetSet påpekar att de har ett nära samarbete med ESRI som tillverkar ArcGIS vilket borde trygga för en god kompabilitet (Ravhed, 2007; Mort, 2007). För att riktigt försäkra sig om att kompabilitet mot SkogsGIS fungerar bra bör man prova systemet skarpt innan det introduceras i organisationen. Under studiebesöket hos Lantmäteriet i Luleå testades kompabiliteten mellan ESPA och ArcMap. Det gick bra att kartera och editera direkt mot ArcMap, det fanns också goda möjligheter att anpassa linjetyper och färger mellan de båda systemen för att få samma utseende i ESPA och i ArcGIS.



Figur 4. Kompatibilitet med ArcGIS är ett måste för SCA, bild från nyindelingsövning i Summit Evolution.

Figure 4. Compability with ArcGIS is necessary for SCA, picture from the exercise in Summit Evolution.

Efter ett urval av de 16 tillgängliga systemen med avseende på kompatibilitet med ArcGIS återstod sex stycken. De kompatibla systemen, samt GeoSystem, visas i tabell 3.

Tabell 3. System som är kompatibla med ArcGIS

Table 3. Systems compatible with ArcGIS

Nr	System	Tillverkare	Land	Återförsäljare
1.	Summit	DAT/EM	USA	Scandig Systems AB
2.	ESPA	ESPA Systems	Finland	Metria
3.	Leica	Leica Geosystems AB	Schweiz	T-Kartor
4.	PurView	I.S.M. International Systemap Corp	USA	ISM Europe S.A.
5.	SocetSet	BAE Systems	USA	BAE Systems
6.	DVP	GroupeALTA	Kanada	GroupeALTA
7.	GeoSystem*	GeoSystem	Ukraina	Landfocus

*) Geosystem är med i analysen trots att det inte är kompatibelt med ArcGIS.

*) *Geosystem is in the study despite non compatible with ArcGIS.*

3.1.2 Mjukvarupris och programpaket

Systemen har som regel ett utbud på flera olika programpaket. Programpaketerna varierar mycket prismässigt och prestationsmässigt. Det är därför relativt svårt att göra en prisjämförelse av systemen beroende på att olika tillverkare erbjuder olika funktioner i sina paketlösningar. De olika funktionerna som erbjuds i programpaket och applikationer är bl.a.: koppling till ArcGIS, editeringsprogram i 3D, bildbehandlingsprogram, generering av terrängmodeller, ortofoton och ortofotomosaik, blocktriangulering, program för orientering

av bilder, program för laserdata. Ungefärliga priser för de ArcGIS-kompatibla systemens olika programpaket redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Priser för mjukvara. Priser i fet stil är paketslösningar med ungefär samma prestanda
Table 4. Prices for software. Highlighted prices are package solutions with a comparable performance

System	Prisintervall programpaket SEK	Årlig avgift	Nödändig tilläggsmodul	Totalt SEK
GeoSystem*	36 900	20 % av belopp		36 900
PurView	3 200 - 42 250	Ingen uppgift		3 250 - 42 250
ESPA	59 000 - 169 000	15 % av belopp		59 000 - 169 000
Leica	22 000 - 115 000	15 % av belopp	35 000	79 000 - 150 000
DVP	83 000 - 172 250	Ingen uppgift		83 850
Summit	16 250 - 126 750	17 225		94 250
SocetSet	117 000 - 123 500	13 403		117 000

*) Geosystem är med i analysen trots att det inte är kompatibelt med ArcGIS.

*) *Geosystem is in the study despite non compatible with ArcGIS.*

3.1.3 PurView

PurView är en extension som integreras med ArcGIS. Det är alltså ingen fotogrammetrisk arbetsstation i sig. Systemet erbjuder tre olika programpaket dessa visas tillsammans med priser i tabell 5. Det enklaste programpaketet, PurView-Explorer används främst till att öppna och titta på levererade bilder som används i ArcView. Detta är inget alternativ för SCA Skog eftersom man bara kan editera i 2D men priset för detta är 3 250 SEK.

Det andra alternativet är PurView-Standard som kan användas i ArcView eller ArcEditor och kostar 9 750 SEK med detta kan man editera och digitalisera direkt i en 3D geodatabas. Proffsversionen kostar 42 250 SEK och heter PurView-MX och den används i ArcEditor (PurView, 2007). Angående årlig avgift för uppgraderingar av programvara och support förekommer inga uppgifter.

PurView erbjuder ingen funktion för att skapa ortofoton men påpekar att ArcGIS Image Server erbjuder detta. Det finns även applikationer så som Earth Science vilken används inom det kanadensiska skogsbruket. Med den kan man mäta trädhöjder, kronslutenhet o.s.v. (Wong, 2007). PurView har ett enkelt gränssnitt och dess standard verktygsfält visas i figur 5 nedan.

Tabell 5. PurViews utbud av programpaket (PurView, 2007)

Table 5. PurViews range of program packages (PurView, 2007)

Paketlösning	Pris \$	Pris SEK
PurView-Explorer	\$500	3 250
PurView-Standard	\$1 500	9 750
PurView-MX	\$6 500	42 250



Figur 5. Standard verktygsfältet i PurView (PurView, 2007)

Figure 5. Standard tools in PurView (PurView, 2007)

3.1.4 ESPA

ESPA har även de tre paketlösningar: ESPA 3-D Package, ESPA Production Package samt ESPA Full Package. De kostar i tur och ordning 59 000, 110 000 och 169 000 SEK. Vilka programmoduler som ingår i de olika programpaketen redovisas i tabell 6. Nedan följer en kort beskrivning av de olika modulernas funktion:

- **EspaGate** är länken mellan 3D-systemet och GIS systemet. Erbjuder en möjlighet att bygga in EspaCity stereoscopic i SkogsGIS (Öryd, 2007a). Det finns möjligheter att utveckla kopplingen för att förbättra attributsättningen vilket Lantmäteriet har gjort (Smaaland & Wallner, 2007).
- **EspaCity** används vid traditionell datainsamling i 3D. Har en funktion som automatiskt hittar höjden över terrängen för 3-D mätmärket. Espa City visas i figur 6.
- **EspaOrtho** är program för att skapa ortofoton och ortofotomosaik.
- **EspaBlock** och **EspaBundle** har funktioner för orientering och blocktriangulering.
- **EspaKernel** har funktioner för orientering av modeller och bildbehandling av flygbilder, förbereder bilderna inför stereobetraktandet.
- **ESPA-Engine** har funktioner för att hantera stora datamängder bl.a. laserdata (ESPA Systems, 2007).

För att få tillgång till support och uppdateringar av programvaran krävs ett årligt supportavtal som kostar 15 % av priset på programvara (Öryd, 2007a).

För SCA Skog som inte är intresserade av blocktriangulering etc. kan det räcka med det första paketet. Om det finns behov kan en licens köpas in centralt för framställning av ortofoton. I dagsläget finns det ca 70 licenser av ESPA i Sverige varav Lantmäteriet har ca 55 st (Öryd, 2007b).

Tabell 6. ESPAs utbud av programpaket (Öryd, 2007a)

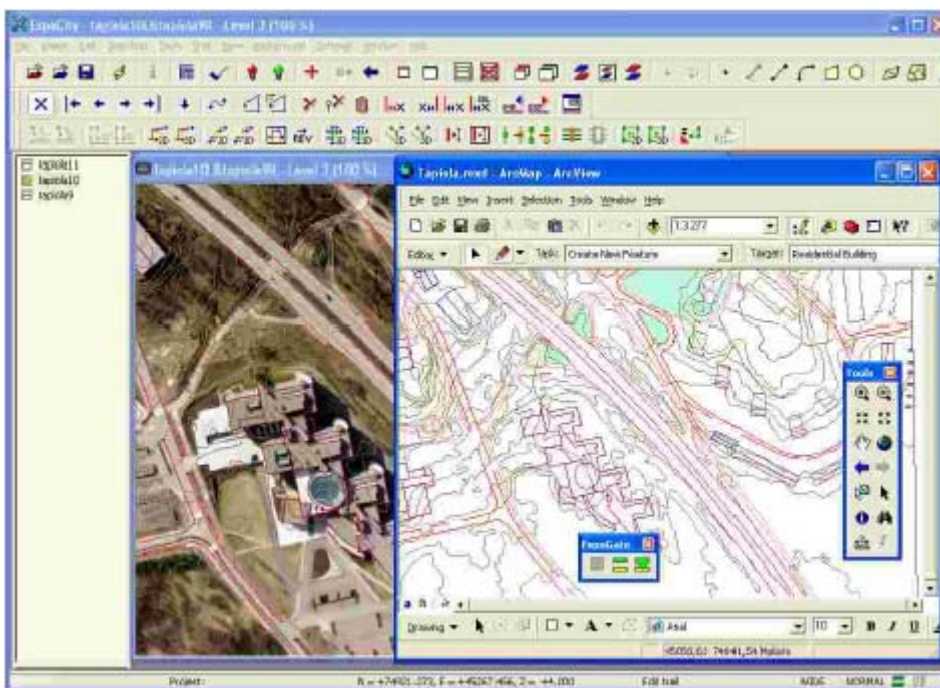
Table 6. The range of ESPA:s program packages (Öryd, 2007a)

Paketlösning	E-Kernel	E-City	E-Gate	E-Block	E-Bundle	E-Ortho	Pris SEK
ESPA 3-D Package SEK	X	X	X				59 000
ESPA Production Package SEK				X	X	X	110 000
ESPA Full Package SEK	X	X	X	X	X	X	169 000

Det är även möjligt att köpa till enskilda programmoduler. Priset för dessa redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Programtillägg och kostnader (Öryd, 2007a)
Table 7. Additional programs and their costs (Öryd, 2007a)

Programtillägg	Pris SEK
EspaKernel	14 000
EspaBlock	70 000
EspaOrtho	70 000
EspaCity	56 000
EspaCR	35 000



Figur 6. EspaCity, karteringsprogrammet (Öryd, 2007c)
Figure 6. EspaCity, mapping program (Öryd, 2007c)

3.1.5 SocetSet

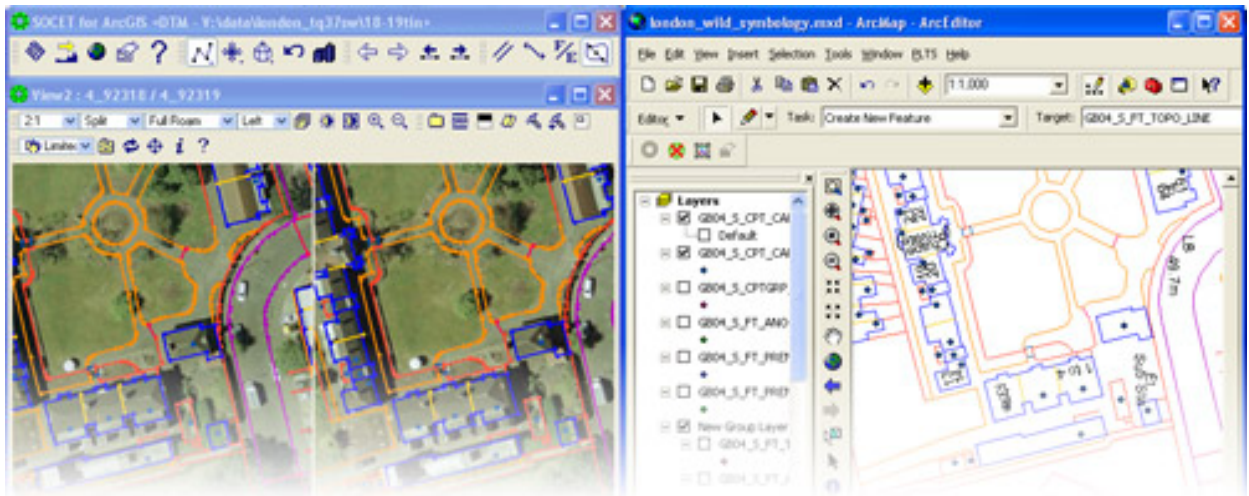
SocetSets proffsversion kostar vanligtvis 357 500 SEK men för att kunna titta i 3D, digitalisera och mäta höjder räcker det med modulerna CORE, STEREO och SOCET for ArcGIS. Dessa tre moduler kostar 117 000 SEK. För att lägga till en modul till som återförsäljaren rekommenderar, nämligen Feature Extraction ökar priset med 6 500 SEK till 123 500 SEK. Dessutom erbjuds en stor mängd med tillvalsapplikationer för diverse ändamål. Ett exempel på SocetSet:s kompatibilitet med ArcGIS ses i figur 7.

Nedan en kort beskrivning av de olika modulernas funktion.

- **CORE** är basmjukvaran för de flesta andra moduler och används bland annat för att skapa modeller.
- **STEREO** modulen gör det möjligt för stereobetraktning, data insamling samt bildhantering.
- **SOCET for ArcGIS** modul för kopplingen mellan SocetSet och ESRI's ArcMap.
- **Feature Extraction** används för att digitalisera punkter, linjer och polygoner i 3D (SocetSet, 2008).

Det tillkommer en årlig support- och serviceavgift på 13 403 SEK dock ej det första året efter köp av systemet (Mort, 2007).

BAE systems har utvecklat en applikation NGATE som automatiskt skapar höjdmodeller från flygfotografier. Den nya algoritmen som programmet bygger på är en stor förbättring gentemot äldre metoder för att generera höjdmodeller (SocetSet, 2007).



Figur 7. SocetSet for ArcGIS, karteringsprogram (SocetSet, 2007)

Figure 7. SocetSet for ArcGIS, mapping program (SocetSet, 2007)

3.1.6 Leica

Leica som har gått ihop med ERDAS erbjuder fyra programpaket. Dessa är: Erdas Imagine Essential, Erdas Imagine Advantage, Erdas Imagine Professional och Leica Photogrammetry Suite Core (inkluderar Erdas Imagine Professional) Priserna är i tur och ordning 22 000, 44 000, 77 000 och 115 000 SEK. Priset för support och uppgraderingar av programvaran är 15 % av inköpspriset (Ravhed, 2007). Programpaket och priser för dessa visas i tabell 8.

StereoAnalyst är en tilläggsmodul för att bl.a. mäta höjder, den kommer att krävas vid ett eventuellt köp. Kostanden för StereoAnalyst är 35 000 SEK. Advantage erbjuder möjligheten att skapa enskilda ortofoton och mosaik.

För att smidigt kunna skapa stereomodeller med kompletta orienteringsdata krävs tillgång till LPS Core. I LPS Core kan även ortofoton skapas (Ravhed, 2007). Ett alternativ för SCA Skog är därför att man har en licens av LPS Core och sedan fler licenser med Imagine Advantage för själva arbetet ute på distrikten. Eller så kan man köpa färdiga stereomodeller av Lantmäteriet.

Tabell 8. Leicas programpaket (Ravhed, 2007)

Table 8. Leicas range of program packages (Ravhed, 2007)

Programpaket	Pris SEK
Erdas Imagine Essential	22 000
Erdas Imagine Advantage	44 000
Erdas Imagine Professional	77 000
Leica Photogrammetry Suite Core (inkluderar Erdas Imagine Professional)	115 000

Nedan följer en beskrivning av de olika programpaketen.

- **Imagine Essential** erbjuder grundverktygen för digitalisering och visualisering.
- **Imagine Advantage** är mellanklassen som bygger på Imagine Essential men erbjuder mer avancerad digitalisering och bildhantering. Erbjuder bl.a. möjlighet till att skapa ortofoton och ortofotomosaik.
- **Imagine Professional** är den mest avancerade versionen som bygger vidare på Imagine advantage. Där kan man analysera radarbilder och utföra mer avancerad bildbehandling.
- **LPS Core** innehåller allting man behöver för att omvandla bilder till georefererade data (Ravhed, 2007).

3.1.7 Summit Evolution

Summit Evolution erbjuder tre paketlösningar, se tabell 9. Summit Viewer är en billig variant för att titta på stereomodeller och vektordata i 3D. Summit Feature är mellanklassmodellen som även ger möjlighet att digitalisera i 3D. Den sista varianten är proffsmodellen och heter Professional. Den innehåller alla finesser i Summit Evolution. Priset för de tre varianterna är: 16 250, 94 250 respektive 126 750 SEK. Dessutom tillkommer en årlig avgift på 17 225 SEK för varje licens, rabatt utgår om man beställer flera licenser (Persson, 2007). Summit Evolution används i 50 länder världen över och av 350 företag (Summit Evolution, 2007).

Den enklaste modellen Summit Viewer är inget alternativ för SCA eftersom den inte stöder fångst av 3D-data till ArcGIS. Däremot kan Summit Feature användas för att mäta och kartera 3D-data direkt i ArcGIS. Feature har inget stöd för att orientera stereomodeller men orienteringsdata kan importeras vilket gör att man inte behöver färdiga Summitprojekt (Persson, 2007). För mer prestanda angående de olika paketlösningarna se figur 8.

Tabell 9. Summit Evolutions programpaket (Persson, 2007)

Table 9. Summit Evolution and the range of program packages (Persson, 2007)

Paketlösning	Pris \$	Pris SEK
Summit Viewer	\$2 500	16 250
Summit Feature	\$14.500	94 250
Summit Professional	\$19 500	126 750

Features	Professional	Feature Extraction	Viewer
<u>Super/Imposition</u>	Yes	Yes	Yes
<u>Map/Editor</u>	Yes	Yes	Yes
<u>Full Range of Panning and Zooming</u>	Yes	Yes	Yes
<u>User documentation and one year technical support</u>	Yes	Yes	
<u>Project Overview</u>	Yes	Yes	
<u>3D Capture for AutoCAD, MicroStation or ArcGIS</u>	Yes	Yes	
<u>Terrain Following</u>	Yes	Yes	
<u>Image Creator</u>	Yes	Yes	
<u>The ability to measure and modify orientations</u>	Yes		
<u>AT measurement and export</u>	Yes		
Optional Software			
<u>INPHO Match-T</u>	Yes	Yes	
<u>INPHO Match-AT</u>	Yes	Yes	
<u>INPHO OrthoMaster or OrthoVista</u>	Yes	Yes	
<u>INPHO Capture Contour</u>	Yes	Yes	

Figure 8. Prestanda för Summits tre programpaket (Summit Evolution, 2007).

Figure 8. Performance for Summits program packages (Summit Evolution, 2007).

3.1.8 DVP

DVP erbjuder ett programpaket som heter ALTA Photogrammetry Suite, det innehåller fyra applikationer: IBP, Orientation, DVP och OrtoMosaic. Priset för ALTA Photogrammetry Suite är 172 250 SEK (Claassen, 2007).

DVP (Vectorisation) Module är tillräcklig om man bara vill beståndsavfatta och mäta trädhöjder samt digitalisera i 3D. Priset för detta är 83 850 SEK. I detta programpaket ingår basfunktioner som import av orienteringsdata, och bildbehandlingsfunktioner (Claassen, 2007). Det förekommer ingen information angående årliga avgifter för uppgradering av programvara eller support men i likhet med de andra tillverkarna är det troligt att detta är fallet även med DVP.

Beskrivning av applikationerna:

- **IBP:** Image Batch Processing används som bildhanterings och manipuleringsprogram.
- **Orientation:** Är ett program för att orientera och förbereda 3D modellerna. Det finns även möjligheten till skapandet av ortofotomosaik.
- **DVP:** är själva datafångstprogrammet med dess verktyg samt kopplingen till ArcGIS.
- **OrtoMosaic:** Är programvaran som gör det lätt att skapa ortofoton (Claassen, 2007).

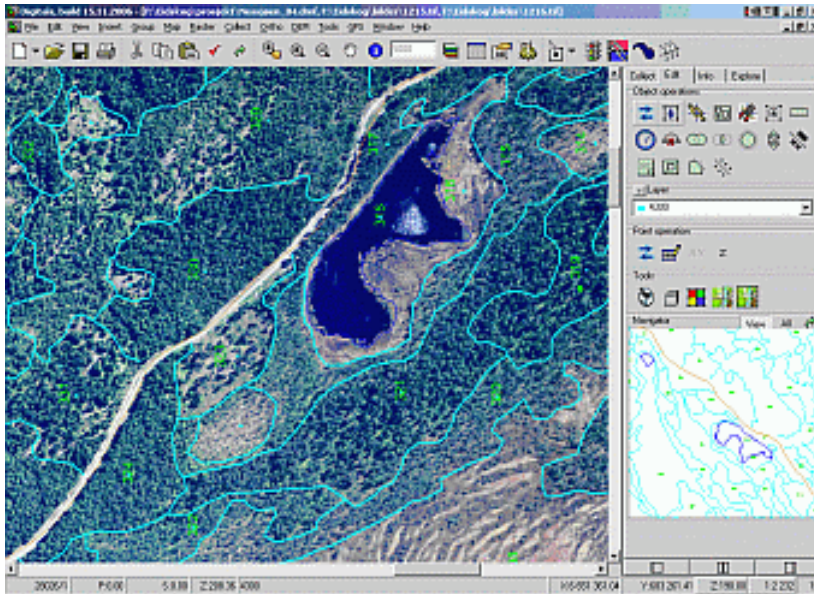
3.1.9 Geosystem

Geosystem har en basmodul som vid behov kan utökas med flera moduler. GeoSystem är ett prisvärt system men saknar direkt koppling till ArcGIS (Holm, 2007). Delta DPS är en helhetslösning för digital fotogrammetri och täcker alla behov från blocktriangulering till 3D-betraktning, ortofoto och utskrifter av kartor (Fjärranalys, 2007). I figur 9 visas användargränssnittet för Delta DPS.

Geosystems moduler är:

- **Digitals** – Basmodul för kartering och kartografi kostar 17 000 SEK.
- **Models** – Tilläggsmodul för import av orienteringsdata, stöd för stereobetraktning i Digitals och modellvis orientering kostar 9 000 SEK.
- **Ortho** – Digitala höjdmodeller och ortofoto (10 900 SEK)

Totalt blir kostnaden 36 900 SEK sedan tillkommer en årlig avgift på 20 % av programvarupriset vilket resulterar i en kostnad på 7 380 SEK. Dock är första året avgiftsfritt (Holm, 2007).



Figur 9. Delta DPS (Fjärranalys, 2007).

Figure 9. Delta DPS (Fjärranalys, 2007).

3.1.10 Verktyg och funktioner

Det är väldigt viktigt att ett system har en bra uppsättning verktyg och finesser som underlättar mättnings- och registreringsarbetet. Ett exempel på verktyg som underlättar för en stereoperatör är Summits verktyg för beräkning av medelvärde för ett valfritt antal höjdmätningar. Flera av systemen i denna analys påpekar att det går lätt att skapa egna skript som t.ex. kan returnera en volym vid inmatning av medelhöjd och massaslutenhet. I tabell 10 visas de undersökta systemen och dess förmåga att anpassas av användaren.

Man skall inte heller underskatta möjligheten att i ArcGIS skapa verktyg till hjälp vid mätningar och skattningar i 3D-systemet eftersom ArcGIS används simultant vid digitaliseringen.

Förslag på funktioner som kan komma att effektivisera arbetsflödet vid mätningar och uppskattningar i ett system är följande:

1. Formtalsberäkning (Formtalet används sedan för att beräkna grundyta utifrån volym och beståndshöjd). Nils Broman på SLU har skapat funktioner för detta (Broman, 1994). Kan data från mätverktyg i karteringssystemet gå direkt in i en funktion som denna effektiviserar arbetsgången ännu mer.
2. Medelhöjd beräknas för ett flertal mätpunkter.
3. Beräkning av volym.
4. Skattning av gallringsbehov.
5. Rutnät (grid) för utläggning av ”objektiva” provytor som hjälp vid uppskattningar (Borgh, 2007).
6. Ungefärlig omvandling mellan medelhöjd/ÖH beroende på trädslag, ålder etc.
7. Möjlighet till lagring av punkter med mätta data. T.ex. att det mätta höjdvärdet lagras för varje punkt som mäts i ett bestånd och dessutom kan visas på kartan (Nilsson, 2007a).
8. Funktion som räknar ut standardavvikelse för en mätserie (Borgh, 2007).
9. Funktioner för rimlighetskontroller av mätt data t.ex. summa trädslag = 100 % (Borgh, 2007)
10. Automatisk uppdatering av funktionsresultat vid rättning (editering) och borttagning av enskilda mätningar (Borgh, 2007)

Tabell 10. Systems verktygsutbud och möjligheten att anpassa dem

Table 10. The systems range of tools and the ability to adopt them

Namn	Anpassa verktyg	Skogliga verktyg	Hanterar Polygoner
Leica	Ja	Ja (om Lidar data)	Ja
ESPA	Ja	Ja	Ja
PurView	-	Ja	Ja
Geosystem	Ja	Ja	Ja
DVP	Ja	Ja	Ja
Socet Set	Ja	Nej	Ja
Summit	Ja	Ja	Ja

Leica erbjuder anpassade verktygsfält för användarna. Ett verktyg som finns är att markören under stereobetraktandet automatiskt ställer sig i höjden för t.ex. marknivå. Dock är denna funktion inte tillräckligt precis vid höjdmätningar av träd och fungerar dåligt i skog. Vidare erbjuder Leica ett analysverktyg för laserdata. (Ravhed, 2007)

ESPA menar att verktygsfälten är editerbart av användaren. EspaCity hittar automatiskt höjden över terrängen för 3-D mätmärket genom bildmatchning. När mätmärket befinner sig ovanför terrängen visas en röd punkt bredvid mätmärket. Punkten ändras till gul för att sedan visa ett grönt sken när mätmärket är i höjd med terrängen, se figur 10. Tekniken bygger på automatisk bildmatchning som inte fungerar i tät skog. Det finns även möjligheten att anpassa mätmärket efter operatörens önskemål. Det är även möjligt att importera mätmärken (Öryd, 2007a).

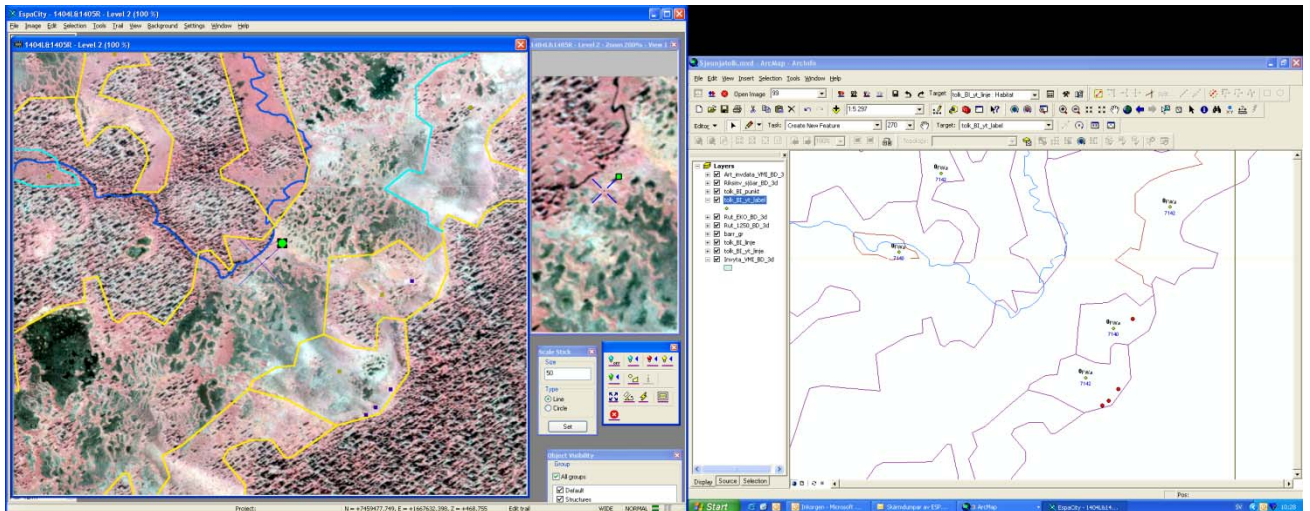


Figure 10. Mätmärket visar grönt vid rätt nivå i terrängen (Wallner, 2007).

Figure 10. The floating-mark shows green at the right level in the terrain (Wallner, 2007).

Det finns två sätt att betrakta mätmärket och bilden vid t.ex. höjdmätningar. Den första varianten är att bilden är fixerad och mätmärket rör sig i z-led. Den andra är att bilden rör sig och mätmärket är stilla. En nackdel med ESPA är att mätmärkets lägen inte syns i ArcMap. För att underlätta arealbedömningen vid kartering finns en skalstock vid mätmärket (Smaaland; Wallner, 2007).

Det finns även funktioner för att automatiskt mäta terrängpunkter från flygbilderna (Smaaland, 2007; Wallner, 2007). ESPA har tillgång till skogliga verktyg och företaget är inte så stort att skogbranschen glöms bort vid utveckling av fler verktyg (Öryd, 2007a).

PurView är kompatibelt med alla standardanpassningsbara verktygen i ArcGIS. Systemet erbjuder inga automatiska verktyg men påpekar att det i praktiken inte fungerar med verktyg som automatiskt finner marken och trädtopparna. Återförsäljaren av systemet vill betona att PurView har ersatt DiAP-Viewer som förr var ett standardprogram inom det Kanadensiska skogsbruket (Wong, 2007).

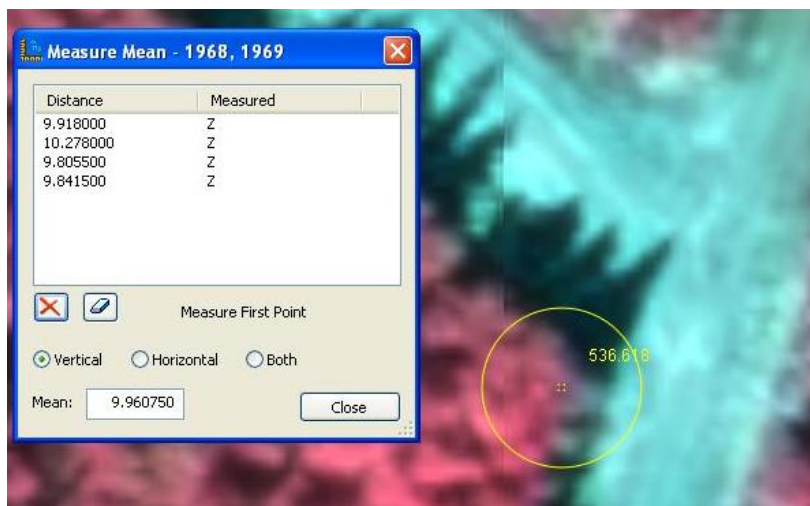
GeoSystem har möjligheten att anpassa och skapa egna verktygsfält och funktioner. Automatiska verktyg som finns är bl.a. ett verktyg där markören automatiskt placeras i marknivå. Verktyg finns för beräkning av medelhöjden osv. Funktioner kan skapas som tar in uppmätta, uppskattade attributvärden och returnerar svar (Holm, 2007).

DVP har möjligheten att anpassa verktygen inom programmet tack vare en JavaScript motor. Här finns även en funktion för att finna marken. Mätverktyg finns för bl.a. avstånd, medelhöjder, lutningar, areor, volymer etc. Leverantören påpekar att med JavaScript kan man tillverka egna verktyg t.ex. att genom trädhöjden och slutenheten få ut volymen (Claassen, 2007).

SocetSet har många mätverktyg för enkla mätningar så som höjd, längd, lutning, vinkel etc. Inga skogliga verktyg finns för att t.ex. automatiskt finna trädhöjden. (Mort, 2007)

Summit påpekar att det går bra att anpassa verktyg där data är lagrat, i detta fall ArcGIS. ArcGIS erbjuder många möjligheter att anpassa egna verktyg genom ArcObject och VB, .NET, C++, VBA och Python. Summit har skapat ett verktyg där medelhöjden beräknas för

ett valfritt antal höjdmätningar, se figur 11. Det finns även allmänna verktyg som t.ex. beräkning av lutning och avstånd. Mätmärket är anpassningsbart och möjligheten finns att visa tvåfärgade mätmärken. Detta är en fördel om terrängen har varierande färg. Det är också möjligt att skapa cirklar runt mätmärket med olika radier som kan användas som provytor eller som storleksreferens för t.ex. minsta karteringsenhet (Persson, 2007). Upp till tre cirklar med olika färg kan visas samtidigt.



Figur 11. Mätverktyg i Summit Evolution som beräknar medelvärdet av ett antal höjdmätningar.
Figure 11. The Measure Mean Tool in Summit Evolution calculates an average of a set of height measurements.

3.1.11 Orientering av modeller och skapande av projekt

För att uppnå stereoseende och för att kunna mäta skalriktigt måste flygbilderna orienteras. Detta sker genom s.k. inre och yttre orientering (Ekelund, 1993). Den inre orienteringen är redan genomförd för digitala flygbilder från digitala mätkameror t.ex. Zeiss Intergraphs DMC. Inre orientering behöver alltså inte utföras för digitala bilder från vissa digitala mätkameror men måste alltid utföras för skannande analoga bilder (Holm, 2007).

Vid automatiska funktioner för relativ orientering jämför programvaran pixlar i båda bilderna och bestämmer relativa punkter som matchar varandra. Man kan även manuellt markera matchande punkter i de två flygbilderna. Vid absolut orientering nyttjar man stödpunkter på marken med kända koordinater för att anpassa stereomodellen till det aktuella koordinatsystemet, t.ex. RT90 eller SWEREF99. Nedan i figur 12 ges exempel på hur yttre orienteringsdata kan se ut. x, y och z är vanlig geografisk koordinatinformation medan omega, phi och kappa visar flygplanets (kamerans) vridning vid fotograferingen.

Id	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
42505	412201.478	4632874.924	1201.178	-0.14279	-0.528406	-0.115582
42506	412383.026	4632879.978	1201.852	0.19784	-0.519646	-0.412889
42507	412570.714	4632882.616	1202.189	0.447223	-0.619673	-0.175252
42508	412750.781	4632884.014	1202.654	0.545975	-0.671262	-0.174108

Figur 12. Exempel på (yttre) orienteringsdata.
Figure 12. Example of (exterior) orientation data.

GeoSystem

Vid blocktriangulering kan rammärken och konnektionspunkter mätas semiautomatiskt m.h.a. metoder som baseras på korrelation mellan bilderna. Bilder behöver inte blocktrianguleras utan kan orienteras modellvis. Systemet klarar såväl flyg-, satellit-, markbilder som skannade ortofoton. Orienteringsdata kan importeras (och exporteras) och formatet kan definieras av operatören innan inläsning. Vanlig import är PAT-B (ori-filer) från Metria (Holm, 2007).

Det finns inga färdiga projekt för olika kameratyper i GeoSystem utan användaren måste själv definiera den kamera som skall användas (eller importera via fil från kollega). Kameradefinitionen går väldigt fort att göra (Holm, 2007).

Summit

Summit har funktioner för automatisk skapa stereomodeller via bildnamn eller externa orienteringsdata. Detta underlättar vid skapandet av projekt med många ingående modeller. Det är även möjligt att semiautomatiskt göra den inre orienteringen av bilder. Det går även att utföra automatisk relativorientering av modeller (Persson, 2007).

Det finns många varianter att orientera modellerna på i systemet, bl.a. genom att läsa in extern orienteringsdata eller genom att orientera dem manuellt eller automatiskt. Det går bra att läsa in orienteringsdata för bl.a. ADS40. När det gäller relativorientering finns det fyra metoder att tillgå: automatiskt, "Two-Image Selection", Tie Point Selection eller att importera relativa data.

Det finns färdiga kameraprojekt i Summit. Dessa är bl.a. RMK, DMC, ADS40, UltraCam D/X, IKONOS (Persson, 2007).

ESPA

En stor styrka med ESPA är att Lantmäteriet och Metria har systemet själva och kan leverera modeller direkt i ESPA-format (Öryd, 2007a). Vid studiebesök hos Lantmäteriet i Luleå den 16 november 2007 påpekade John Smaaland och Fredrik Wallner att de fick färdigt orienterade modeller från Lantmäteriet i Gävle och att det fungerade bra.

EspaBlock erbjuder möjlighet till triangulering för små och medelstora block ca 100 bilder. Om man vill ha över 400-700 bilder bör detta utföras i annan programvara ESPA erbjuder en snurra för att orientera bilder oavsett antalet för ett fast belopp (Smaaland 2007; Wallner, 2007). ESPA har i dagsläget support för de vanligaste kameratyperna så som DMC och UltraCAM (Öryd, 2007a).

Orientering utförs manuellt utan stereobetraktning i EspaBlock. Stereooperatören mäter antingen manuellt eller semiautomatiskt. Relativ- och absolutorientering utförs simultant i EspaBundle (Öryd, 2007a).

Leica

När väl ett block är triangulerat behöver man inte sätta upp en ny modell igen. Modellen sparas i en blockfil eller i själva bilden. Den inre orienteringen kan göras automatiskt eller via orienteringsdata som läses in från en extern fil. Det är möjligt att orientera flera hundra bilder i ett och samma block. Det finns en mängd kameratyper att tillgå. I LPS Core finns även stöd för alla kommersiella satellitbilder (Ravhed, 2007).

PurView

PurView kräver färdigorienterade bilder antingen från en tredje parts triangulering eller från t.ex. Lantmäteriet. Der mest avancerade programmet PurView MX stödjer individuell orientering av modeller (Wong, 2007).

DVP

Det finns funktioner i DVP för automatisk inre orientering samt importering av externa orienteringsdata. För relativ orientering använder man sig av en semiautomatisk process. Michael Claassen påpekar att för skogliga data (precision ca 1m) är det fullt tillräckligt med att läsa in direkt georefererade orienteringsdata från flygplanets navigationssystem (GPS-IMU). Markstöd kan även komma från en befintlig ortofotokarta, som sedan kan användas som kontroll när man skapar en modell (Claassen, 2007).

Vill man orientera bilderna manuellt finns möjligheter för inre-, relativ- och absolutorientering. Dock kan man inte göra detta i stereo.

Det finns färdiga projekt för kameror som DMC, Vexcel (UltraCam) etc. men för närvarande stödjer man inte laserdata eller Leicas ADS40 (Claassen, 2007).

SocetSet

Systemet klarar av att läsa in all slags data som är georefererade. Inget speciellt format krävs för att läsa in data. SocetSet använder sig av vanliga format så som Tiff, JPG osv. Eftersom Lantmäteriet använder sig av SocetSet i Gävle borde det inte vara något problem att få färdigt orienterade modeller till programmet mot en viss ersättning (Mort, 2007).

När det gäller orientering kan hela trianguleringsprocessen automatiseras. Stereobetraktning är möjligt under hela trianguleringsprocessen. SocetSet kan använda bilder från alla stora kameratillverkare t.ex. DMC och för satellitdata IKONOS, Quickbird, WorldView etc. (Mort, 2007).

3.1.12 Support, utbildningsbehov och möjlighet till demoversion

Som kund till ett system för digital fotogrammetri är det viktigt att man får en bra support från sin leverantör. Det finns flera varianter på support vilket visas i tabell 11, men det är en klar fördel att ha en support via fjärrskrivbord eller per telefon för att eventuella problem snabbt kan klaras ut. Många av systems försäljare tar ut en årlig avgift för support och programuppdateringar. Det är även väldigt viktigt med bra respons på sina förfrågningar om nya verktyg och funktioner. Vissa system erbjuder möjligheten att ge förslag på nya verktyg på systemens hemsidor samt diskussionsforum, se figur 13.

Tabell 11. Utbildningsbehov, support och demo licenser

Table 11. Education need, support and demo license

Namn	Utbildningsbehov	Svensk support	Engelsk Support	Prova på
GeoSystem	Ca 1 vecka	Ja	Ja	Demo/pilotprojekt
Summit	3-4 dagar	Enklare	Ja	Trial version
ESPA	2-3 dagar	Ja	-	Test licens
Leica	Ca 3 dagar	Enklare	Ja	Ja
PurView	10 min	Nej	E-post	Trial
DVP	2-3 dagar	Nej	Ja, fjärrskrivbord	Demo
SocetSet	Ej def	Nej	Ja	Ja

GeoSystem

Utbildningsbehovet för Geosystem beräknas ta ca en vecka och då inkluderas utbildning för blocktriangulering, digitala höjdmodeller, ortofoton och 3D-kartering. När det gäller support sker den i första hand via telefon, mail eller fjärrskrivbord med ESRI S-group under vardagar och kontorstid (Holm, 2007). Mer avancerad support kan fås genom GeoSystem och då via mail eller telefon på engelska.

Det är möjligt ladda ner en demoversion från GeoSystems hemsida (www.vingeo.com). Vill man prova på Delta DPS fullt ut kan det ske genom ett pilotprojekt, under projektet tas en "hyra" ut som sedan dras av vid köp av systemet (Holm, 2007).

Summit Evolution

En full instruktörsledd kurs klaras av på ca tre dagar sedan får man räkna med en extra dag för Capture programvaran. Tillverkaren pekar på att programvarans interface är väldigt intuitivt så många av Summits användare är självlärda på bara några dagar. Inom två veckor skall en helt ny användare kunna vara fullt fungerande (Persson, 2007).

Det ingår ett års support i varje Summitlicens, det brukar utges ca fyra nya versioner av programvaran varje år. Efter första året kan ytterligare support köpas till ett pris på 17 225 SEK per år.

Det finns en testversion av Summit att tillgå bara man själv står för hårdvaran och betraktningstrustning. SWECO i Falun och Gävle hjälper till vid utbildning i programvaran (Persson, 2007).



Figur 13. Förslag på nya verktyg kan ges via DAT/Ems hemsida (DAT/EM, 2007).

Figure 13. Proposions for new tools can be sent to DAT/EM by their homepage (DAT/EM, 2007).

ESPA

ESPA är ett företag där tre personer i Espoo, Finland kontinuerligt utvecklar systemet. Detta är en viktig faktor eftersom företaget storlek tryggar för att även skogliga applikationer utvecklas (Öryd, 2007a). Personlig support kan vara ett alternativ då avståndet till Finland är litet (Smaaland 2007; Wallner, 2007). Eftersom företaget är av mindre skala kan skogsbrukets ses som en viktig marknad. Dock blir företaget även sårbart med ett fåtal anställda om någon av dessa försvinner ut ur verksamheten.

Det krävs ca 1-2 dagars utbildning att lära sig 3-D Package (EspaCity, EspaKernel, EspaEngine). Utbildningen i ESPA City sker främst i Göteborg men kan även ske hos kunden om så önskas (Digital bordsfotogrammetri, 2007). De mer avancerade produktions- och trianguleringsprogrammen (EspaBlock, EspaBundle och EspaOrtho) kräver 2-3 dagars utbildning och hålls i Umeå (Öryd, 2007a).

Eftersom Metria är återförsäljare av ESPA i Sverige finns full support för programvaran på svenska. När det gäller möjligheten att prova på systemet erbjuder man en testlicens men då står kunden för hårdvaran och betraktningstrustningen. Annars kan Metria stå för en demonstration av programvaran vid något kontor (Öryd, 2007a).

På ESPA:s hemsida finns en "Support Area" där man kan ladda ned uppdateringar av mjukvaran och programmanualer.

För att få tillgång till support och uppdateringar av programvaran kan man teckna ett supportavtal för 15 % av priset för programvara (Öryd, 2007a).

Programmet är enligt återförsäljaren väldigt intuitivt vilket även John Smaaland och Fredrik Wallner instämde med.

Leica

Återförsäljaren påpekar att Leica är ett väldigt intuitivt program men för att uppnå en effektiv användning bör utbildning utföras. Dock beror det på vilken programvara som är aktuell. Support finns globalt 24 timmar om dygnet av Leica Geosystem. Utbildning för nybörjare bör ta ca 3 dagar och sker främst på engelska (Ikola, 2007). Det finns även möjlighet att prova på systemet om man själv står för hårdvaran och nödvändig utrustning. Priset för support och uppgraderingar av programvaran är 15 % av inköpspriset (Ravhed, 2007).

PurView

Att lära sig navigera i PurView kräver ca 10 min, men skall man förstå hela tekniken bakom systemet krävs minst en magisterexamen i fotogrammetri enligt Wong (2007). Användaren av systemet förväntas kunna använda ArcMap och eftersom PurView är en extension till ArcGIS behövs ingen speciell support. Uppstår problem erbjuder dock ISM e-mailsupport från Vancouver och Barcelona. Vill man prova på systemet finns en testversion på hemsidan (www.mypurview.com) (Wong, 2007).

DVP

Skall man lära sig att digitalisera och skapa ortofotomosaik krävs ca 2-3 dagars utbildning medan triangulering kräver mer utbildning. Men för att uppnå hög effektivitet erbjuder DVP ett speciellt supportprogram (Claassen, 2007).

Har man ett supportavtal finns det obegränsad tillgång till support via e-post, telefon och fjärrskrivbordssupport. Vid köp av systemet ingår ett års support och varje år släpps ca 3-4 mindre uppdateringar av programvaran samt en större uppdatering.

Det finns en demoversion att tillgå om man är intresserad. En avgift för demoversionen tas ut som sedan ges i rabatt vid ett köp av systemet (Claassen, 2007).

SocetSet

Eftersom SocetSet har många universitetsanvändare ute i Europa finns det tillgång till en bra support. Det finns ett tekniskt supportkontor i England där i första hand eventuella frågor behandlas. Supporten i England är tillgänglig via telefon eller e-post under arbetstid. För att få tillgång till supporten betalar man en årlig avgift. En gratis mjukvaruversion finns för demonstration som en tillfällig licens. I denna ingår övningar för att man skall komma igång (Mort, 2007). Anders Andersson på Lantmäteriet i Gävle anser att supporten med systemet fungerar bra.

3.1.13 Tillgänglig hårdvara och priser

Man kan dela upp hårdvaran som krävs för stereobetraktande i följande fyra komponenter: 1 stereobetraktningssystem, 2 dator, 3 grafikkort samt 4 navigeringsutrustning (t.ex. 3D-möss, vanliga möss, handrattar). Många återförsäljare rekommenderar ett visst märke av t.ex. skärm, glasögon och grafikkort. För tolkare som arbetar dagligen med stereobetraktning är en stor skärm en fördel, man får en bättre översikt och precisionsmätningar blir bättre (Pramborg, 2007).

3.1.14 Metoder för stereoseende

Stereobetraktandet kan man göra med fem olika metoder. Nedan följer en kort beskrivning av dem.

Anaglyfmetoden

Här behöver man bara ett par enkla stereoglasögon där det ena glaset är rött och det andra blå/grönt, se figur 14. Med denna variant kan man använda vanliga datorskärmar och det fungerar bra på svartvita flygfoton men är inget alternativ som kan rekommenderas för färgbilder.



Figur 14. Glasögon för att stereobetrakta med anaglyfmetoden (Gali 3D, 2007).

Figure 14. Glasses used by the anaglyph method (Gali 3D, 2007).

Stereoskop med delad skärm

Här delar man upp skärmen i två bilder och med hjälp av att titta in i ett stereoskop skapas stereoeffekten. Utrustningen kan ses i figur 15. Detta ger en bra stereoeffekt men kan bara användas av en person i taget. Fungerar med alla slags datorskärmar men resulterar i ett begränsat synfält. Detta kan vara ett alternativ för ensam- och sällananvändare. Genom att använda denna metod spar man kostanden för ett grafikkort och metoden ger förmodligen bättre bildkvalité.



Figur 15. Stereoskop med delade bilder (Fjärranalys, 2007).

Figure 15. Stereoscope with divided pictures (Fjärranalys, 2007).

Aktiva stereoglasögon och emitter

Med denna metod har man ett par avancerade stereoglasögon som blinkar samt en emitter och därmed skapas stereoseendet (figur 16). Detta fungerar på CRT datorskärmar med minst 100 Hz uppdateringsintervall. Det krävs även ett grafikkort till datorn. Flera personer kan betrakta samtidigt.



Figur 16. Aktiva stereoglasögon och emitter (Real D, 2007).

Figure 16. Active stereo glasses and an emitter (Real D, 2007).

CRT skärm, polarisationsfilter och polariserande glasögon

Ännu ett CRT-bildskärmsbaserat betraktningssätt kan ses i figur 17. Där använder man sig av ett filter vilket hängs på skärmen och sedan ett par polariserande glasögon. Kräver en CRT-skärm med minst 100 Hz samt grafikkort. Flera personer kan betrakta samtidigt. En nackdel med detta är att stereomodellen kan uppfattas som mörk och kontrastfattig samt att man måste eliminera reflexer från bl.a. lampor och fönster. Bäst bildkvalitet får man om man sitter i ett mörkt rum och har mörka kläder.



Figur 17. Z-screen för stereobetraktning med polariserande glasögon (ProSystems, 2007).

Figure 17. Z-screen for stereo viewing with polarizing glasses (ProSystems, 2007).

LCD skärm med polariserande glasögon

Fungerar med LCD skärmar som har en lägre uppdateringshastighet ca 50-60 Hz. Polariserande glasögon krävs och området kan ses av flera personer samtidigt. En fördel med dessa system är att man kan ha en större skärm och därmed se ett större område (Andersson, 2007).

Karin Pramborg som är operatör på Metria och använder PlaNar tycker att i skärmar liknande Z-screen kan man uppleva att man ser skuggan av den andra bilden vid stereobetraktning. Denna effekt tycker hon inte sig se i PlaNar. Hon upplever att det är mindre flimmer i PlaNar och även en klarare bild. En stor fördel med metoden är att den inte är så känslig för ljus, dvs. man kan ha en god belysning i rummet man arbetar i. I figur 18 visas PlaNar bestående av två skärmar och en halvgenomskinlig spegel.



Figur 18. PlaNar består av två LCD skärmar en övre och en nedre samt en halvgenomskinlig spegel. Polariserande glasögon krävs (Planar online, 2007).

Figure 18. PlaNar consists of two LCD screens and a semi transparent mirror. Polarizing glasses is needed (Planar online, 2007).

3.1.15 Stereobetraktningssystem och priser

Nedan i tabell 12 ges exempel på olika stereobetraktningssystem, vilken metod de är baserade på och dess priser.

Tabell 12. Utrustning för stereobetraktning samt priser

Table 12. Equipment for stereo viewing and prices

Stereobetraktningssystem	Metod	Pris \$,€	Ca Pris SEK
Edimensional stereoshutters	Aktiva stereoglasögon	\$ 99 ³	643
CrystalEyes Workstation	Aktiva stereoglasögon	\$ 950 ²	6 175
NuVision 17SX Stereoscopic Monitor Kit	CRT-skärm, polarisationsfilter	€1175 ⁵	11 163
NuVision 21SX Stereoscopic Monitor Kit	CRT-skärm, polarisationsfilter	€1470 ⁵	13 965
Stereographics Z-Screen (Inkl 3 st glasögon)	CRT-skärm, polarisationsfilter	\$2345 ⁴	15 243
5 par polariserande glasögon till Z-Screen	CRT-skärm, polarisationsfilter	\$250 ⁴	1 625
PlaNar 17"	LCD-skärm	\$3995 ¹	25 968
PlaNar 20"	LCD-skärm	\$5995 ¹	38 968
PlaNar 26"	LCD-skärm	\$8995 ¹	58 468

1) Priser från Internet <http://www.planaronline.com/catalog/?cat=3d-displays> Hämtad: 080628

2) Priser från Internet http://www.reald-corporate.com/scientific/crystaleyes_pc.asp Hämtad: 080628

3) Priser från Internet http://edimensional.com/product_info.php?cPath=21&products_id=28 Hämtad: 071108

4) Priser från Internet <http://www.reald-corporate.com/scientific/zscreen.asp> Hämtad: 071108

5) Priser från Internet

http://www.inition.com/inition/product.php?URL =product_stereovis_nuvision_1721sx&SubCatID =3 Hämtad: 071127

CrystalEyes Workstation består av ett par glasögon och en IR-emitter. Vikten är 93 gram och garantitiden 3 år (Real D, 2007). Ett billigare alternativ är eDimensionals 3D-glasögon. Men det är osäkert om dataspelsutrustning fungerar bra för avancerad tolkning (Edimensional, 2007).

Stereographics Z-Screen är en typ av påhängsskärm som fästs till en vanlig CRT-dataskärm. Detta kräver dock en frekvens på minst 100-120 Hz.

PlaNar består av två LCD skärmar en övre och en nedre samt en halvgenomskinlig spegel. Polariserande glasögon krävs (Planar online, 2007).

3.1.16 Navigationsutrustning

Det är viktigt att användare som jobbar dagligen med tolkning i 3D har bra och ergonomisk navigationsutrustning. Tabell 13 ger exempel på lämplig navigeringsutrustning och priser för dessa. Utrustningen visas i figur 19. Det är att föredra att jobba med en mus som fattas i båda händerna och att arbetet sker nära kroppen. Det är fullt möjligt att använda en vanlig mus med skrollfunktion men en sådan är inte steglös vilket försvårar precisionsmätningar. Att ha tillgång till en s.k. keypad där man har programmerbara snabbknappar för att sätta attribut till digitaliserade föremål är viktigt för ett effektivt arbetsflöde.

Tabell 13. 3D möss samt priser
Table 13. 3D-mouses and prices

3D-möss	Pris \$, €	Ca Pris SEK
3D-mus Softmouse från Immersion	\$1695 ¹	11 018
Stealth 3D Mouse	\$1425 ²	9 263
3Dconnexion SpaceExplorer	€285 ³	2 708
Belkin Wireless USB mini keypad	270 SEK ⁴	270

1) Priser från Internet, Softmouse pris: <http://www.vrealities.com/softmouse.html> Hämtad: 071108

2) Priser från Internet, Stealt 3d mouse: <http://www.sharperotechnology.com/Stealth3DMouse.html> Hämtad 071108

3) Priser från Internet, Space Explorer

http://www.inition.com/inition/product.php?URL =product_3dinput_3dconnexion_spaceexplorer&SubCatID =27
Hämtad: 071108

4) Priser från Internet, Belkin wirelss USB mini keypad <http://www.superstore.se> Hämtad 071108



Figur 19. Stealth 3D Mouse, Immersion SoftMouse, SpaceExplorer och Belkin wireless USB mini keypad.

Figure 19. Stealth 3D Mouse, Immersion SoftMouse, SpaceExplorer and Belkin wireless USB mini keypad.

3.1.17 Systemkrav och grafikkort

Tabell 14 visar vilka krav de olika systemen ställer på datorutrustningen. Systemkraven är inte så olika mellan de olika tillverkarna utan kort och gott krävs en modern dator med stor hårddisk, minne och grafikkort. Som operativsystem rekommenderar de flesta Windows XP och då med servicepack 2. Processorn bör vara kring 3GHz och RAM-minnet kring 2

GB. Grafikkortet är en viktig komponent och många rekommenderar Open GL Nvidia kort. Nvidia-grafikkortet Quadro FX 3500 kostar ca 9 100 SEK (Inition, 2007).

Tabell 14. Systemkrav, operativsystem, RAM minne och grafikkort för systemen

Table 14. System demands, operating system, RAM memory and graphic card

System	Systemkrav	Operativsystem	SD RAM	Grafikkort
Geosystem	Bra prestanda	Win 98/ME/2000/XP	-	Nvidia-chipset
Summit	Min 3 GHz	Win XP	2 GB	Nvidia Quadro FX 3500
Pure View	Modern dator	Modern dator	512 MB	VESA standard
Leica	-	-	-	-
DVP	Pentium IV Core	Win XP SP2	2 GB	OpenGL
SocetSet	2.3 GHz	Win XP SP2	2 GB	Nvidia Quadro Fx 4500
ESPA	-	Win XP	2 GB	OpenGL

3.1.18 Övriga kommentarer från återförsäljare och användare

Detta stycke innehåller kommentarer från användare och återförsäljare av olika system. Programvaror utvecklas ständigt och eventuella problem som tas upp kan vid detta lag vara åtgärdade och ändrade.

GeoSystem

Delta DPS är inte bara en fotogrammetristation utan ett litet GIS i sig själv, fullproppat med smarta funktioner för sökning, rapportgenerering, kartografi och utskrift av kartor med ramar och teckenförklaringar, etc. Delta DPS är användarvänligt och har lyhörda utvecklare, som gärna lyssnar på och implementerar kunders önskemål. Detta, tillsammans med att prislappen är lägre än konkurrenternas, gör Delta till ett mycket bra alternativ för fotogrammetriska ändamål (Holm, 2007). Tommy Lövgren på NaturGIS har inte använt systemet så länge men är nöjd med det och dess funktioner. Han påpekar att det finns en mängd funktioner. Ett problem med Delta DPS är att det tappar typdefinitionen när man för över polygon från ArcMap till Delta DPS. Detta är dock möjligt att ordna till men förhoppningsvis byggs detta fel bort med en möjlig länk till ArcGIS. Geosystem har funktioner för att konvertera Tif-bilder till JPEG detta minskar storleken på en flygbild från ca 300 Mb till ca 30 Mb. Lövgren anser inte att man som stereooperatör ser någon skillnad. Supporten från GeoSystem tycker Lövgren fungerar bra. En förbättring som Lövgren ser ett behov av är möjligheten att ändra färg på t.ex. linjeobjekt efter attribut.

Summit Evolution

Skillnaden mellan Summit och konkurrenterna ligger inte i funktionerna och verktygen utan i detaljerna i implementeringarna. Programmet är intuitivt och användarvänligt. Summit har alla funktioner som konkurrenterna har (Persson, 2007). Summit Evolution är inget stand alone program för kartering utan kräver att ett karteringsprogram ansluts, t.ex. Microstation eller ArcMap.

Summit har en enkel och lättanvänd funktion för bildbehandling och man kan snabbt ändra färgbalans, och kontrast mm. Summit använder bl.a. Tif-bilder vilka kan användas i andra program eller infogas i dokument till skillnad mot vissa andra system där speciella format används. En nackdel är supportens geografiska läge (Alaska) vilket resulterar i en tidsskillnad på 12 h.

Anders Andersson på Lantmäteriet i Gävle tycker att Summit fungerar bra för kartering och att det är ett komplett program. Rent spontant utan allt för stor erfarenhet av systemen tycker han bl.a. att Summit är ett mer komplett system än ESPA som också används inom Lantmäteriet (Andersson, 2007). Karin Pramborg på Metria har provat tre olika system för kartering. Skulle Karin rangordna dessa system skulle hon placera dem i följande ordning: 1-Summit, 2-ESPA och 3-StereoAnalyst (Pramborg, 2007).

ESPA

När Metria skulle välja system för övergången mellan analytiska till digitala system testade Lantmäteriet/Metria några tillgängliga system och valde ESPA. Idag finns det 60 licenser och 80 stereoperatörer som arbetar med ESPA på Lantmäteriet/Metria. Eftersom ESPA används av Metria som är leverantör av flygbilder finns färdiga orienteringsfiler i ESPA-format (Öryd, 2007a).

När det gäller bildbehandling av färgbalans, kontrast o.s.v. finns fyra färdiga standardinställningar i systemet, men man kan givetvis även ljustera själv. Färgerna kan inte ändras men genom att ändra färginställningarna på datorns grafikkort kan detta uppnås (Smaaland 2007; Wallner, 2007). För bildtolkningsarbete får dock denna metod anses vara en nödlösning.

Holmen Skog har köpt in en licens av ESPA:s 3D Package. Lars Karlsson på Holmen Skog berättar att man köper in färdigt orienterade modeller på disk från Lantmäteriet/Metria. ESPA har man använt till beståndsavfattning men ej till att mäta trädhöjder. Det finns skogliga verktyg för det men de har man ännu inte provat. Så här långt har systemet endast testats i mindre skala. Systemet är inte så enkelt att använda utan det krävs att operatören är insatt i systemet och att han eller hon kontinuerligt använder det. Det har för övrigt fungerat bra med support från återförsäljaren av ESPA (Karlsson, 2007).

Karin Pramborg på Metria i Umeå ser en nackdel med ESPA:s speciella bildformat, vilket gör att bilderna endast kan användas i ESPA och exempelvis inte infogas dokument eller liknande. En annan nackdel är de fasta zoomlägena i ESPA. Till fördel för ESPA är den automatiska metoden att generera höjdmodeller för skapande av ortofoton (Pramborg, 2007).

Leica

LPS Core innehåller alla funktioner som krävs av en fotogrammetrisk arbetsstation. LPS sköter förbearbetningen av bilderna och orienteringen. För att digitalisera i 3D nyttjar man StereoAnalyst. Verktygen är intuitiva och anpassade för högsta arbetsflöde (Ravhed, 2007). Fredrik Gunnarsson på Sveaskog i Örebro använder Leicas system sedan ett år tillbaka. Han använder systemet till att planera avverkningar. Licensen är flytande vilket han ser som en fördel (Gunnarsson, 2007). Tommy Lövgren på NaturGis i Älvkarleby köpte StereoAnalyst för övergången till digitala flygbilder. Valet av systemet berodde bl.a. på dess kompatibilitet med ArcGIS. Enligt Lövgren hade StereoAnalyst mycket buggar och supporten var bristfällig. Detta ledde till att han senare köpte in GeoSystems Delta DPS (Lövgren, 2007).

PurView

Det tål att påpeka att PurView inte är en fotogrammetrisk arbetsstation utan ett bildtolknings- och digitaliseringsprogram. Systemet används flitigt inom det Kanadensiska

skogsbruket. Det har ersatt det äldre systemet DiAP-Viewer. Genom att kombinera flygbilderna med DEM (Digital Elevation Model) så kan höjden automatiskt ställas in när man rör sig över ett område (Costa, 2007).

SocetSet

Lantmäteriet i Gävle använder SocetSet till att generera höjdmodeller. Till detta fungerar det bra. Anders Andersson påpekar att SocetSet har ett bra utbud av applikationer för olika ändamål samt att man kan använda många olika bilder från bl.a. DMC, ADS40, olika satellitsensorer, osv. Det finns bra möjligheter att manipulera bilder med avseende på färgsättning, ljusstyrka, mm (Andersson, 2007).

DVP

En fördel med DVP är potentialen med Javascriptsprogrammeringen. DVP stöder ArcGIS, Microstation och Autocad som standard. Systemutvecklarna lyssnar på användarna och anpassar därefter snabbt lösningar efter behov. Kontinuerliga förbättringar sker av programvaran och ett utvecklingsteam som enbart jobbar med utveckling finns att tillgå. DVP används flitigt av det Kanadensiska skogsbruket speciellt i Quebec. För närvarande använder 12 företag i Quebec systemet till att bl.a. avverkningsplanera, planera vägar och skogsinventering (Claassen, 2007).

3.1.19 Bildförsörjning

De fotogrammetriska arbetsstationerna erbjuder en mängd komplicerade applikationer där man bl.a. kan blocktriangulera osv. Lantmäteriet och andra bildleverantörer har avancerade program för att göra dessa beräkningar, frågan är om det finns någon anledning att en skoglig organisation behöver dessa avancerade applikationer. För att bildförsörjningen skall fungera effektivt även ute på distrikten bör man få färdiga projekt så att även mer oerfarna användare direkt kan börja mäta och tolka i bilderna. Det är lätt att ett motstånd byggs upp mot användandet av allt för komplicerade system vilket leder till att systemen inte nyttjas.

Lantmäteriet kan erbjuda fyra alternativ för en organisation som är i behov av flygfoton och ortofoton. Alternativen är: flygbilder, flygbilder plus orienteringsdata, ESPA rektifierade flygbilder med orienteringsdata samt ortofoton med eller utan georeferering. Orienteringsdata som Lantmäteriet ofta levererar bilderna med är Pat-B orienteringsfiler (Holgersson, 2007).

Priset för en DMC-bild från Lantmäteriet är idag 200 SEK men kommer troligtvis att öka till 250 SEK inom kort. Orienteringsdata köps in separat och kostar idag 40 SEK men kommer att öka till 50 SEK per bild. Totalt för en stereomodell, dvs. två bilder, blir kostanden 600 SEK. Om flygbilden är 3,7 X 6,6 km blir arealen 2442 ha, detta är den teoretiska täckningen från en flyghöjd på 4800 meter. Stereobetraktning kan bara ske i drygt halva bilden vilken reducerar arealen med hälften till ca 1221 ha. Kostanden per ha blir således 600 SEK/1221 ha = 0.49 SEK/ha. Om ett större antal flygbilder köps in (över 200 st) sker detta mot offert. En startavgift på 1500 SEK för modellerna tillkommer på priset oavsett antalet modeller.

Från och med 2008 kommer Lantmäteriet inte att leverera anpassade modeller (projekt) för olika system, man kommer enbart att erbjuda orienteringsfiler i standardformat, t.ex. Pat-B

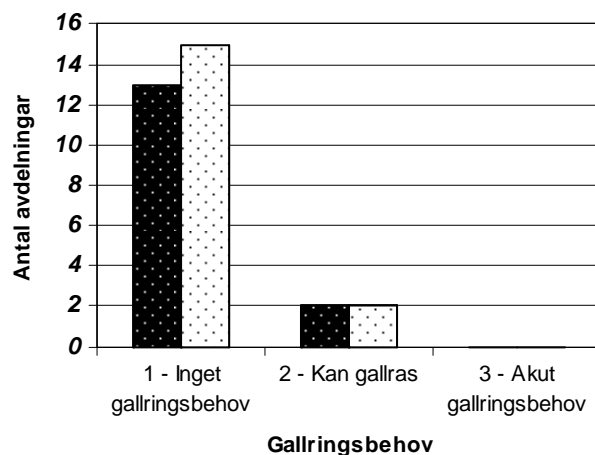
(Holgersson, 2007). Ett alternativ för en organisation som vill ha färdiga projekt levererade är att beställa dem via en entreprenör.

3.2 Bedömning av gallringsbehov

Totalt deltog 8 personer i bedömningen av gallringsbehovet. Två stycken är vana bildtolkare, tre stycken är anställda inom SCA Skog och tre stycken är nybörjartolkare. De delas in i tre grupper: Proffstolkare, SCA-personal och nybörjare. Bedömningen av gallringsbehov skedde okulärt men SCA:s gallringsmallar kunde användas som stöd.

3.2.1 Avdelningar som fältinventerats

Fältinventering skedde på två områden, det första området i närheten av Fällfors (Piteå) och det andra i Åseletrakten. De aktuella försöksavdelningarna var ungskogar där de flesta avdelningarna hade en brösthöjdsålder på mellan 19 och 27 år. Medelhöjden var ca 8 meter och medelvolymer ca 50 m³sk/ha. Försöksavdelningarna representerades främst av trädslagen tall och contorta men även blandbestånd med inslag av gran och björk förekom. Bildmaterialet från Piteå är tre år gamla skannade analoga bilder. Åseles bildmaterial är ett år gamla DMC-bilder. Bedömningen av gallringsbehovet i fält för respektive avdelning skedde med stöd av SCA Skogs gallringsmallar och data från objektivt utlagda provytor vilka klavades in med dataklave. Som framgår av figur 20 hade huvuddelen av avdelningarna ett inget behov av gallring enligt cirkelyteinventeringen. Endast fyra avdelningar klassades som möjliga att gallra (2 - kan gallras). Ingen avdelning hade ett akut gallringsbehov. Det är svårt att gruppera avdelningarna efter när i tiden de kan tänkas behöva gallras, t.ex. gallring inom 5-10 år. Detta beror bl.a. på att olika trädslag har olika stor tillväxt. Exempelvis har contorta högre tillväxt och befinner sig i en sådan klass betydligt kortare tid än svensk tall.



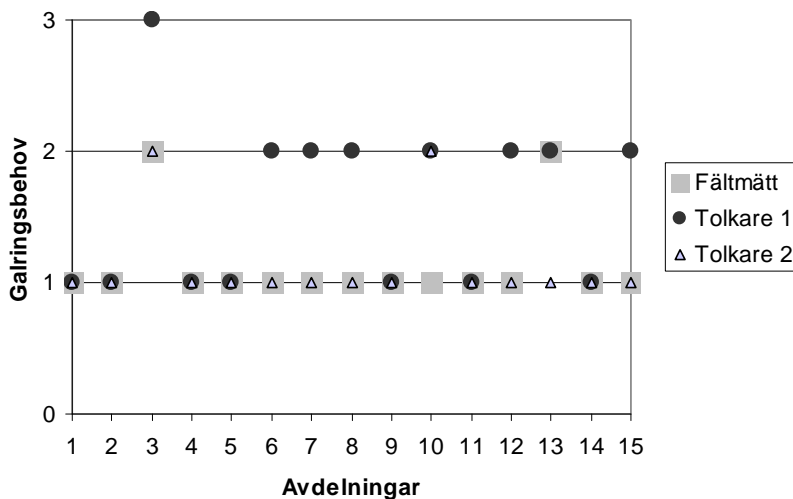
	1 - Inget gallringsbehov	2 - Kan gallras	3 - Akut gallringsbehov
■ Åsele	13	2	0
□ Piteå	15	2	0

Figur 20. De avdelningar som fältinventerats i Piteå och Åsele fördelat på gallringsbehov.
Figure 20. Distribution of stands in different thinning categories in Piteå and Åsele.

3.2.2 Bedömt gallringsbehov i Åsele

Proffstolkare

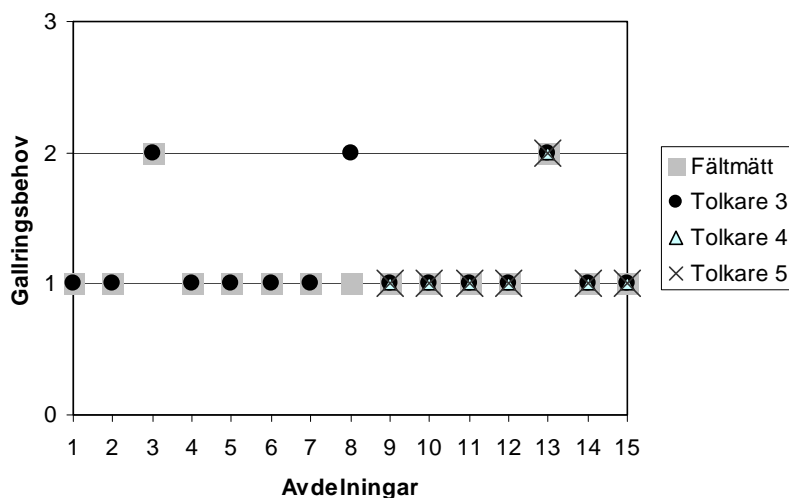
Sammantaget bedömde proffstolkarna rätt gallringsbehov i 70 % av avdelningarna, 26,7 % av avdelningarna fick ett överskattat gallringsbehov och i 3,3 % av avdelningarna blev behovet underskattat. Figur 21 visar proffstolkarnas bedömning av gallringsbehovet i samtliga avdelningar jämfört med det fältmätta behovet.



Figur 21. Bedömt gallringsbehov för samtliga avdelningar och proffstolkare i Åsele.
Figure 21. Estimated thinning need for all stands by the professional interpreters in Åsele.

SCA-personal

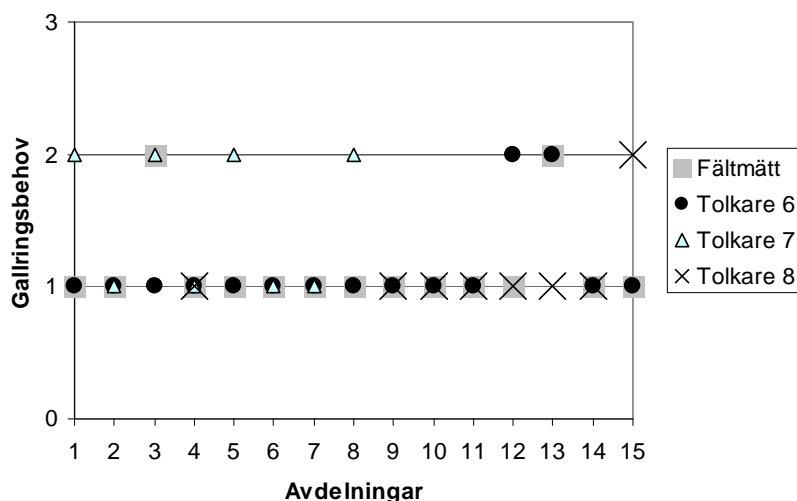
Gallringsbehovet i Åseleavdelningarna har för avdelning 1 – 8 enbart bedömts av tolkare 3 (dvs. de bestånd som bedömdes vid första tolkningstillfället). Avdelning 9 – 15 har bedömts av tre tolkare (3,4 och 5), vilket framgår av figur 22. Sammantaget bedömde SCA-personalen rätt i 96,6 % av fallen och överskattade i 3,4 % av fallen. Ingen underskattning förekom.



Figur 22. Bedömt gallringsbehov för samtliga tolkare från SCA och avdelningar i Åsele.
Figure 22. Estimated thinning need for all stands by SCA employees in Åsele.

Nybörjare

Gallringsbehovet i avdelning 1 – 8 har bedömts av 6 och 7 (första tolkningstillfället). Avdelning 9 – 15 har bedömts av tolkare 6 och 8 (andra tolkningstillfället), vilket även framgår av figur 23. Nybörjartolkarna bedömde rätt gallringsbehov i 77,4 % av fallen, överskattning skedde i 19,4 % av fallen och underskattning i 3,2 %.



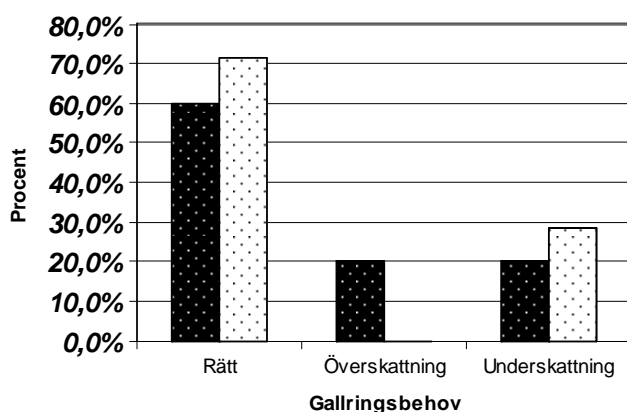
Figur 23. Bedömt gallringsbehov för samtliga nybörjar tolkare och avdelningar i Åsele.

Figure 23. Estimated thinning need for all stands by amateurs in Åsele.

3.2.3 Sammanfattning för Åsele

Enligt fältinventeringen har endast två avdelningar gallringsbehov inom klassen Kan gallras (avd. 3 och 13). Inget bestånd med akut gallringsbehov kom med i studien. Utfallet visar att avdelningar med gallringsbehov hittades relativt bra i Åsele av samtliga tolkare (figur 24). Materialet bygger på data för avdelning tre från tolkare 1, 2, 3, 6 och 7. För avdelning 13 från tolkare 1, 2, 3, 4, 5, 6 och 8. Anledningen att inte det finns material för samtliga tolkare är att vissa glömde bort att bedöma gallringsbehovet.

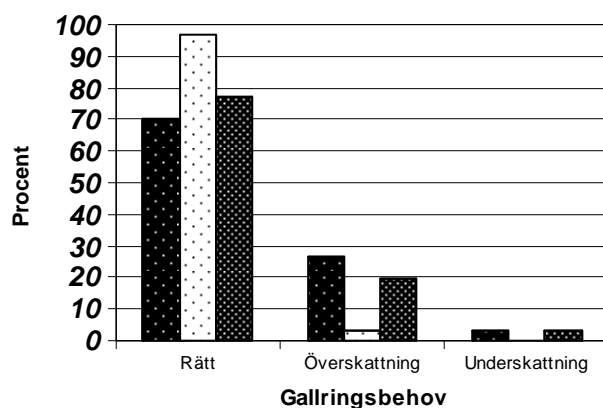
Resultatet för samtliga tolkargrupper i Åsele visas i figur 25.



	Rätt	Överskattning	Underskattning
■ Avdelning 3	60,0%	20,0%	20,0%
□ Avdelning 13	71,4%	0,0%	28,6%

Figur 24. De två avdelningarna i Åsele med gallringsbehov inom klassen kan gallras och samtliga tolkares gallringsbedömningar.

Figure 24. The two stands in Åsele with a need for thinning in the class can be thinned and all the interpreters estimations for thinning.



	Rätt	Överskattning	Underskattning
■ Proffstolkare	70	26,7	3,3
□ SCA-personal	96,6	3,4	0
▨ Nybörjare	77,4	19,4	3,2

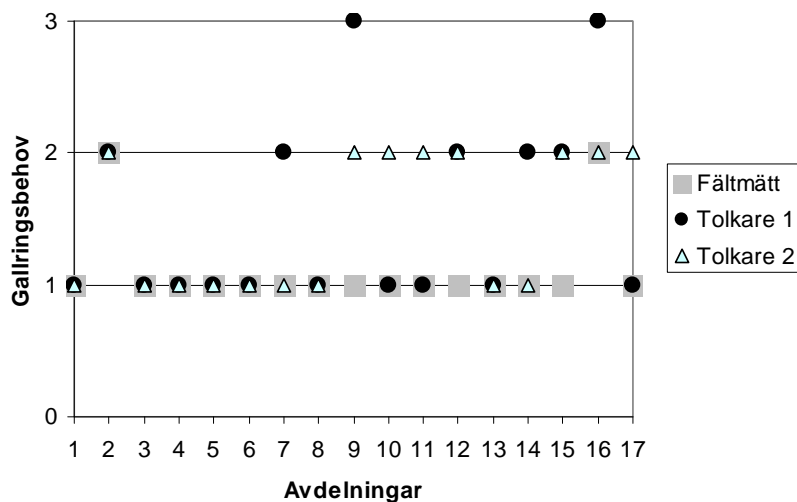
Figur 25. Sammanställning av tolkargrupperna i Åsele.

Figure 25. All the interpreters estimations put together in Åsele.

3.2.4 Bedömt gallringsbehov i Piteå

Proffstolkarna

Gallringsbehovet bedömdes rätt i 64,7 % av avdelningarna och överskattades i 35,3 % av avdelningarna. Ingen underskattning förekom. Samtliga proffstolkares bedömningar kan utläsas i figur 26.

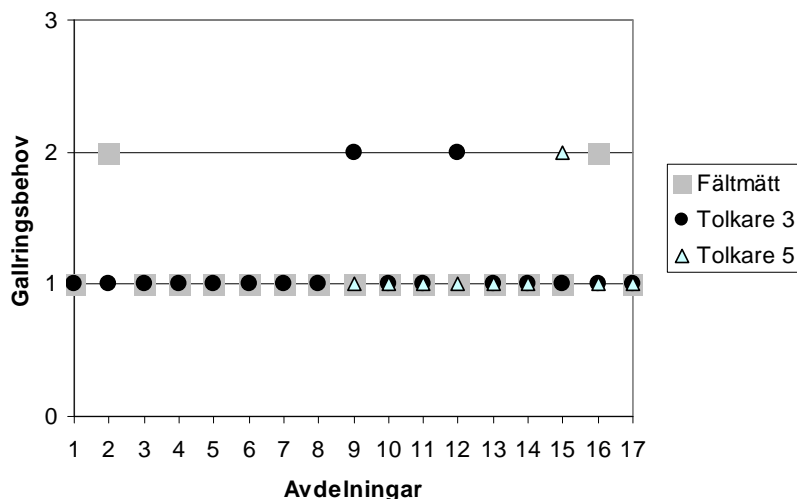


Figur 26. Bedömt gallringsbehov för samtliga proffstolkare och avdelningar i Piteå.

Figure 26. Estimated thinning need for all stands by the professional interpreters in Piteå.

SCA-personal

Personalen prickade in rätt gallringsbehov i 76,9 % av avdelningarna, överskattade i 11,5 % och underskattade i 11,5 % (figur 27). Resultaten för avdelning 1 – 8 baseras på en tolkare (3). Resterande avdelningar baseras på två tolkare (3 och 5).

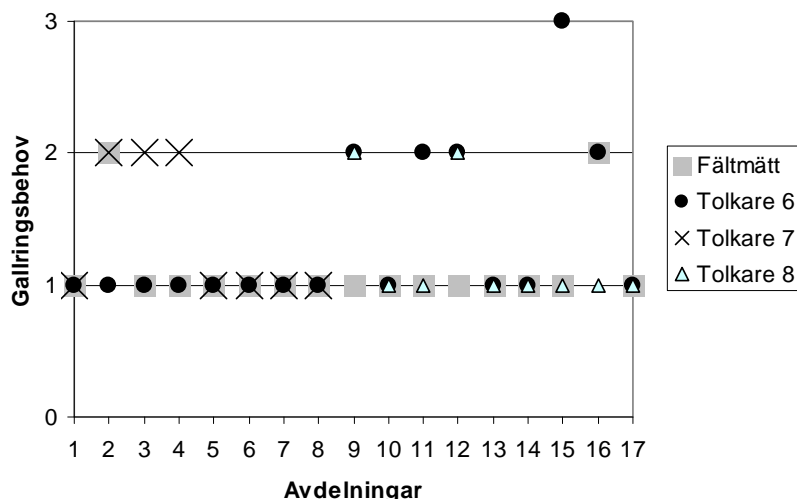


Figur 27. Bedömt gallringsbehov för samtliga SCA tolkare och avdelningar i Piteå.

Figure 27. Estimated thinning need for all stands by SCA employees in Piteå.

Nyborjare

Nyborjarna bedömde rätt gallringsbehov i 73,8 % av fallen, överskattade i 19 % av fallen och underskattade i 7,1 % (figur 28). Detta kan ses tydligare i figur 30. Första delen av studien (avd.1 – 8) gjordes av tolkare 6 och 7 och den andra delen av tolkare 6 och 8.



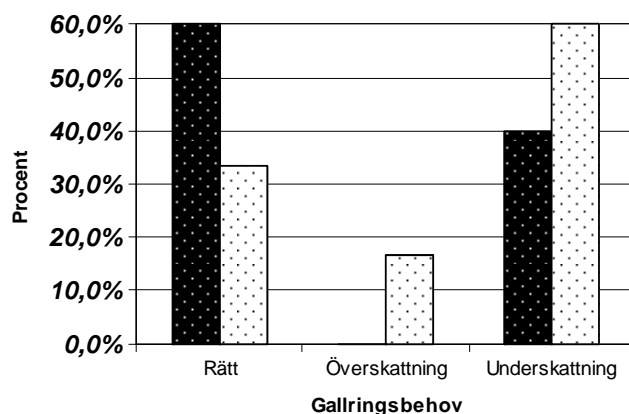
Figur 28. Bedömt gallringsbehov för nyborjare i Piteå.

Figure 28. Estimated thinning need for all stands by the amateurs in Piteå.

3.2.5 Sammanfattning för Piteå

Även i Piteåområdet saknades avdelningar med akut gallringsbehov. Det fanns två avdelningar med inom klassen Kan gallras (avd 2 och 16). I figur 29 finns en sammanställning av hur tolkningarna lyckats i dessa avdelningar. Avdelning 2 tolkades av tolkare 1, 2, 3, 6 och 7 och avdelning 16 av tolkare 1, 2, 3, 5, 6 och 8.

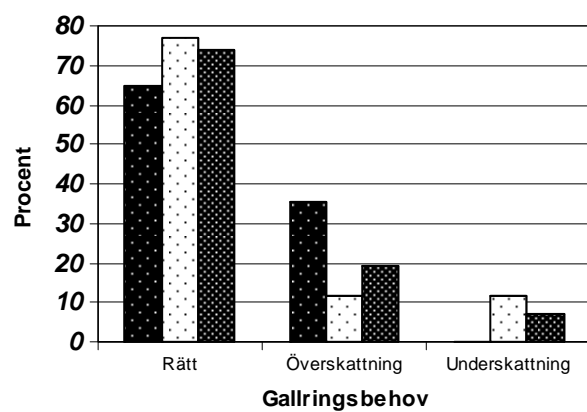
I figur 30 finns en sammanställning av resultatet för samtliga tolkargrupper.



	Rätt	Överskattning	Underskattning
■ Avdelning 2	60,0%	0,0%	40,0%
□ Avdelning 16	33,3%	16,7%	60,0%

Figur 29. Bedömt gallringsbehov för avdelningar med behov inom klassen kan gallras.

Figure 29. Estimated need for thinning in the class can be thinned.



	Rätt	Överskattning	Underskattning
■ Proffstolkare	64,7	35,3	0
□ SCA-personal	76,9	11,5	11,5
▣ Nybörjare	73,8	19	7,1

Figur 30. Sammanställning av tolkargrupper i Piteå.

Figure 30. All the interpreters' estimations put together in Piteå.

4 Diskussion

4.1 Systemanalys

Det är svårt att avgöra vilket system som uppfyller SCA Skogs krav bäst utan att i praktiken använda dem. Oavsett vilket system som väljs är rekommendationen att antingen köper man in ett fåtal lite dyrare arbetsstationer där välutbildade personer tolkar dagligen i flygbilderna. Detta system kan man kalla proffssystem. Det andra alternativet är att man skaffar ett större antal billigare stationer för mer oregelbunden användning, t.ex. ute på distrikten under vinterhalvåret, ett s.k. sällananvändarsystem.

Hårdvaran som krävs för systemen är i princip likvärdig mellan alla system och kan köpas in separat oberoende av valt system. Ser man strikt till priser kan man för denna studie dra en gräns mellan ESPA och Leica där den övre halvan representerar lite billigare system och den nedre lite dyrare. Systemen och dess priser presenteras i tabell 4.

Inför ett inköp av system ger Anders Andersson på Lantmäteriet rådet att inte stirra sig blind på de initiala kostnaderna för systemet. Man kan fort tjäna in de extra tusenlapparna på ett något dyrare system om ett sådant system erbjuder snabbare hantering av bilder och data vilket resulterar i ett effektivare arbetsflöde. Ofta är det personalkostnaden som är en dyr faktor. En viktig faktor vid valet är att användare med begränsade kunskaper ska kunna använda systemet. Programmen bör vara intuitiva och kräva liten utbildning och support.

Man kan generellt säga att kunder i regel köper på sig mer produktkraft än nödvändigt. Därför är det en god ide att börja med ett baspaket och sedan köpa till moduler eller applikationer när behovet infinner sig. I SCA Skogs fall skulle det t.ex. räcka med att köpa in en licens på ett komplett programpaket för att sköta orienteringen av bilderna, skapande av projekt och avancerad bildhantering medan man använder enklare programpaket för själva digitaliseringen och mätningarna.

Ett annat alternativ är att direkt via leverantören av flygfoton få färdiga projekt. Det senare är en lösning som bl.a. Holmen Skog använder sig av. Ser man till möjligheten att få färdiga projekt kräver det att bildförsörjaren kan leverera data i rätt format för det aktuella systemet. För Lantmäteriets del har de Summit, ESPA och SocetSet i sin organisation. Som det ser ut idag är Lantmäteriet inte villig att skapa färdiga projekt men detta kan lösas genom att dessa skapas via en entreprenör. Ofta klarar dock de enklare programalternativen att importera orienteringsdata och det är därför inte nödvändigt att få färdiga projekt även om detta underlättar för bildanvändaren.

När kompatibiliteten beaktas påpekar Leica och SocetSet att de har ett nära samarbete med ESRI som tillverkar ArcGIS vilket borde trygga för en god kompatibilitet. Men för att riktigt försäkra sig om en direkt kompatibilitet mot SkogsGIS bör man prova systemet skarpt innan ett system implementeras fullt ut i organisationen. Då kan man utnyttja möjligheten till Demoversioner som alla aktuella system erbjuder. Detta kräver att man har tillgång till hårdvara, men hårdvaran kan köpas in i princip oberoende av system.

4.1.1 Sällananvändarsystem

Ett sällananvändarsystem bör vara billigt för att man ska kunna köpa in ett större antal stationer. Det bör även vara av en lägre prisklass då de inte nyttjas dagligen och har ett bundet kapital som ej används fullt ut. Användarvänligheten är också en väldigt viktig faktor eftersom stereoooperatören snabbt efter en tids frånvaro från att använda systemet skall kunna komma igång med tolkningsarbetet.

Ett system som uppfyller kraven ovan är PurView. För ca 10 000 SEK får man ett system där man kan betrakta och digitalisera i 3D. Som nackdel kan sägas att systemet kräver färdigt orienterade modeller. Systemet stödjer de flesta filformat som ArcGIS kan hantera, vilket kan ge en bildleverantör en möjlighet att leverera färdigt orienterade modeller. Vill man ha färdiga projekt krävs det att bildleverantören köper in PurView för att kunna leverera sådana. Annars är den faktorn att PurView kräver färdiga modeller och använder lite annorlunda orienteringsdata en stor nackdel. Man kan se det lilla utbudet av funktioner och verktyg som både en nackdel och fördel. Fördelen är att man har färre kappar och funktioner att hålla reda på.

SCA-personal vilka är vana att jobba i ArcGIS miljö kan snabbt börja arbeta i PurView då systemet använder ArcMaps verktyg. Systemet klarar av att utföra enklare digitalisering i 3D. Men arbetstempot blir lågt då man t.ex. måste använda ArcMaps zoomverktyg för att zooma in och ut i stereobilden.

Vad gäller höjdmättningsverktyg har inte PurView utvecklat något enkelt verktyg utan där använder man sig av en höjdmodell för att hitta marknivån. Sedan placerar man mätmärket på trädtopparna därefter kan man utläsa trädhöjden. Denna variant för höjdmätning kräver höjdmodeller (DEM). De vanliga höjdmodeller som finns att tillgå idag har inte den noggrannheten (upplösning 50x50 m) som krävs vid höjdmätningar av träd. Höjdmodeller genom radar och laser ger en betydligt bättre upplösning. Vid kontakt med supporten i Barcelona sades att ett Macro skulle kunna skapas för att underlätta höjdmätningar med konventionell metod.

Vill man hantera stora mängder bilder vilket är vanligt i skogsbruket rekommenderar återförsäljaren att man använder ett gratis program från Intergraph där man komprimerar bilderna. Då uppstår frågan om kvalitén på bilderna försämras. En fördel med PurView extensionen är att den implementeras i ArcGIS vilket gör att endast en dataskärm behövs vid karteringen.

Den stora nackdelen med sällananvändarsystem är att det är svårt att uppnå tillräckligt goda resultat och arbetsflöden vid större arbeten.

Hårdvaran för ett sällananvändarsystem behöver inte vara den bästa på marknaden eftersom system inte används dagligen. Aktiva stereoglasögon som Edimensional stereoshutters för 643 SEK är stereoglasögon som används inom dataspel. Det kan vara ett bra alternativ att undersöka gentemot etablerade varumärken som CrystalEyes för 6 468 SEK. Aktiva stereoglasögon kan upplevas som klumpiga och besvärliga när man tittar bort från bildskärmen. Därför kan prisökningen på 4 695 SEK till NuVision 17 tums skärm med polarisationsfilter vara ett prisvärt alternativ om man tror på en fortsatt tillgång till CRT-skärmar.

En viktig fråga är om man över huvud taget ska använda CRT-baserade betraktningssätt eftersom de redan idag är svår att få tag på. Väljer man att inte använda den tekniken så återstår Planar och kanske huvudburna enheter som inom spelindustrin. Kostanden för ett grafikkort ligger på ca 5 000-9 000 SEK och den kommer man inte från med de flesta betraktningssätten. Genom att dela upp skärmen i två bilder och använda stereoskop kommer man dock undan kostanden för ett grafikkort. Innan man väljer stereoskopmetoden bör man undersöka om systemet i fråga har möjligheten att dela upp skärmen i två bilder. Pekdon eller digitaliseringsverktyg för ett system som detta som inte används allt för ofta kan vara en vanlig mus med skrollfunktion, eller någon av de mer ergonomiska mössen som finns att köpa. Kompletterar man en vanlig mus med en keypad kan man använda båda händerna vid arbetet.

4.1.2 Proffssystemet

Ett proffssystem skall användas dagligen och det ställer krav på att systemen är lätta att jobba i för att uppnå ett hög produktivitet. Det är viktigt att man smidigt kan orientera modeller, digitalisera, bildbehandla och mäta höjder. En annan mycket viktig faktor är den ergonomiska då arbete sker dagligen. Prisklassen på dessa system är från ca 60 000 SEK och uppåt. System som uppfyller ovannämnda kriterier kallas fotogrammetriska arbetsstationer och är för denna studie följande: GeoSystem, ESPA, Leica, Summit och SocetSet.

För SCA Skogs del kan man räkna bort GeoSystem eftersom det inte i dagsläget har någon kompatibilitet med ArcGIS.

ESPA är ett system som används inom skogsbruket i bl.a. Finland och på försök av Holmen Skog. Detta borde trygga för utveckling av fler nödvändiga skogliga verktyg i framtiden. En annan stor fördel med ESPA är att leverantören av flygbilder (Lantmäteriet) har systemet och därigenom borde det gå att köpa en tilläggstjänst liknandes Holmen Skogs där man får levererat färdiga projekt till systemet. Supporten för ESPA kan ske per telefon och på svenska. En annan fördel är att man kan använda sig av svenska vid direkt kontakt med utvecklarna. ESPA har även ett utvecklat verktyg för höjdmätning.

Ett annat system är Summit Evolution. Arbetsgången i Summit för att skapa ett projekt är väldigt enkelt vilket är en stor fördel. En annan fördel med Summit är att även Lantmäteriet och har systemet och på samma sätt som med ESPA borde de kunna leverera färdiga projekt mot en viss ersättning. Min uppfattning är att Summit har alla funktioner som de andra systemen erbjuder utom blocktriangulering och generering av terrängmodeller (detta kan fås som tillval). Summit används av SLU i Umeå och där har de goda erfarenheter av att kunna påverka utvecklingen av verktyg och det har skett på ett snabbt sätt.

SocetSet är det dyraste alternativet av de återstående. SocetSet används på Lantmäteriet till att generera höjddata och inte som karteringsinstrument. För kartering använder Lantmäteriet/Metria Summit och ESPA.

Till Leicas fördel kan man säga att en annan skoglig organisation, Sveaskog använder systemet på ett försöksstadium. Dock stöter man på åsikter bland användare av systemet att det inte har fungerat tillfredställande. Lantmäteriet har begränsade erfarenheter av att

leverera projekt till Leicas StereoAnalyst. Det har förekommit att Lantmäteriet har vänt sig till SLU som har tillgång till systemet för att skapa projekt.

Hårdvaran för ett proffssystem bör minst vara en polariserande skärm av typen Z-screen eller Nuvision. PlaNar är ett alternativ då CRT skärmar börjar bli svår att få tag på och ger dessutom betydligt bättre bildkvalitet samt möjliggör bättre ljusförhållanden i arbetsrummet. Stereoskop kan också vara ett alternativ (om programvaran klarar detta), särskilt för ensamvändare. Någon form av 3D-mus eller rattar och pedaler är att rekommendera då arbetet sker dagligen och under lång tid.

4.2 Bildförsörjning

För att underlätta arbetet med systemen bör bildförsörjningen göras så enkel som möjligt. Detta genom att man beställer projekt antingen direkt från bildleverantören eller via konsult. Då kan man med en enkel knapptryckning börja arbeta med bilderna direkt och detta spar mycket tid för organisationen. Det är osäkert i framtiden om Lantmäteriet kommer att vara villiga att göra färdiga projekt. Är så inte fallet kan projekt beställas via en entreprenör. En annan variant är att skapa projekten själv men detta kräver en mer avancerad programvara. Bestämmer man sig för att skapa projekt själv behöver inte alla tolkningsstationer inom organisationen ha möjligheten att orientera bilder och skapa projekt. Det räcker med att man har ett programpaket för detta och att man genom det skapar projekt till övriga tolkningsstationer.

4.3 Bedömning av gallringsbehov

För att bedöma gallringsbehovet med stöd av gallringsmallar och flygfotografier behöver man fyra ingångsvärden: trädslag, ståndortsindex, övrehöjd och grundytan.

Bedömningen av gallringsbehovet hänger samman med hur bra man kan mäta höjden i stereoinstrumentet, skatta slutenheten för att få ut volymen och därmed grundytan. Medelhöjden kan mätas med en tillräcklig noggrannhet för att användas som stöd vid uppskattning av gallringsbehovet. Enligt Johansson (2008) har proffstolkare en precision på ca +/- 1 meter i uppskattad medelhöjd. Vidare bör man ta fram någon form av funktioner för hur man omvandlar flygbildsmätt medelhöjd till övrehöjd. Som riktlinje har ett tillägg på en meter används under denna studie.

Enligt Johansson (2008) är slutenhet en svår faktor att bedöma. I och med att resultatet av slutenhetsbedömningen varierar kraftigt mot verkligheten blir därmed volymen och vidare grundytan osäker att använda som ingångsvärde i gallringsmallar.

Även ståndortsindex är svårt att bedöma men förhoppningsvis har man i en organisation tillgång till registervärden för detta som kan vara till stöd vid tolkningen.

Trädslagsblandningen är ofta svårare att bedöma för ungskogar än för äldre skogar, t.ex. är skillnaden mellan tall och contorta ofta liten. Då svensk tall- och contortabestånd angränsar till varandra görs bedömningen lättare.

Genom att dela upp gallringsbehovet i tre klasser underlättades bedömningen av gallringsbehovet för stereoooperatören. Även med ett fåtal klasser bör det vara möjligt att i tid identifiera avdelningar med gallringsbehov. Även om gallringsbedömningarna via

flygbildstolkning inte är helt tillförlitliga bör metoden kunna nyttjas som komplement till ordinarie registersökningar. Genom att kombinera värden från befintliga register såsom trädslag, SI och ålder bör man få en högre kvalitet på bedömningarna.

Studien tyder på att man oftare överskattar gallringsbehovet än underskattar det, vilket kan bero på att man hellre väljer ut ett bestånd för mycket än ett för lite. Detta är positivt då man i verkligheten föredrar att finna att gallringsbehovet ligger något år framåt i tiden än att bästa tidpunkten för gallring redan infunnit sig.

Skillnaden mellan de tre grupperna proffstolkare, SCA personal och nybörjare visar att SCA-personal överlag gjorde bra bedömningar. Detta kan bero på att personalen har lokalkännedom om hur skogen normalt ser ut och redan nu använder sig av bl.a. ortofoton vid fältarbete. Därför kan de ha lättare att bedöma gallringsbehov än personer med mindre fältvana. En annan förklaring är att gruppen lyckades relativt bra med höjdmätningarna och av erfarenheten kunde de dra slutsatsen att bestånd med en medelhöjd av 8-9 meter inte är aktuella att gallra. Det är svårt att säga någonting om skillnaden mellan grupper i stort, resultatet tyder på att skillnaden är mer beroende på den individuella tolkaren än grupperna i sig.

Anledningen till att så många avdelningar i både Piteå och Åsele hade ett litet gallringsbehov är att de utlottade och inventerade bestånden hade en medelhöjd på mellan 8 och 9 meter. Första gallring i tall utförs normalt vid ca 13 meters övre höjd och vid 11-12 meters övre höjd för contorta. Alltså föreligger inget gallringsbehov i nuläget för dem.

Ser man på de två avdelningarna inom Åsele som i fält bedömdes ha gallringsbehov (klass 2 - Kan gallras) bedömdes de rätt i 66 % av fallen och underskattades i 24 % av fallen. För de två avdelningarna i Piteå som enligt fältinventeringen var i behov av gallring gjorde 47 % av tolkarna en korrekt bedömning och 50 % underskattade behovet. Redan här ser man en tendens till att bedömningarna blir osäkra vilket kan bero på svårigheten att korrekt bedöma bestånd där gallringsbehovet är relativt lågt även om en gallring är möjlig. Det tål att påpekas att inga bestånd med akut gallringsbehov har ingått i studien. Det är troligt att resultaten blivit tydligare om även denna kategori ingått i studien.

I denna studie fanns inga avdelningar med ett akut gallringsbehov. Hade det funnits sådana avdelningar kan man tänka att de troligtvis varit lätta att identifiera som bestånd med gallringsbehov. Däremot är det inte säkert att bedömningen blivit bättre om man med det menar att korrekt klass ska anges. Det är framförallt gränsfallen mellan de olika gallringsklasserna som är svåra att placera i rätt klasser.

Även om materialet i studien är litet indikerar ändå resultaten att flygbildstolkning kan ge värdefull information om gallringsbehov i ungskogar. Om man vid bildtolkning kan tillåta avvikelser på maximalt en klass från fältuppskattat värde, har 94 % av bedömningarna hamnat inom godkäntgränsen. Samtliga stora avvikelser (2 st.) var överskattningar av behovet.

Resultatet från de två avdelningarna i Piteå som kan gallras visar även vikten av att man använder sig av tillräckligt nya flygfotografier vid bedömning av gallringsbehovet. Med de tre år gamla bilderna från Piteå underskattade 60 % av bildtolkarna gallringsbehovet i avdelning 16 och i avdelning 2 underskattade 40 % av bildtolkarna gallringsbehovet. I

Åsele där flygbilderna var ett år gamla skedde underskattningar av gallringsbehovet med enbart 20 respektive 28,6 %. Att använda flygfotografier som är äldre än 3 år för bedömning av gallringsbehov kan därför inte rekommenderas. Ett flertal skogliga organisationer anser att gränsen för flygfotografiers ålder vid tolkning inte bör överstiga 3-5 år

Ungskogen utvecklas snabbt och då speciellt contortabestånd. Det är därför intressant att undersöka om man i ett tidigt skede kan bedöma framtida gallringsbehov genom att skriva fram flygbildstolkade beståndsdata med hjälp av tillväxtfunktioner.

Vid köp av digitala stereoinstrument bör man skapa en funktion som automatiskt beräkna gallringsbehovet utifrån flygbildstolkade uppgifter om ståndortsindex, övrehöjd och grundyta.

Referenser

Muntligt

- Andersson, A. 2007. Lantmäteriet i Gävle.
Borgh, O. 2007. Kartor A & O.
Claassen, M. 2007. Groupe Alta (DVP).
Costa, S. 2007. PurView Team i Barcelona.
Flordal, D. 2007. SCA Skog.
Gillgren, I. 2007. Bergvik Skog.
Gunnarsson, F. 2007. Sveaskog i Örebro.
Holgersson, T. 2007. Lantmäteriet i Gävle.
Holm, B. 2007. Återförsäljare av GeoSystem.
Ikola, T. 2007. T-kartor.
Johansson, R. 2007a. Sveaskog.
Karlsson, L. 2007. Holmen Skog.
Larsson, M. 2007. SCA Skog.
Lövgren, T. 2007. Naturgis i Älvkarleby.
Mort, R. 2007. BAE systems (SocetSet).
Nilsson, B. 2007. Forskningsingenjör SLU.
Persson, S. 2007. Återförsäljare Summit Evolution.
Pramborg, K. 2007. Stereooperatör, Metria i Umeå.
Ravhed, S. 2007. Återförsäljare Leica.
Smaaland, J. 2007. Lantmäteriet i Luleå.
Söderberg, P. 2007. Skogsstyrelsen i Luleå.
Wallner, F. 2007. Lantmäteriet i Luleå.
Wong, P. 2007. ISM PurView.
Öryd, A. 2007a. Metria, återförsäljare av ESPA.
Östman, I. 2007. Holmen Skog.

Elektroniskt

BlomInfo. 2007. GPS/IMU beräkning. Tillgänglig från:
<http://www.blominfo.se/sweden/se/produkter-och-tjanster/flygfoto/gps-ins-berakning> Hämtad 23 november, 2007.

DAT/EM. 2007. DAT/EM Products. Tillgänglig från:
http://www.datem.com/products/DATEM_Systems_products.htm Hämtad 26 november, 2007.

Earth Observation Magazine. 2007. Photogrammetry in the Forest: Digital Photogrammetry Improves Forestry Data Management and Analysis. Tillgänglig från:
http://www.eomonline.com/Common/Archives/1997feb/97feb_wilson.html. Hämtad 7 oktober, 2007.

Edimensional. 2007 E-D Wireless 3D Glasses for the PC. Tillgänglig från:
http://www.planaronline.com/3d_display/ Hämtad 27 november, 2007.

ESPA Systems. 2007. ESPA Software. Tillgänglig från: <http://www.espasytems.fi/> Hämtad 26 november, 2007.

Fjärranalys. 2007. Digital fotogrammetrisk station. Tillgänglig från:
<http://www.fjarranalys.se/pages/delta.htm>. Hämtad 27 november, 2007.

Fotogrammetri huset. 2007. Vad är fotogrammetri, och vad är ett ortofoto? Tillgängligt från: http://www.fmihuset.se/Arkiv/fmi_tekn.htm Hämtad 26 november, 2007.

Gali 3D. 2007. Anaglyf. Tillgänglig från: <http://www.gali-3d.com/cz/techno-anaglyph/techno-anaglyph.php> Hämtad 27 november, 2007.

GroupeAlta. 2007. DVP-GS Products. Tillgänglig från: <http://www.groupealta.com/technologie/dvp/index.php?lang=en> Hämtad 27 november, 2007.

Inition. 2007. NVIDIA - Quadro FX Family. Tillgänglig från: http://www.inition.com/inition/product.php?URL=product_cards_nvidia_quadro_fx&SubCatID=76 Hämtad 28 november, 2007.

Leica Geosystems. 2007. ERDAS stereoAnalyst. Tillgänglig från: http://gi.leica-geosystems.com/documentcenter/stereoanalyst/Stereo_Analyst_Brochure.pdf Hämtad 26 november, 2007.

Netsupersore. 2007. Belkin Wireless USB Mini Keypad. Tillgänglig från: <http://www.netsuperstore.se> Hämtad 6 december, 2007.

Planar online. 2007 Stereoscopic 3D monitors. Tillgänglig från : http://www.planaronline.com/3d_display/ Hämtad 27 november, 2007.

ProSystems. 2007 Z-screen. Tillgänglig från: http://www.prosystems.nl/images/VR/spec_products/Z-screen_shutter/Zscreen3.jpg Hämtad 27 november, 2007.

PurView. 2007. Integrated Stereoscopic 3D Geodatabase-direct Mapping Extension. Tillgänglig från: <http://www.mypurview.com/pdf/PurVIEW%20-%20brochure.pdf> Hämtad 12 november 2007

Real D. 2007. Crystal eyes. Tillgänglig från: http://www.reald-corporate.com/scientific/crystaleyes_pc.asp Hämtad 8 november, 2007.

SocetSet. 2007. NEXT-GENERATION AUTOMATIC TERRAIN EXTRACTION (NGATE) Tillgänglig från: http://www.socetgxp.com/content_products/modules/module_ngate.htm Hämtad 26 november, 2007.

Summit Evolution. 2007. Summit Evolution PowerPoint presentation. Tillgänglig från: http://www.datem.com/products/Summit%20ppt%20for%20the%20DATEM%20web%20site_files/frame.htm Hämtad 27 november, 2007.

Litteratur

- Baltsavias, E. 2001. Commercial digital photogrammetric systems1 - status August 2001. ETH Zurich.
- Bergström, J & von Essen, I. 1992. Ajourhållning av beståndsregister med hjälp av flygbilder. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Examensarbete.
- Brandel, G. 1990. Volymfunktioner för enskilda träd: tall, gran björk. Rapport nr 26. Inst. f. skogsproduktion, SLU; Garpenberg.
- Broman, N. 1994. Formtalsfunktioner och en metod för bestämning av grundyta på beståndsnivå. Arbetsrapport 20, Institutionen för skogstaxering, SLU
- Ekelund, L.1993. Kapitel 2 och 3 i boken Flygbildsteknik och fjärranalys. Nämnden för skoglig fjärranalys. ISBN 91-884 62-04-8.
- Hägglund, B & Lundmark, J-E. 1987. Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem. Skogsstyrelsen. ISBN 91-85748-65-X.
- Johansson, H. 2008. Ajourhållning av ungskogar med hjälp av digitala flygbilder. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Examensarbete *Manuskript*.
- Johansson, S. 2007b. Utvärdering av digital flygbildstolkning & automatisk beståndsindelning för det praktiska skogsbruket. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Examensarbete. Arbetsrapport 193.
- Jonson, T. 1914. Om bonitering av skogsmark. Skogsvårdsföreningens tidskrift, tolfte årgången, 369 – 392.
- Magnusson, M., Fransson, J.E.S. & Olsson, H. 2007: Aerial photo-interpretation using Z/I DMC images for estimation of forest variables. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22: 254 – 266 .
- SCA Skog. 2006. Så här ska du gallra. Gallringsmallar.
- Ståhl, G. 1992. En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för biometri och skogsindelning.
- Wastenson, L. 1980. Kapitel 10 i boken Flygbildsteknik och fjärranalys. Nämnden för skoglig fjärranalys. ISBN 91-85748-10-2.
- Wiklund, O. 2008. Gallringsinventering från helikopter utrustad med profilerande laser och kamera för låghöjdsfotografier. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Examensarbete. *Manuskript*.
- Öryd, A. 2007b. Digital bordsfotogrammetri. PowerPoint utdelat i Luleå 2007-11-16.
- Öryd, A. 2007c. ESPA Systems Photogrammetric & Lidar Software, broschyr.