



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R58:1988**

**Vitalitetsbedömning av  
stadsträd med hjälp  
av fjärranalys**

**Metodstudie**

**Ann-Margreth Berggren Barring  
Gunnar Ericson**

*R  
Jull*

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>Ser</i>

**Byggeforskningsrådet**

R58:1988

VITALITETSBEDÖMNING AV STADSTRÄD  
MED HJÄLP AV FJÄRRANALYS

Metodstudie

Ann-Margreth Berggren Barring  
Gunnar Ericson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860588-4 från Statens råd för byggnadsforskning till Parkavdelningen, Malmö kommun, Malmö.

## REFERAT

Vitalitetsbedömningar behövs bl a som underlagsmaterial till skötselplaner. Flygfotografering ger en värdefull överblick och dokumenterar läget.

I studien har manuell flygbildstolkning jämförts med automatisk klassning av digitaliserade flygbilder. Den senare gjordes på pixelnivå varefter trädens klasstillhörighet bedömdes manuellt. Inventering och flygfotografering med infraröd-känslig färgfilm utfördes sommaren 1986 i Malmö.

Noggrannhetsutvärderingen gav ett gott resultat. Andelen skadade träd blev större än vad fältdata angav oavsett metod (störst vid digital klassning).

"Felaktiga" klassningar beror på betraktningssvinkel, markeringsfel, tätt och jämnt krontak, beskurna kronor, reflektion från underlaget, artrelaterade tolkningsproblem m m. Möjligheterna att skilja ut skadade träd ökade när arterna studerades var för sig.

Fjärranalysmetoder sparar tid och pengar när ytorna är stora. Manuell flygbildstolkning är enklare och billigare än digital bearbetning, men om flyghöjd eller pixelstorlek kan ökas, vilket indikerades, skulle datamängd och kostnader reduceras markant. Fjärranalys kan aldrig ersätta fältinventering men är ett utmärkt hjälpmedel för att minimera insatserna i fält.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R58:1988

ISBN 91-540-4906-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Spångbergs Tryckeri AB, Stockholm 1988



## INNEHÅLL

1	INLEDNING . . . . .	8
1.1	Vårt behov av träd . . . . .	8
1.2	Bakgrund . . . . .	8
1.3	Problembeskrivning . . . . .	9
1.4	Syftet med projektet . . . . .	10
2	TEORETISK OCH TEKNISK BAKGRUND . . . . .	11
2.1	Växter och strålning . . . . .	11
2.2	Stress och reflektion . . . . .	13
2.3	Filmval . . . . .	14
2.4	Infrarödkänslig färgfilm - användningsområden . . . . .	15
2.5	Stressdetektering i IRF-bilder . . . . .	16
2.6	Skala - tolkningsmetoder . . . . .	17
3	PROJEKTBEKRIVNING . . . . .	18
3.1	Försöksområde . . . . .	18
3.2	Fältinventering . . . . .	18
3.3	Flygfotografering . . . . .	19
3.4	Manuell flygbildstolkning . . . . .	19
3.5	Digitalisering . . . . .	20
3.6	Automatisk klassning . . . . .	20
4	UTVÄRDERING . . . . .	23
4.1	Utvärdering av manuell flygbildstolkning . . . . .	23
4.1.1	Testområde 1, fältdata/manuell tolkning . . . . .	23
4.1.2	Testområde 2, fältdata/manuell tolkning . . . . .	25
4.1.3	Testområde 3, fältdata/manuell tolkning . . . . .	25
4.1.4	Samband mellan "feltolkning", trädslag och synliga skador i fält - manuell tolkning . . . . .	27
4.1.5	Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den första, icke artföljande, tolkningen . . . . .	29
4.1.6	Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den andra, artföljande, flygbildstolkningen - skadefrekvens . . . . .	29
4.1.7	Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den artföljande tolkningen - samband mellan skadetyper och färgavvikelse . . . . .	31
4.2	Utvärdering av digital bearbetning och efterföljande manuell tolkning . . . . .	32
4.2.1	Vitalitetsklassning på pixelnivå . . . . .	32
4.2.2	IHS-transformation . . . . .	34
4.2.3	Vitalitetsklassning av hela träd . . . . .	35
4.2.4	Samband mellan "feltolkning", trädslag och synliga skador i fält - datorbearbetad bild . . . . .	38
4.2.5	Tolkningsresultat för alm och hästkastanj - skadefrekvens . . . . .	41
4.2.6	Tolkningsresultat för alm och hästkastanj - samband mellan skadetyper och färgavvikelse . . . . .	42

5	RESULTATDISKUSSION . . . . .	43
5.1	Jämförelse mellan metoder, testområden och resultat . . . . .	43
5.2	Allmänna problem . . . . .	45
5.2.1	Träningsytor . . . . .	45
5.2.2	Betraktningvinkelns betydelse . . . . .	45
5.2.3	Krontaket utformning . . . . .	45
5.2.4	Beskurna träd . . . . .	46
5.2.5	Marktäckningens inverkan . . . . .	46
5.3	Artrelaterade tolkningsproblem . . . . .	46
5.4	Utvärdering av enskilda arter . . . . .	47
6	JÄMFÖRELSE MELLAN DE TESTADE METODERNA OCH DERAS ANVÄNDBARHET . . . . .	49
6.1	Arbetstid samt tidsåtgång . . . . .	49
6.2	Personal- och utrustningsbehov . . . . .	49
6.3	Kostnader . . . . .	50
6.4	Metodernas användbarhet . . . . .	51
7	FORTSATT ARBETE . . . . .	52
BILAGA 1	Inventeringsprotokoll . . . . .	53
BILAGA 2	Art samt skadebild för de träd som vid den manuella flygbildstolkningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata . . . . .	54
BILAGA 3	Art samt skadebild för de träd som efter den digitala bearbetningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata . . . . .	55
BILAGA 4	Art samt skadebild för de träd som efter den digitala bearbetningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till den manuella tolkningen . . . . .	56
BILAGA 5	Bildbilaga . . . . .	57
LITTERATUR	. . . . .	62

## FÖRORD

Stadens träd är ett av stadsbildens viktigaste element. Träd i alléer skapar orientering och sammanhang, medan det enskilda trädet kan framstå som ett landmärke i ett gaturum eller på en allmän plats.

Dessa träd ger skönhet åt stadens uterum, men också svalka, lä, behaglig luftfuktighet och förbättrad luft. Träden ger stadens invånare en bättre livsmiljö. Möjligheterna till normal utveckling för träden är dock begränsade i staden. De har konkurrenser om utrymmet; deras rötter beskärs eller kvävs av packad jord. Den dåliga luften ökar stressen och träden åldras i förtid.

Vi har gjort denna studie eftersom vi uppskattar och njuter av de friska träden och vill hjälpa de träd som kämpar för sin överlevnad. Vårt syfte har varit att hitta praktiskt användbara metoder för att vitalitetsbedöma stadsträd. Vi hoppas att våra slutsatser även kan vara andra till hjälp. Vi hoppas vidare att denna studie bidrar till att få fler kommuner att öka sina insatser för en aktiv trädvårdsplanering.

Projektet har delvis finansierats av Malmö Stads utvecklingsprojekt, MBK 90.

Många har deltagit i arbetet. Huvudansvarig för studiens uppläggning och praktiska genomförande har varit landskapsarkitekt Ann-Margreth Berggren Barring. Hon har även ansvarat för rapportskrivningen. Flygbilderna har datorbearbetats vid Naturgeografiska institutionen vid Lunds Universitet; arbetet där har utförts av Lars Eklundh och Petter Pilesjö. Tack till dessa samt till alla de vid Gatukontorets Parkavdelning som med underlagsmaterial och på andra sätt hjälpt till med arbetet.

Gunnar Ericson  
projektledare

## SAMMANFATTNING

Behovet av vegetation i städerna är stort. I dagens föroreningsbelastade värld skapar träden både direkt och indirekt en sundare miljö. Träden far dock ofta själv illa i stadsmiljön. Medellivslängden blir låg. Varje år fälls ett stort antal träd. Några är helt döda, andra fälls för att man misstänker att deras skador kan förorsaka olyckor.

Bedömningen av trädens vitalitet måste ske med korta intervall för att lämpliga skötselinsatser ska kunna sättas in på rätt ställe och vid rätt tidpunkt. Ett trädregister med uppgifter om art, storlek, ålder, vidtagna skötselinsatser m m, kompletterat med en konditionsbedömning kan lämna de uppgifter förvaltningarna behöver för att kunna beräkna kommande behov av arbetskraft, växtmaterial m m.

Vitalitetsbedömningen bör ske under sommaren, men då råder det ofta brist på utbildad arbetskraft. En översiktlig metod, där infraröda flygbilder används, möjliggör en senareläggning av arbetet (förutom en viss fältkontroll i samband med flygfotograferingen).

I föreliggande studie har två metoder för översiktlig konditionsbedömning med hjälp av infraröda flygbilder utvärderats och jämförts; manuell tolkning av stereopar och automatisk klassning av digitaliserade flygbilder.

Infrarödkänslig färgfilm har ett större känslighetsomfång än konventionell färgfilm. Förutom den synliga delen av spektrat registreras den nära-infraröda (NIR) strålningen. I IR-färgbilden avbildas frisk och grön vegetation i olika nyanser av rött.

Bedömningen av trädens vitalitet bygger på förändringar i reflektionsmönstret när träden utsätts för stress. I de infraröda bilderna syns detta som missfärgningar (inslag av gult, brunt, grönt eller blått) eller onormal ljus färgton (ljus blå-rosa), beroende på art och skadetypp.

Testområdena omfattar för staden representativa ståndortsförhållanden - stadsparker, intensivt trafikerade gator, gammal centrumbebyggelse, genomfartsvägar och ett ytterområde.

Fältinventering och flygfotografering (LMV) utfördes under slutet av sommaren 1986. Delar av flygfoton i skala 1:5000 samt 1:10000 scannades av FOA i Linköping. Den manuella tolkningen och den digitala klassningen utfördes på Fjärranalyslaboratoriet vid Naturgeografiska institutionen vid Lunds Universitet.

Vid den manuella tolkningen delades vegetationen in i 4 klasser; 0-25%, 25-50%, 50-75% samt 75-100% vitalitet. Den digitala klassningen gjordes på pixelnivå. Antalet klasser reducerades till 2, 0-50% samt 50-100% vitalitet, eftersom analysen av träningsdata visade att en separation i 4 klasser inte var möjlig. De digitalt klassade bilderna tolkades därefter manuellt för att få

de enskilda träden (i stället för de enskilda pixlarna) klassindelade.

Noggrannhetsutvärderingen gav ett gott resultat för båda metoderna. Generellt sett blev en betydligt större andel träd, 11-19%, klassade som skadade (0-75% vitalitet) vid den manuella flygbildstolkningen, än vid fältinventeringen, 6-12%. I de digitalt bearbetade bilderna klassades en ännu större andel träd som skadade. Redovisad procentsats gäller träd i gatumiljö, parkernas träd var betydligt friskare.

Flera orsaker till skillnader mellan vitalitetsbedömningarna kunde fastställas. Först och främst baseras en bedömning i fält på utseendet på den del av kronan man ser från marken, stammens och lägre grenars kondition, frilagda rötter, förekomst av svamp m m. I flygbilden ser vi enbart kronan och i viss mån grenverket. Man bedömer alltså olika delar av samma träd. Fältdatas roll som referensdata kan därför möjligtvis ifrågasättas.

Andra orsaker kan vara att fel träd markerats, antingen beroende på bristande underlagsmaterial eller att kron-takets jämnhet inte medgivit identifiering av enskilda träd, det senare har störst betydelse i en digital bild som tolkas som enkelbild. Vidare avbildas vissa arter, t ex hagtorn och björk i avvikande röda nyanser som lätt förväxlas med skadade individ av andra arter.

Möjligheterna att skilja ut skadade träd ökade när arterna studerades var för sig.

Om man jämför utbyte och kostnad för de olika metoderna kan man med dagen priser inte rekommendera användandet av IRF-flygbilder vid vitalitetsstudier av lövträd inom små områden. I de större kommunerna kan däremot de fjärranalysbaserade metoderna spara både tid och pengar. IRF-bilderna har en mångsidig användning och kan t ex vara ett utmärkt hjälpmedel i planeringsprocessen, vilket kan motivera användandet även i små kommuner.

Resultaten av den digitala bearbetningen visar att man kan nå goda resultat med denna metod. Den behöver dock utvecklas för att hanteringen ska bli rationell. Resultaten indikerar även att pixelstorleken kan ökas och att endast två band behöver scannas, vilket skulle reducera datamängd och kostnad markant.

Ett ökat intresse för fjärranalysbaserade metoder kommer att bidra till utvecklingen av rationella och i bästa fall billiga system för vitalitetsbedömning av träd. Analysresultaten ska dock användas med förstånd. Innan några åtgärder vidtas bör en fältbesiktning ske, men dess omfattning kan begränsas till de ytor där skadade träd upptäckts.



## 1 INLEDNING

### 1.1 Vårt behov av träd

Städernas parkanläggningar, alléer och andra trädplanteringar är viktiga både för vår trivsel och vårt välbefinnande. De förbättrar den luft vi andas genom att lövverket befriar oss från ansenliga mängder koldioxid i utbyte mot syre. Träden renar även städernas luft genom att fånga upp stoftpartiklar.

Träden gör stadsmiljön behagligare att vistas i genom att skänka skugga och höja luftfuktigheten under heta sommark dagar. På nätterna är avkylningen mindre inom trädbevuxna områden. Träden minskar turbulensen kring husen när det blåser. Detta har även en viss ekonomisk betydelse eftersom fastigheternas uppvärmningskostnader därigenom minskas.

Träden bildar mjuka och föränderliga väggar i städernas uterum. Vårens skira grönska följd av blomning och höstens fruktsättning berikar vår upplevelse av staden. Träden bidrar till en stads miljövården och är genom historien ett av många viktiga stadsbyggnadselement.

### 1.2 Bakgrund

Träd har en begränsad livslängd även om de flesta arter har förutsättningar att bli betydligt äldre än en mansålder. I deras naturliga miljö utsätts de för sjukdomar, insektsangrepp och i viss mån även för mekaniska skador. Försämrade tillväxt under ett år får sällan långtgående konsekvenser utan träden återhämtar sig under de följande vegetationsperioderna om ingen drastisk miljöförändring har skett.

De träd som planteras i städerna placeras ofta i en ofördelaktig miljö. Täta ytmaterial leder bort nederbörden, vilket resulterar i vattenbrist. I vissa fall uppstår motsatsen - nederbörden från en större yta samlas i en odränerad trädgrop varvid rötterna dränks. Temperaturen mellan husväggarna blir ofta hög, vilket ökar vattenbehovet. De löv som skulle bildat ny mull städas bort. Luftföroreningar och saltning rubbar trädens ämnesomsättning. Jordpackning hindrar rötternas tillväxt och minskar jordens porvolym. Till detta kommer all mekanisk påverkan såsom påkörningsskador, fläckskador, felaktiga beskärningsåtgärder och skador på rotsystemen orsakade av grävarbeten.

De negativa miljöfaktorerna resulterar i försämrade tillväxt och en alltför tidig död. Enligt de undersökningar som Kürsten (1983) presenterar kan det årliga bortfallet bli upp till 5% av gatuträdsbeståndet. Varje dött träd innebär både en estetisk, ekonomisk och lufthygienisk förlust.

Stadens träd representerar ett stort kapital som byggs upp under flera generationer. I Tyskland har försök gjorts att uppskatta trädbeståndens värde (Kenneweg, 1979). De städer som ingick har grupperats i 4 storleks-

klasser. I de minsta städerna (<100000 inv.) har trädbeståndens värde skattats till 5-6 milj DM med ett medelvärde per gatuträd på 2000 DM (i dåvarande penningvärde). I de största städerna, (>500000 inv.) har beståndens värde skattats till 200 milj DM med ett medelvärde per gatuträd på 4000 DM. Det enskilda trädets värde diskuteras annars nästan enbart i samband med skadeståndsanspråk.

Olika epoker har haft sina favoritträdslag även om artvalet slutgiltigt berott på stadsträdgårdsmästarnas smak och vilket växtmaterial som funnits tillgängligt. Under vissa perioder har planteringsverksamheten varit intensiv, under andra har det sågats ner mer än vad det planterats. Resultatet har blivit att dagens trädbestånd ofta består av stora ungefär likåldriga planteringar från vissa årtionden, i stället för ett kontinuerligt uppbyggt trädbestånd. Stora bestånd blir avverkningsmogna samtidigt och återplanteringsinsatserna blir därigenom tidvis mycket betungande för parkförvaltningarna.

Bristfällig skötsel av trädbeståndet leder lätt till omfattande kapitalförstöring. När ett fullvuxet träd är så skadat att det måste fällas, krävs avsevärda resurser för att ersätta detta. Vid återplanteringen måste man oftast använda stora träd, åtminstone där trädet haft en framträdande placering och där risken för vandalisering är stor. Stora träd är dyra, etableringen är osäker och träden kräver mycket tillsyn och skötsel under de första åren (vattning, uppbindning, beskärning m m).

För att kunna utnyttja parkförvaltningarnas resurser så ekonomiskt som möjligt måste kommande arbetsinsatser vara förutsedda. Om man känner till trädens kondition kan rätt skötselåtgärder sättas in i tid. En förändring av rotmiljön kan i många fall förbättra konditionen avsevärt. Hayden et al. (1985) har påpekat att de träd, vars rötter kan utvecklas fritt, är bättre rustade att motstå exempelvis luftföroreningar. Behovet av ersättningssträd kan beräknas och inköpas när det finns rätt storlek till rätt pris, oavsett om man ska plantera dem direkt eller hålla dem i en "trädbank" några år.

### 1.3 Problembeskrivning

Denna arbets- och ekonomiska planering kräver dels någon form av trädregister, där art, planteringsår, storlek, etablerings- och skötselåtgärder (vidtagna och planerade) m m samlas, dels en metod för löpande översiktlig konditionsbedömning. Det är mycket viktigt att kunna följa utvecklingen så att områden med en pågående miljöförsämring snabbt upptäcks bland alla områden med stabila men för växterna ofördelaktiga miljöfaktorer. Trädvårdsplaner som innehåller all denna information är även ett mycket viktigt hjälpmedel vid kostnadsberäkningar (skadereglering m m) eftersom man kan räkna ut vad ett träd har kostat fram till dags dato.

Det är inte enbart strävandet att hålla trädkapitalet vid liv som kräver kännedom om konditionen. Man är också skyldig att se till att inget gatu- eller parkträd har sådana skador att de kan orsaka någon olycka.

De metoder som är tillgängliga för vitalitetsbedömning kan delas in i två huvudgrupper, dels fältinventeringar, dels metoder som baseras på fjärranalys, framför allt med hjälp av flygbilder.

Fältinventeringar är mycket tidskrävande och måste utföras under sensommaren då personaltillgången normalt är begränsad. En annan nackdel är den osäkerhet som uppstår vid skadebedömningen eftersom man endast har ett fåtal träd inom synhåll samtidigt. Om inget av dessa är helt friskt kan skadorna lätt underskattas. En fördel med fältinventeringar är att ett flertal uppgifter kan inhämtas samtidigt som konditionsbedömningen sker. Befintliga skador, negativa miljöfaktorer och annat som kan orsaka en vitalitetsnedsättning kan också noteras direkt.

Utvärdering av flygbilder kan sparas till ett senare tillfälle, även om en viss kontroll måste ske i samband med fotograferingstillfället. En annan fördel är den goda överblicken som förenklar skadeklassningen. I vissa specialfall kan en viss stressfaktor identifieras i flygbilden och påverkat område avgränsas, men i regel måste orsakerna till vitalitetsnedsättningen sökas i fält.

#### 1.4 Syftet med projektet

Syftet med denna studie är att undersöka möjligheterna att använda fjärranalysteknik vid konditionsbedömning av lövträd i stadsmiljö. Två metoder för analys av infraröda (IR) flygbilder ska utvärderas och jämföras. Dessa är manuell tolkning av stereopar av flygbilder och automatisk klassning av digitaliserade flygbilder med efterföljande manuell tolkning. I båda fallen ska infrarödkänslig färgfilm användas. Vid utvärderingen av metoderna ska speciell hänsyn tas till deras användbarhet för kommunalt bruk, särskilt avseende resultat/kostnad och utvecklingspotential.

Denna metodstudie ska även ses som etapp 1 i ett större projekt som syftar till att finna en generell metod för framtagande av kommunala trädvårdsplaner.

## 2 TEORETISK OCH TEKNISK BAKGRUND

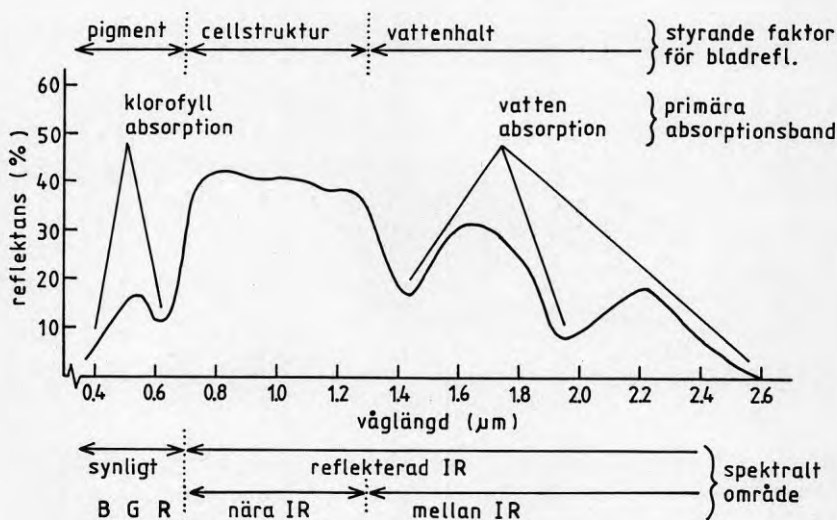
## 2.1 Växter och strålning

Strålning som träffar ett objekt kan antingen reflekteras, absorberas eller transmitteras. Proportionerna varierar för olika objekt beroende på material och rådande förhållanden (till exempel vattenhalt) samt varierar med den infallande strålningens våglängd (Lillesand och Kiefer, 1979).

Det ljus som träffar ett blad reflekteras till viss del av ytskiktet, men större delen av strålningen tränger igenom kuticulan och reflekteras mot cellväggarna. Hur mycket ljus som återkastas mot ytan beror på det infallande ljusets våglängd, absorptionen i bladet  $d$   $v$   $s$  vilka växtpigment som är närvarande, bladtjockleken, vattenhalt, näringsstatus m m.

I figur 2.1 visas hur frisk vegetation reflekterar infallande strålning. Klorofyll har en kraftig absorption av blått och rött ljus (kring 450 nm och 650 nm). Reflektionen av grönt ljus är hög, vilket gör att vi uppfattar vegetationen som grön. Oftast är även andra växtpigment närvarande och bidrar till absorptionen. Eftersom uppsättningen växtpigment är artspecifik absorberar olika växter olika mycket ljus (NSF, 1980).

Ett friskt blad släpper generellt sett igenom ungefär lika mycket ljus som det reflekterar. Bladtjockleken påverkar dock reflektionsförmågan så att ett tunnt blad släpper igenom mer ljus än vad det reflekterar. Den högsta reflektionen ligger strax utanför den synliga delen av spektrat, inom det nära infraröda (NIR) området. Tjocka blad reflekterar nästan all strålning inom detta våglängdsområde (NSF, 1980).



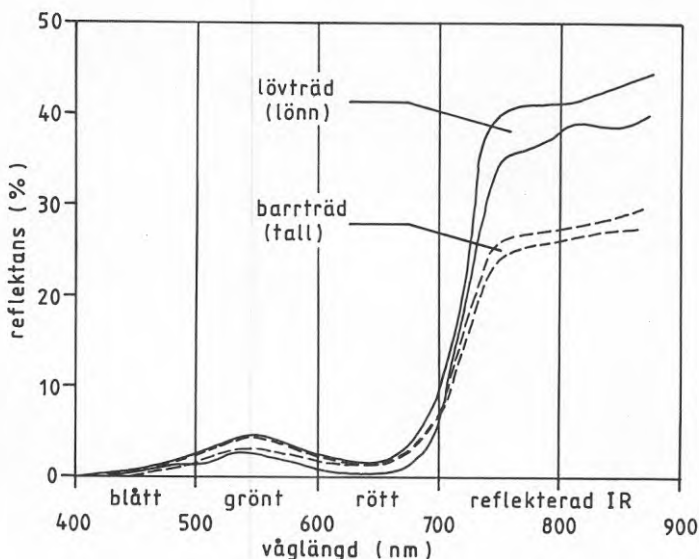
Figur 2.1 Typiskt reflektionsmönster för grön vegetation (efter Hoffer, 1978).

Man bör skilja på bladens reflektionsförmåga och hela växtens reflektionsegenskaper. I flygbilderna påverkas färgtonen bland annat av trädets kondition, kronans struktur och textur, bladorientering och stödjevädans reflektions och transmissionsegenskaper. Underlaget kan ha stor betydelse om kronan är lucker. Dessutom varierar det infallande ljusets spektrala sammansättning med årstid och tidpunkt på dagen. Reflektionsdata är mått på aktiva processer såsom fotosyntes snarare än uppskattningar av biomassa eller bladyta (Sellers, 1987). För en och samma art kan reflektionsförmågan variera under dygnet, under vegetationsperioden och under olika ståndortsförhållanden.

Uttrycket spektral signatur används ofta när man jämför olika arters reflektionsförmåga. Den spektrala signaturen kan teoretiskt beskrivas som reflektionen sedd som en funktion av våglängden och anges i % av det inom den aktuella våglängden infallande ljuset, se figur 2.2.

Den engelska termen för spektrala signaturer är spectral reflectance curves. Spektral reflektans definieras som reflekterad strålning av viss våglängd dividerad med infallande strålning av samma våglängd.

Växternas reflektans i 700 - 1300 nm området orsakas primärt av den interna strukturen i bladen. Denna struktur varierar kraftigt mellan olika arter vilket innebär att vi har goda möjligheter att göra artbestämningar genom att mäta reflektionen inom det nära infraröda området (Lillesand och Kiefer, 1979).



Figur 2.2 Generaliserad spektral signatur för lövträd respektive barrträd. En arts spektrala signatur illustreras ofta som en kurva trots att reflektansen bildar ett intervall för varje våglängd (efter Kalensky och Wilson, 1975).



## 2.2 Stress och reflektion

När vegetation utsätts för stress får detta fysiologiska eller morfologiska effekter, eventuellt båda delar. Ofta observeras inte de fysiologiska förändringarna förrän de fått morfologiska konsekvenser såsom blad- eller grenförluster (Murtha, 1978). En stresseffekt är förändrade reflektionsegenskaper.

Några författare exempelvis Lillesand et al. (1975) och Arnberg och Wastenson (1977) anser att reflektionsförändringar inom NIR-området inträffar innan synliga skador kan upptäckas. Under vissa förhållanden kan förändringen innebära en ökning av NIR-reflektionen. Ripple (1987) har visat att NIR-reflektionen från ett enskilt blad ökar när vattenhalten i bladet minskar.

Klorofyllet är mycket känsligt för fysiologiska förändringar. Om trädets tillväxt och produktion störs så minskar eller upphör klorofyllproduktionen, varvid absorptionen av rött och blått ljus minskar. Vi får ett synligt färgomslag - lövverket gulnar när reflektionen av rött ljus ökar (Lillesand och Kiefer, 1979). Denna synliga förändring åtföljs eventuellt av en fortsatt förändring inom NIR-området.

När bladverket blivit rödbrunt och dött är reflektionen av rött ljus hög. I detta stadium betyder omvärldsfaktorerna mycket för NIR-reflektionen. Under torra förhållanden är reflektionen inom NIR-området hög, men vid fuktig väderlek är reflektionen låg (Murtha, 1978).

Det vi observerar i flygbilderna är dock hela trädets eller dungens reflektionsmönster. För att kunna tolka värdena rätt måste man känna till artens normala spektrala signatur vid samma betraktningssvinkel, solhöjd, täckningsgrad, skiktning inom kronan, inverkan av bakgrundsvariabler m m.

Colwell (1974) ger exempel på samspelet mellan täckningsgrad och underlag. Vegetationens reflektion inom rött har större amplitud om den underliggande jorden är ljus än om den är mörk. Han redovisar också att NIR-reflektionen ökar kraftigt med graden av bladövertäckning. Minskad NIR-reflektion vid ökad stress beror bland annat på förlust av bladmassa och att bladgeometrin ändras när turgortrycket minskar (slappa cellväggar och hängande blad). Bladen på ett stressat träd är ofta mindre än genomsnittet, vilket i kombination med ett färre antal ger en ökad skuggförekomst. Detta bidrar också till att ge trädets en annorlunda framtoning.

Om man ska jämföra vitaliteten inom ett område från ett år till ett annat måste värdena kalibreras. En fuktig sommar ger inte samma stress-symptom som en torr. Detta beror inte enbart på avsaknaden av torra, utan unga fräscha blad som ständigt nybildas maskerar eventuella stress-symptom (Lillesand et al., 1979).

Sensorer som arbetar inom NIR-området används ofta för skadedetektering. Biologisk stress kan även registreras med IR termografi (Lundén, 1984), eftersom växternas temperatur snabbt stiger vid störningar av vattenbalan-

sen. I städerna är dock vattentillgången sällan så jämn över en större yta att avvikelser kan noteras.

### 2.3 Filmval

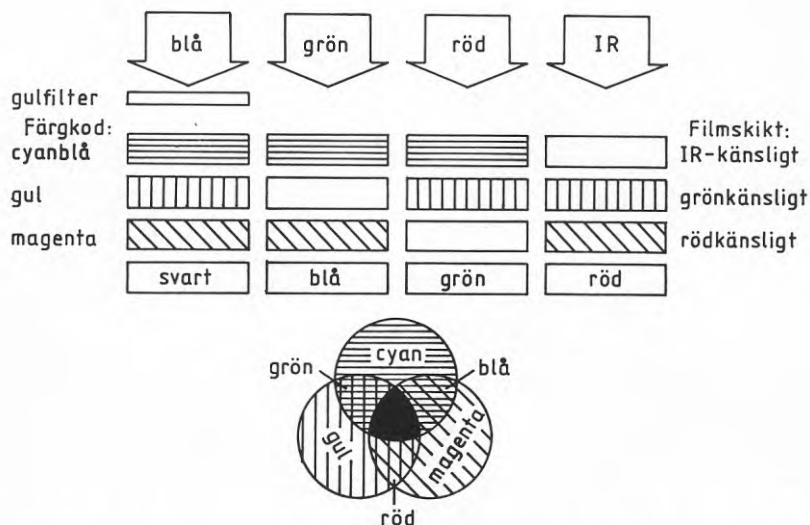
Vid flygfotograferingar används vanligtvis följande filmslag; pankromatisk svartvit film, konventionell färgfilm, svartvit infrarödkänslig film respektive IR-färgfilm.

En film innehåller ett eller flera ljuskänsliga skikt. Hos den konventionella färgfilmen är ett skikt känsligt för blått ljus, ett för grönt och ett för rött ljus. I varje bildelement samverkar dessa skikt och bygger upp den bild vi ser. En IR-färgfilm har också tre ljuskänsliga skikt, ett är känsligt för grönt ljus, ett för blått ljus och ett för IR-strålning. Ett exponerat grönkänsligt skikt blir blått i bilden, det rödkänsliga blir grönt och det IR-känsliga blir rött, vi får en så kallad falsk färgbild, se figur 2.3.

Den fotografiska bilden byggs upp av ett stort antal punkter - bildelement. Filmens ljuskänsliga beståndsdelar, kornen, bestämmer filmens upplösning. En fin-kornig film har en hög upplösning.

Valet av filmslag beror på vilka resurser man har och syftet med fotograferingen.

Svartvit film har en bra geometrisk upplösning, men färgfilm har en bättre spektral upplösning.



Figur 2.3 Principen för färgåtergivning hos IR-färgfilm. Fullständigt exponerat skikt infärgas inte vid framkallningen utan färgen bestäms av en subtraktiv blandning av de återstående filmskiktens färger. Blandfärger uppkommer genom variation i exponering av de tre filmskikten (efter NSF, 1980).

IR-film genomtränger dis och tillåter en hög flyghöjd, men den är svår exponerad och ger hårda skuggor. Informationsbortfallet i IR-bildens skuggor är större än för andra filmslag eftersom gulfiltret (som vanligtvis används vid IR-fotografering) tar bort det diffusa himmelsljuset, som normalt ger ett visst ljus även i skuggpartier.

Svartvit film är relativt billig att använda, men det är lättare att tolka en färgbild. Ögat kan uppfatta 20-120 gråtoner jämfört med 20000-120000 färgnyanser med varierande ljushet och mättnad. Konventionell färgfilm har den fördelen att vi får de färger vi är vana att se och därför rent intuitivt kan tolka vissa färgomslag och kompensera för solhöjd, väder m.m. (Florgård och Larsson, 1979). IR-bilder har den nackdelen att ögat har svårt att skilja olika röda nyanser åt om de inte ligger strax intill varandra. Vår färguppfattningsförmåga bygger på att vi registrerar andelarna av grönt, rött och blått i en viss punkt (Hess, 1985).

Det infallande ljuset har högst intensitet i området 500 - 600 nm (grönt). En pankromatisk svartvit film har en jämn ljuskänslighet vilket gör att det gröna ljuset kommer att dominera avbildningen. Små skillnader mellan de spektrala signaturerna i detta våglängdsområde ger en låg kontrast (NSF, 1980). En konventionell färgfilm har ett känslighetsomfång som ungefär motsvarar ögats (400 - 750 nm) och kan alltså inte registrera vegetationens reflektionstopp inom det nära infraröda området. En IR-film registrerar dock upp till ca 900 nm.

#### 2.4 Infrarödkänslig färgfilm - användningsområden

Den infrarödkänsliga färgfilmen (IRF-film) utvecklades under andra världskriget för att kunna upptäcka kamouflagemålade militärfordon och anläggningar i busk- och skogsmark. Filmtypen lades därefter åt sidan tills man upptäckte dess användbarhet i helt andra sammanhang. IR-färgfilm lämpar sig till exempel väl för kartering av vattenytor. Filmen används dock mest i samband med olika typer av vegetationsstudier.

IRF-flygbilder har länge använts inom jordbruket i USA för att upptäcka och bestämma utbredningen av vegetationsskador, som exempelvis orsakats av järn- respektive kvävebrist. Tekniken har också utnyttjats i skogliga sammanhang för att upptäcka angrepp av specifika skadegörare såsom granbarkborre (Arnberg och Wastenson, 1977). Vidare har IRF-flygbilder använts vid studier av vitalitetsnedsättning hos stadsträd. Redan 1973 använde Kenneweg och Hildebrand (1973) IRF-bilder för att bedöma gatuträdens kondition i Freiburg. Luleå kommun har använt IRF-flygbilder som bas vid framtagandet av sin Grönplan och Trädplan (1984). I Göteborg har IRF-flygbilder använts vid studier av saltskador (Glader et al., 1984). I Stockholmstrakten har skador på gran nyligen karterats med hjälp av IRF-bilder. Än så länge har dock endast ett fåtal kommuner utnyttjat möjligheterna att använda infraröda flygbilder för konditionsbedömning av stadsträd.

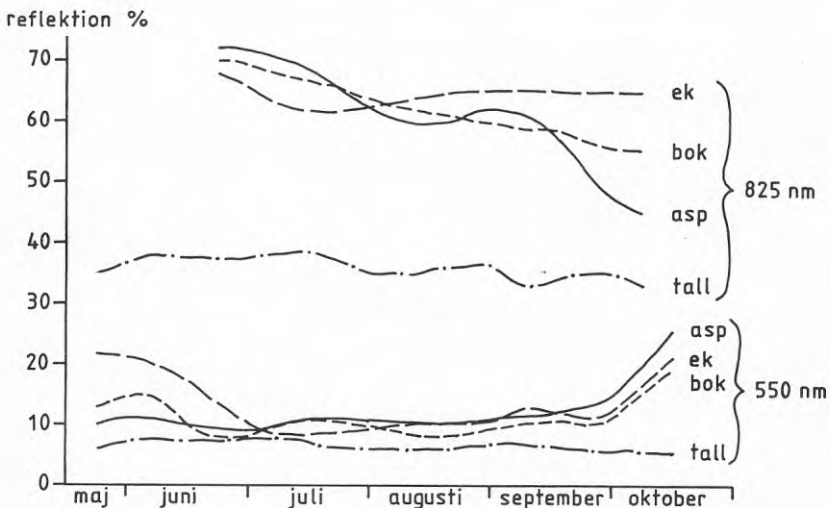
## 2.5 Stressdetektering i IRF-bilder

Frisk vegetation får en röd färg i infraröda färgbilder. Växternas naturliga färg (pigmentering), lövverkets täthet och fördelning inom kronutrymmet m m påverkar dock nyansen.

När ett träd utsätts för stress ökar reflektionen av rött ljus. I IRF-bilden avbildas detta som ett grönbrunt inslag bland de röda trädkronorna. Om skadan ger upphov till vattenbrist och mesofyllkollaps kommer NIR-reflektionen från trädet att minska. Detta minskar inslaget av rött i trädkronorna, de blir i stället vit-rosa. Ett synligt grenverk lyser blåaktigt. Om torra löv sitter kvar i stora grupper kan förväxlingar med friska träd ske på grund av den höga reflektionen inom NIR-området. Man bör också vara observant på att bilden av ett träd som blivit av med större delen av sitt bladverk i hög grad påverkas av underliggande mark, se även kapitel 2.2.

Det har ofta diskuterats om vitalitetsförändringar kan upptäckas tidigare i IRF-flygbilder än i fält. Arnberg och Wastenson (1977) kunde se angrepp av barkborre 7 - 14 dagar efter att angreppet hade skett. Först 3 veckor senare kunde färgförändringarna hos barren på angripna träd ses i fält. Heller (1978) anser dock att varken normal färgfilm eller IRF-film fungerar bra som detektor av skador på barrträd innan synliga färgförändringar inträffat.

När flygbilder ska användas till konditionsbedömning av träd bör fotograferingen utföras när skillnaderna mellan arternas spektrala signaturer är som minst (högsommar-sensommar), se figur 2.4. Man bör ändå känna till vilka arter som är representerade, eftersom några arter i



Figur 2.4 Variationer i reflektion under vegetations-säsongen hos ek, bok, asp och tall, våglängd 550 nm samt 825 nm (efter Bäckström och Welander 1953).



friskt tillstånd kan förväxlas med sjuka individ av andra arter. Pil och platan har båda en mycket ljus framtoning i IRF-bilden. Björk blir mörkt gul-brun-röd och rönn blir orange. Kraftig blomning eller frukt-sättning kan också lura betraktaren. Lind eller ask med mycket frö avbildas med vita eller rosa grentoppar i IRF-bilden (Alm, 1987). Arnberg och Wastenson (1977) har påpekat att en intensiv kottsättning kan ge samma färg-förändring som ett barkborreangrepp. Detta beror troligtvis på att trädet även då utsätts för stress.

När man finner träd med nedsatt kondition vill man veta orsaken. I vissa specifika fall kan man med hjälp av tolkningsnycklar avgöra detta. Murtha (1978) påpekar dock att en skadegörare kan orsaka flera olika symptom, ett specifikt skadesymptom kan ha orsakats av flera olika skadegörare och egentligen vet vi ganska lite om hur den spektrala signaturen ändras vid olika angrepp och skador, samtidigt som en "normal" spektral signatur är svår att fastställa.

## 2.6 Skala - tolkningsmetoder

Detaljkartering med hjälp av IRF-bilder sker normalt i skala 1:20000, men för att kunna urskilja varje enskilt träd krävs 1:5000. Den mindre skalan ger en bättre överblick, eftersom mängden träd som kan jämföras ökar. Mot detta talar att i den storskaliga bilden kan struktur, textur, skuggor m m utnyttjas för att bland annat identifiera arten.

Vid undersökningar i München (Haydn et al., 1985) har flygbilder i skala 1:5600 använts. Denna bildskala har visat sig vara mycket användbar. Senare försök med en högre flyghöjd har även de gett goda resultat. En mindre skala innebär att betydligt färre bilder behöver analyseras, vilket påverkar kostnad och tidsåtgång högst väsentligt. När det gäller den digitala bearbetningen kan antalet bilder bli helt avgörande för metodens lämplighet på kommunal nivå, eftersom scanning (se nedan) ger mycket stora datavolymer.

Flygbilder kan antingen tolkas manuellt eller halv- till helautomatiskt. Manuell tolkning har de fördelarna att tolkningen av bilderna kan utföras direkt med relativt enkel utrustning. Halv- och helautomatisk tolkning kräver bilder i digital form och bearbetningen är av sådan art att uppdraget på grund av utrustnings- och utbildningsbehov bäst lämpar sig för utläggning på konsult.

För att bedöma skadornas omfattning kan man räkna individ, markera skadad yta eller ge en volymsuppskattning. Man kan också gradera skadorna (Murtha, 1978). Flera författare till exempel Lillesand et al. (1979) har försökt göra en kvantitativ bedömning av stress genom att föra samman mätbara variabler till olika index, vars tillförlitlighet sedan testades. De påpekade att IRF-film är bäst för stressidikering på grund av den inverkan som stress har på IR/R kvoten. Samma författare har tidigare visat kvotens höga korrelation med stresssymptom såsom utglesad krona, kloros och nekros (Manion et al., 1977).



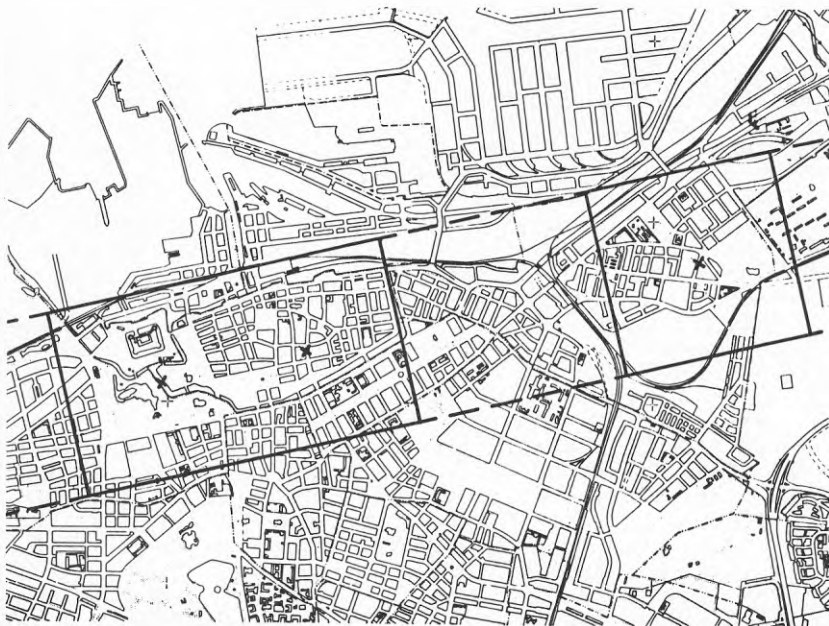
### 3 PROJEKT BESKRIVNING

#### 3.1 Försöksområde

Undersökningen har omfattat miljöer med för staden representativa ståndortsförhållanden, där det förekommer såväl friska träd som träd med nedsatt kondition. För att få med så många olika stadsmiljöer som möjligt valdes ett 1 km brett och 5 km långt område i Malmö's norra delar, se figur 3.1. Försöksområdet innefattar två stora, centralt belägna parker, gamla stadskärnan med stora trafikproblem och ett ytterområde (Kirseberg) med genomfartstrafik och en stor park.

#### 3.2 Fältinventering

Området fältinventerades under juli 1986. Inventeringsmaterialet till "Trädplan för Malmö" (1982) användes som underlag. Vid fältinventeringen noterades art, om möjligt sort, avvikande kronform, synliga skador på stam, grenar och lövverk, toptorka m m. Trädens allmänna kondition bedömdes efter en 4 gradig skala; 0-25% (sämst), 25-50%, 50-75% respektive 75-100% (bäst) vitalitet. Uppgifterna från den gamla trädinventeringen kontrollerades också. Inventeringen från 1982 täcker in de centrala delarna av staden, men enbart den yttersta trädraden i varje park. I gengäld omfattar den alla träd som bidrog till "gatugrönskan" 1982, alltså även de träd som stod på privat mark. Inventeringen är mycket innehållsrik med uppgifter om trädhöjd, stamomfång, underlagets beskaffenhet m m, se bilaga 1.



Figur 3.1 Karta över Malmö's norra delar som visar flygfotograferad yta och valda testområden.

### 3.3 Flygfotografering

Lantmäteriverket (LMV) flygfotograferade området 14 augusti 1986. Under första veckan i augusti gjordes en snabbkontroll av lövverket eftersom det i vissa delar av försöksområdet gått fyra veckor sedan fältinventeringen utförts. Flygfotograferingstidpunkten var vald så att de artspecifika skillnaderna i färgåtergivning skulle minimeras, samtidigt som tecknen på vitalitetsnedsättning skulle vara möjliga att upptäcka. Om syftet i stället hade varit artbestämning skulle flygfotograferingen utförts strax efter lövsprickningen, se även kapitel 2.5 och figur 2.4.

Flygstråket var lagt i väst-östlig riktning. När man tolkar IRF-bilder från nord-sydliga stråk kan blandningen av med- och motljusposition vara klart besvärande. Träden kan få klart skilda färgnyanser i vänster och höger bild, (NSF, 1980). Flygbilderna togs med Zeiss LMK - 244679A med filter 500. Kameran har rörelsekompensation, vilket gör att man kan flyga på låg höjd utan att få rörelseoskärpa.

Fotograferingstidpunkten var bestämd till mellan kl 10 och 14 för att få relativt korta skuggor och bilderna togs 11.30. Flygfotograferingen skulle utföras i soligt väder. Om man väljer att fotografera under ett molntäcke får man skuggfria bilder - högre inblickbarhet - men kontrasten blir lägre. Förekomsten av dis bedömdes till 6 d v s nästan helt klar sikt. Flyghöjden var 760 m vilket gav en ungefärlig negativskala på 1:5000 för stråkbilderna, dessutom togs en översiktsbild på 1500 m höjd. Totalt togs 27 bilder med en övertäckning av 80%. Den fotografiska kvaliteten var mycket god (betyg 5).

Inom stråket valdes tre testytor på vardera 1000 x 1000m ut för vidare analys, se figur 3.1. Diapositiv av översiktsbilden och 8 st diapositiv för stereotäckning av testytorna beställdes från Lantmäteriverket.

### 3.4 Manuell flygbildstolkning

Diapositiven tolkades därefter i ett stereoinstrument, ett Interpretoskop (Zeiss Jena) med steglös förstöringsgrad 2x - 16x. Arbetet underlättas avsevärt när man kan växla mellan översiktliga studier med låg instrumentförstoring (stort synfält) och detaljstudier av enskilda träd (litet synfält).

Först måste tolkaren tränas att känna igen skadade träds spektrala signaturer. För detta ändamål hade några träningsytor inom varje testområde valts ut. Enligt fältinventeringen fanns det inom dessa ytor representativa träd från de fyra vitalitetsklasserna. Tolkningen utfördes direkt på transparanta överlägg (plastfilm).

I den första tolkningen av flygbilderna bedömdes klass-tillhörigheten efter tydliga avvikelser i färgton samt mängd kvarvarande lövverk och synliga grenar. I den andra flygbildstolkningen valdes några frekvent förekommande trädslag (alm, lind och kastanj) ut och undersöktes var för sig. Detta för att undvika felklassningar

på grund av vissa arters kraftigt avvikande reflektions-egenskaper, se kapitel 2.5.

### 3.5 Digitalisering

Ett diapositiv från varje testyta samt översikt bilden sändes till FOA 3 i Linköping. Där överfördes den fotografiska bilden till digital form med hjälp av en flerfärgsscanner, Optronics C-4500. Metoden innebär i korthet att en laserscanner söker av diapositivet med en upplösning på 25, 50 eller 100 mikrometer. Processen upprepas för varje våglängdsband. Vid scanningen tilldelas varje pixel ett värde mellan 0 och 255 (gråtonsnivå). Den finaste upplösningen, 25 mikrometer (40 linjer/mm), tangerar filmens egen upplösning. I undersökningens bildmaterial (skala 1:5000) innebär 25 mikrometers upplösning att minsta enheten (pixeln) i den digitala bilden motsvarar en fyrkant med 12,5 cm sida i markplan.

Bilden över Malmö's gamla stadskärna scannades med en upplösning på 25 mikrometer och i tre våglängdsband (grönt, rött och NIR). Översikt bilden scannades också med en upplösning på 25 mikrometer, men enbart i två våglängdsband (rött och NIR). De återstående bilderna scannades med en upplösning på 50 mikrometer och i två våglängdsband (rött och NIR). På grund av de stora datamängderna scannades endast delar av varje diapositiv. Slutprodukten rymdes på 12 magnetband (800 bpi packningstäthet).

### 3.6 Automatisk klassning

De digitala bilderna analyserades på Fjärranalyslaboratoriet, Naturgeografiska institutionen vid Lunds universitet. Den hårdvara som har använts utgörs av en Dipix ARIES III bildbehandlingsutrustning och en DEC Microvax-dator med kringutrustning. Den programvara som använts ingår som standard i ARIES-systemet, men utöver denna har vissa Fortran-program skrivits och körts på Microvaxen. Analyserna har utförts av L. Eklundh och P. Pilesjö. Nedanstående beskrivning bygger till stor del på den rapport som avlämnats inom projektet (Pilesjö och Eklundh, 1986).

För att en automatisk klassning av träd ska kunna ske måste friska och sjuka träd spektrala signaturer identifieras. Detta görs genom att datorn får analysera gråtonsvariationen inom ett antal ytor representerande de olika vitalitetsklasserna. Statistiskt brukar man anse att 30 individer i varje klass ger en heltäckande bild av variationen. Det totala antalet skadade träd har varit för litet för att tillåta 30 "träningsträd" per klass. Med tanke på det stora antal pixlar i varje klass (mer än 1000) anser vi ändå att variationen täckts in.

Avgränsningen av träningsytor var problematisk eftersom skadade träd ofta har glesa kronor p g a beskärning eller alltför tidig bladfällning. Om alltför många "markpixlar" kommer med i beräkningarna höjs standardavvikelsen och vitalitetsklasserna blir svårare att

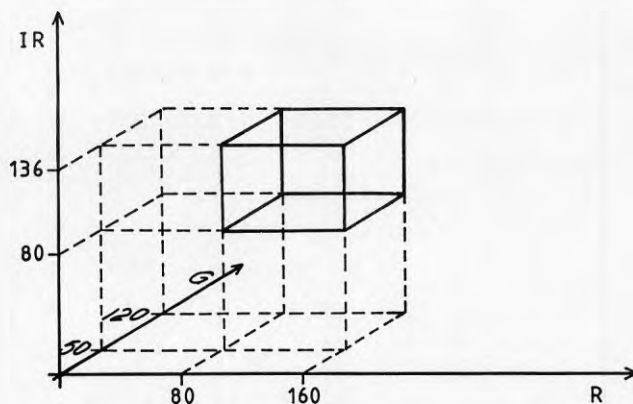
skilja åt. Problemet reducerades genom att träningsytorna plockades från en bild där allt utom trädskronorna var bortmaskat. Vissa kantpixlar blir dock kvar vid detta förfarande varför de mest extrema värdena plockades bort (vanligtvis reduceras ytan med 5%).

Vegetation kan enkelt separeras från icke-vegetation genom att se på de spektrala egenskaperna. Växter har som tidigare nämnts en hög reflektion inom NIR-området. Andra objekt som delar denna egenskap har även en hög reflektion inom andra delar av spektrat, vilket inte vegetationen har. Kvoten NIR/rött kan därför användas för att skilja ut vegetationen. Djup skugga kan också identifieras på liknande sätt.

När träden står på gräsmattor eller i buskage blir det betydligt svårare att skilja dem från underlaget. Gräsets reflektion överlappas nästan helt av reflektionen från de ljusare delarna i ett träd. Detta gäller både för de gröna, röda och infraröda kanalerna och för kvoter dem emellan. Problemet löstes genom att ytornas "textur" studerades. En gräsmatta har en mycket låg gråtonsvariation mellan intilliggande pixlar, medan ett träd kan ha en hög variation. Standardavvikelsen beräknades inom 5 x 5 pixlar stora rutor och värdet tilldelades centumpixeln. Operationen upprepades pixel för pixel. På så sätt genererades en ny bild innehållande standardavvikelsen inom varje ruta. Denna bild användes senare för att maska bort alla gräsmattor. Vissa kantpixlar blev kvar men deras inverkan är försumbar.

Typ av data, maxkostnad för klassningen och användarens resultatkrav styr valet av klassningsalgoritm. I denna undersökning har boxklassning och maximum likelihood-klassning använts.

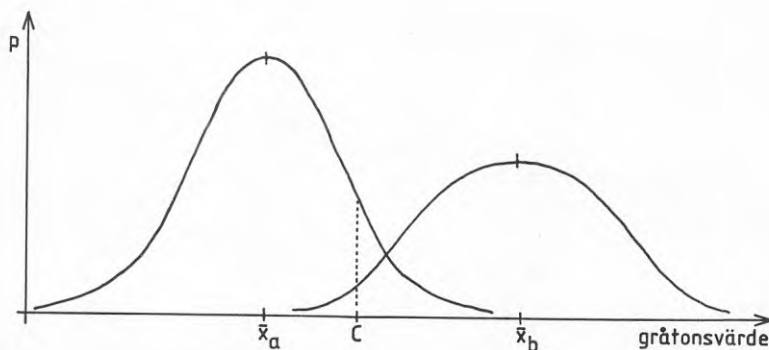
Boxklassning bygger på att det i samtliga våglängdsband finns distinkta gränser mellan de olika klasserna så att "boxar" kan konstrueras, se figur 3.2. Metoden saknar en sannolikhetsbedömning för var pixlar inom överlappande klasser bör placeras.



Figur 3.2 Principen för boxklassning åskådliggjord genom ett exempel. Klassen har i de våglängdsband som utnyttjats fått värdena; IR 80-136, R 80-160 och G 50-120.

För att reducera felet med de överlappande pixlarna i boxklassningen utarbetades en metod för att finna den optimala gränsen mellan två överlappande klasser. Metoden bygger på det rimliga antagandet att varje klass följer en normalfördelningskurva. Gränsen sätts i fördelningskurvornas skärningspunkter.

Maximum likelihood-klassningen bygger på att värdena i varje klass är normalfördelade. Sannolikheten att den pixel som ska klassificeras tillhör en viss klass beräknas. Pixeln placeras därefter i den klass där sannolikheten är högst, se figur 3.3. Användaren kan själv sätta ett nedre gränsvärde på sannolikheten (tröskelvärde) och därigenom bestämma om en pixel ska tas med i klassificeringen eller ej. Metoden är dyrare än boxklassningen, eftersom beräkningarna tar lång tid, men den har många fördelar.



Figur 3.3 Principen för maximum likelihood-klassning illustrerad för ett våglängdsband. Sannolikheten ( $p$ ) för att gråtonsvärdet  $C$  tillhör klass  $a$  är betydligt större än sannolikheten att det tillhör klass  $b$ .

Vid analyserna användes både originalvåglängdsbanden och följande kvoter och index;

namn	formel
Kvot NIR/Rött	NIR-bandet/Röda bandet
"Difference Over Sum"	$(\text{NIR}-\text{Röd})/(\text{NIR}+\text{Röd})$
Biomasseindex	$\sqrt{(\text{NIR}-\text{Röd})/(\text{NIR}+\text{Röd}+1)}$



## 4 UTVÄRDERING

Undersökningen omfattade 5119 träd. Av dessa står 2216 i någon av de tre stora parkerna. Resten återfinns i mindre planteringar eller i ren gatumiljö. Totalt bortföll 374 träd som antingen var för små eller var skuggade av hus eller av högre vegetation.

## 4.1 Utvärdering av manuell flygbildstolkning

Vid den manuella tolkningen noterades vitalitetsklass direkt på plastfilm ovanpå flygbilden. Dessa markeringar överfördes sedan till kartor för att kunna jämföras med fältdata. För att detta inte ska bli en tidskrävande procedur och en källa till fel måste alla träd vara inmätta och finnas med på underlagsmaterialet. I detta sammanhang kan värdet av å jour förda kartor inte nog understrykas. Under arbetet med att jämföra fältdata med flygbildstolkningens resultat utarbetades ett markeringssystem med färg och symboler som direkt talade om klass i de jämförda bedömningarna samt över- resp. underskattning i förhållande till fältdata, se figur 4.1.

VITALITETS KLASS	VITALITETSKLASS - REFERENS			
	0-25% röd	25-50% grön	50-75% blå	75-100% gul
0-25%	●	—	□	☆
25-50%	×	●	—	□
50-75%	○	×	●	—
75-100%	▽	○	×	●

Figur 4.1 Markeringssystem för 4 vitalitetsklasser.

## 4.1.1 Testområde 1, fältdata/manuell tolkning

Området, som bland annat omfattar Kungs- och Slottsparken, delades upp i två delar, en gatudel och en parkdel. Delarna utvärderades var för sig.

Del 1 omfattade gatuträd och mindre planteringar. Av de 818 träd som ingick i delstudien var 76 st skuggade eller för små för att med säkerhet kunna bedömas.

11% av trädbeståndet bedömdes som skadat (0-75% vitalitet) i den manuella tolkningen jämfört med endast 6% av träden enligt fältobservationerna, se tabell 4.1.

23 träd hade markerats som skadade (0-75% vitalitet) både i fältinventeringen och flygbildstolkningen.

Tabell 4.1 Trädens fördelning på vitalitetsklasser enligt fältdata respektive enligt den manuella flygbildstolkningen.

vitalitetsklass enl. manuell tolkning	vitalitetsklass enl. fältdata				summa
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
0-25%	2	1	-	1	4
25-50%	1	3	3	1	8
50-75%	-	1	12	54	67
75-100%	3	5	15	640	663
summa:	6	10	30	696	742

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 89%  
 Skador överskattade en klass vid manuell tolkning: 8%  
 Skador underskattade en klass vid manuell tolkning: 2%

Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass:

0- 25% vitalitet - 33%  
 25- 50% vitalitet - 30%  
 50- 75% vitalitet - 40%  
 75-100% vitalitet - 92%

Om man reducerar antalet klasser till 2 blir resultatet:  
 0- 50% vitalitet - 44% eller: 0- 75% vitalitet - 50%  
 50-100% vitalitet - 99% 75-100% vitalitet - 92%

För del 2, Kungsparken och Slottsparken, blir utvärderingen inte helt rättvisande på grund av att vissa unga och täta bestånd fick utgå. Parkerna har något olika karaktär. Kungsparkens träd är till stor del solitärer medan Slottsparkens träd är beståndsbildande, men denna skillnad verkar inte ha påverkat bedömningen.

I utvärderingen ingick 1384 träd, I Kungsparken fanns ytterligare 84 träd som antingen var för små eller beskuggade. I Slottsparken bortgick ett okänt antal träd. I fältundersökningen har endast 2% av det totala antalet träd ansetts ha några skador, jämfört med 3% i flygbildstolkningen. Det stora flertalet träd är friska. Andelen träd som markerats lika blir av denna anledning högt.

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 95%.  
 Skador överskattade en klass vid manuell tolkning: 2%.  
 Skador underskattade en klass vid manuell tolkning: 1%

Eftersom antalet skadade träd är så litet redovisas inte materialet indelat i fyra klasser.

Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass:

0- 50% vitalitet - 21% eller: 0- 75% vitalitet - 25%  
 50-100% vitalitet - 100% 75-100% vitalitet - 97%

## 4.1.2 Testområde 2, fältdata/manuell tolkning

Område 2, Malmö's gamla stadskärna, var trots den utpräglade innerstadsmiljön ganska rikt på träd. Av 1373 undersökta träd var 196 skuggade eller allt för små. Av kyrkogårdens träd har endast de som bidrar till gatugrönskan medtagits.

I fältundersökningen har 10% av trädbeståndet ansetts vara skadat, motsvarande siffra i den manuella flygbildstolkningen är 14%, alltså en mindre skillnad än för föregående område, se tabell 4.2.

Totalt 76 träd (6%) har markerats som skadade både i fältundersökningen och i flygbildstolkningen.

Tabell 4.2 Trädens fördelning på vitalitetsklasser enligt fältdata respektive enligt den manuella flygbildstolkningen.

vitalitetsklass enl. manuell tolkning	vitalitetsklass enl. fältdata				summa
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
0-25%	10	3	1	-	14
25-50%	5	6	-	7	18
50-75%	8	19	24	87	138
75-100%	10	9	57	931	1007
summa:	33	37	82	1025	1177

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 82%  
Skador överskattade en klass vid manuell tolkning: 8%  
Skador underskattade en klass vid manuell tolkning: 7%

Träd klassade lika i % av totala antalet träd i varje vitalitetsklass:

0- 25% vitalitet - 30%  
25- 50% vitalitet - 16%  
50- 75% vitalitet - 29%  
75-100% vitalitet - 91%

Om man reducerar antalet klasser till 2 blir resultatet:  
0- 50% vitalitet - 34% eller: 0- 75% vitalitet - 50%  
50-100% vitalitet - 99% 75-100% vitalitet - 91%

## 4.1.3 Testområde 3, fältdata/manuell tolkning

Utvärderingen av bilden över Kirseberg, ytterområdet med genomfartstrafik och en stor park, Beijers park, delades på samma sätt som område 1.

I del 1 (gatudelen) fanns 628 träd, varav 18 st var för små eller skuggade. Vid fältinventeringen ansågs 12% av trädbeståndet vara skadat, men i den manuella flygbildstolkningen hade hela 19% av träden klassats som skadade, se tabell 4.3.

45 träd (7%) har markerats som skadade både i fältundersökningen och flygbildstolkningen.

Tabell 4.3 Trädens fördelning på vitalitetsklasser enligt fältdata respektive enligt den manuella flygbildstolkningen.

vitalitetsklass enl. manuell tolkning	vitalitetsklass enl. fältdata				summa
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
0-25%	11	8	-	1	20
25-50%	2	6	4	10	22
50-75%	3	1	10	60	74
75-100%	40	8	15	467	494
summa:	20	23	29	538	610

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 81%  
Skador överskattade en klass vid manuell tolkning: 12%  
Skador underskattade en klass vid manuell tolkning: 3%

Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass:

0- 25% vitalitet - 55%  
25- 50% vitalitet - 26%  
50- 75% vitalitet - 34%  
75-100% vitalitet - 87%

Om man reducerar antalet klasser till 2 blir resultatet:

0- 50% vitalitet - 63%      eller: 0- 75% vitalitet - 63%  
50-100% vitalitet - 97%      75-100% vitalitet - 87%

I del 2, Beijers park, fanns 832 träd. I fältinventeringen har endast 1% av trädbeståndet klassats som skadat. I den manuella tolkningen är motsvarande siffra 3%.

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 97%  
Skador överskattade en klass vid manuell tolkning: 2%  
Skador underskattade en klass vid manuell tolkning: <1%

Eftersom antalet skadade träd är så litet redovisas inte materialet indelat i fyra klaser.

Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass:

0- 50% vitalitet - 29%      eller: 0- 75% vitalitet - 44%  
50-100% vitalitet - 100%      75-100% vitalitet - 98%

Den digitala klassningen utfördes på testområde 3, se kapitel 4.2.

#### 4.1.4 Samband mellan "feltolkning", trädslag och synliga skador i fält - manuell tolkning

Förutom vitalitetsklass har uppgifter om synliga skador på stam, grenar och lövverk noterats i fält. Dessa kan i vissa fall förklara skillnaderna mellan den manuella flygbildstolkningens resultat och fältdata.

I bilaga 2 redovisas art och vilka skador (om några alls) som noterats i fält för de träd som klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata.

Rådatatabellen förenklades för att underlätta tolkningen. Tabell 4.4 redovisar trädslagens fördelning bland de träd som klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata.

Totalt 62 träd har enligt fältundersökningen skador som vid flygbildstolkningen underskattats kraftigt (mer än en klass). Av dessa är 22 st unga eller små. 24 träd av de resterande 38 har skador på stam, grenar eller bladverk.

Av de 29 träd, där skadorna överskattats kraftigt i förhållande till fältklassningen, har 18 st skador på stam, grenar eller bladverk.

Det var också av intresse att undersöka i vilken mån de träd som i fält uppvisade skador på stam, grenar och lövverk fanns med bland de som i flygbilderna bedömts vara skadade (mindre än 75% vitalitet). Tabell 4.5 redovisar hur stor andel av noterade skador som upptäckts.

Som väntat gäller att ju kraftigare missfärgning av bladverket desto större chans för upptäckt i flygbilderna. Topptorra och glesa träd syns också tydligt i flygbilderna.

Tabell 4.4 Trädslagens fördelning bland under- respektive överskattade skador.

	pelarpoppel	hagtorn	kastanj	platan	björk	lönn	rönn	pil						
fält/flygb.	naverlönn	robinia	mandel	lind	alm	ask	ek							
0-25/75-100	3	1	4	-	1	-	4	3	1	3	-	-	-	-
0-25/50-75	-	-	-	-	-	-	4	4	-	3	-	-	-	-
25-50/75-100	-	1	3	2	3	1	5	1	2	8	1	1	1	1
summa:	3	2	7	2	4	1	13	8	3	14	1	1	1	1
75-100/0-25	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
50-75/0-25	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75-100/25-50	-	-	3	-	4	-	-	2	2	14	-	-	-	-
summa:	-	-	3	-	5	-	-	2	3	16	-	-	-	-



Tabell 4.6 visar i hur många fall skademarkeringarna (0-75% vitalitet) i den manuella flygbildstolkningen sammanfaller med noteringar om missfärgningar, torra grenar, stamskador m m. I samtliga fall har träden, trots angivna skador, klassats som friska i fältundersökningen.

Tabell 4.5 Antal i flygbilderna upptäckta skador i förhållande till vid fältundersökningen observerade skador.

skadetyyp	område 1		område 2		område 3	
	gatudel	parkdel	gatudel	parkdel	gatudel	parkdel
L	6/74= 8%		12/47 =26%		-/8 = 0%	
LL	11/42=26%	3/18=17%	28/63 =44%	50/83=60%	3/14=21%	
LLL	2/3 =67%		7/9 =78%		8/9 =89%	
G	17/55=31%	7/39=18%	36/113=32%	47/84=56%	3/22=14%	
tt	7/13=54%	2/8 =25%	3/9 =33%	5/9 =56%	2/6 =33%	
S	10/23=43%	1/9 =11%	23/69 =33%	9/25=36%	-/2 = 0%	
k	2/4 =50%		1/9 =11%		10/17=59%	1/11= 9%

Tabell 4.6 Skadebild för de träd som i fält markerats som friska (75-100% vitalitet) men som i flygbildstolkningen klassats som A= 0-25% vitalitet, B= 25-50% vitalitet samt C =50-75% vitalitet

skadetyyp	område 1			område 2			område 3						
	gatudel			parkdel			gatudel			parkdel			
	A	B	C	B	C	B	C	A	B	C	A	B	C
L	-	-	6	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
LL	1	-	5	1	-	4	9	1	2	18	-	-	2
LLL	-	-	1	-	-	1	-	-	3	5	-	-	-
G	-	-	1	2	4	2	14	1	6	14	-	-	2
tt	-	-	2	-	2	-	1	-	1	4	-	-	1
S	-	-	3	1	-	-	13	-	-	2	-	-	-
k	-	-	-	-	-	-	1	1	1	8	-	-	1
>1 skada/tr	-	-	1	1	-	2	13	1	5	13	-	-	2
1 skada/tr	1	-	16	2	6	3	22	-	2	23	-	-	1
- skada	0	1	37	2	27	2	52	-	3	24	1	2	11
totalt	1	1	54	5	33	7	87	1	10	60	1	2	14

L= svag missfärgning, LL= missfärgning, LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk, tt= topp torr, S= stamskador, k= gles krona

En stor del av de träd som i flygbildstolkningen ansetts vara lätt skadade (50-75% vitalitet) har också i fält uppvisat skador, även om de där inte lett till skademärkning. Det är framför allt träd med missfärgat bladverk och torra grenar som upptäckts i flygbilderna.

#### 4.1.5 Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den första, icke artföljande, tolkningen

Vid tolkningen visade det sig vara svårt att bedöma trädens vitalitet utan att kontrollera art och ibland även sort. Artspecifika färgvariationer var trots foto-graferingstidpunkten klart märkbara.

Det finns ett mycket stort antal arter inom området (mer än 30 st). De flesta arter representeras dock enbart av ett fåtal exemplar, varför det är svårt att dra några slutsatser angående skadebild och tolkningskarakteristika för dessa. Tre arter dominerar inom testområdena - alm, lind och hästkastanj. Det stora antalet träd medger en separat utvärdering av dessa.

Först studerades det gamla utvärderingsmaterialet, se tabell 4.7 och 4.8. Eftersom vi här rör oss med ett betydligt mindre antal träd redovisas resultaten på ett mer översiktligt sätt.

Tabell 4.7 Träd klassade lika i % av totala antalet träd

art område	alm			lind		hästkastanj		
	1	2	3	1	2	1	2	3
	84%	70%	77%	95%	88%	91%	84%	82%

Tabell 4.8 Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje klass, två klassindelningar:

vitalitet	art område	alm			lind		hästkastanj		
		1	2	3	1	2	1	2	3
0- 50%		30%	29%	67%	67%	36%	--	50%	70%
50-100%		99%	100%	97%	100%	100%	100%	96%	97%
0- 75%		31%	57%	65%	67%	44%	50%	82%	79%
75-100%		90%	73%	82%	95%	94%	92%	87%	86%

#### 4.1.6 Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den andra, artföljande, flygbildstolkningen - skadefrekvens

Flygbilderna tolkades ännu en gång, men nu angavs bara förekommande missfärgningar respektive ovanligt ljusa träd. En trädskarta där arterna markerats användes som underlag. Resultatet jämfördes både med fältdata och den tidigare utförda flygbildstolkningen. Utvärderingen visar att fler av de enligt fältundersökningen skadade

träden (0-75% vitalitet) upptäcks om man tolkar varje trädslag för sig.

För alm, område 1, var skillnaden stor mellan den första flygbildstolkningen och den för enbart alm. Andelen skadade almar, av totalt 377 st, ökade från 12% till 19%. 33 träd (9%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 8% av almarna skadade.

För alm, område 2, var skillnaden inte så stor mellan den första flygbildstolkningen och den för enbart alm. Andelen skadade almar, av totalt 235 st, ökade från 30% till 38%. 58 träd (25%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 10% av almarna skadade.

För alm, område 3, gav de båda tolkningarna ungefär samma resultat. Andelen skadade almar, av totalt 327 st, ökade från 24% i den första flygbildstolkningen till 25% i den för enbart alm. 60 träd (18%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 12% av almarna skadade.

För lind, område 1, var skillnaden mycket stor mellan den första flygbildstolkningen och den för enbart lind. Andelen skadade lindar, av totalt 292 st, ökade från 6% till 20%. 17 träd (6%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Alla lindar som klassats som skadade i den första flygbildstolkningen fanns alltså med bland de skademarkerade i den andra tolkningsomgången. Enligt fältinventeringen var endast 2% av lindarna skadade.

För lind, område 2, var skillnaden också stor, andelen skadade lindar, av totalt 470 st, ökade från 9% i den första flygbildstolkningen till 17%. 29 träd (6%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 10% av lindarna skadade.

För hästkastanj, område 1, gav de båda tolkningarna ungefär samma resultat. Andelen skadade kastanjer, av totalt 103 st ökade från 9% till 10%. 7 träd (7%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var endast 2% av kastanjerna skadade.

För hästkastanj, område 2, var skillnaden däremot stor mellan den första flygbildstolkningen och den artföljande tolkningen. Andelen skadade kastanjer, av totalt 98 st, ökade från 20% till 30%. 15 träd (15%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 11% av kastanjerna skadade.

För hästkastanj, område 3, var skillnaden också stor mellan den första flygbildstolkningen och den artföljande tolkningen. Andelen skadade kastanjer, av totalt 163 st, ökade från 19% till 40%. 29 träd (18%) har markerats som skadade i båda undersökningarna. Enligt fältinventeringen var 9% av kastanjerna skadade.

4.1.7 Tolkningsresultat för alm, lind och hästkastanj enligt den artföljande flygbildstolkningen - samband mellan skadetyper och färgavvikelse

Om man ser på sambanden mellan i fält observerad skadetyper och i tolkningen markerad missfärgning eller onormal ljushet för de olika trädslagen blir resultatet följande:

Alm, område 1. Av de skadade träden är 77% missfärgade, 15% ljusa och 8% topptorra. Bland de missfärgade har ungefär hälften stam eller grenskador, medan de ljusa nästan uteslutande har lövverksskador. Endast en fjärdedel av de träd som har lövverksskador har upptäckts. Bland de missfärgade träden finner vi de flesta kombinationsskadorna.

Alm, område 2. Av de skadade träden är 93% missfärgade resten är ljusa. Alla skadetyper förekommer bland de missfärgade, men med en viss övervikt mot stam och grenskador. Dessa skador dominerar dock generellt bland almarna i denna bild. Där träd med flera skadetyper upptäckts har de markerats som missfärgade.

Alm, område 3. Av de skadade träden är 88% missfärgade, 9% ljusa och resten topptorra. Där träd med flera skadetyper upptäckts har de i regel klassats som missfärgade.

Lind, område 1. Av de skadade träden är 83% missfärgade och resten är ljusa. Det verkar inte finnas något samband mellan skador och missfärgningstyp annat än att träd med flera skadetyper oftast markerats som missfärgade.

Lind, område 2. Av de skadade träden är 44% missfärgade, resten är ljusa. Här har träd med flera skadetyper noterats som missfärgade, medan träd med lövverksskador till största delen markerats som ljusa. Ungefär hälften av de lindar som har lövverksskador har upptäckts.

Hästkastanj, område 1. Av de skadade träden är 40% missfärgade och resten är ljusa. Nästan enbart lövverksmissfärgningar har angetts som skador i båda fallen.

Hästkastanj, område 2. Av de skadade träden är 66% missfärgade och resten är ljusa. Liksom i de andra fallen verkar träd som har flera skadetyper markeras som missfärgade.

Hästkastanj, område 3. Av de skadade träden har 50% markerats som missfärgade, 45% som ljusa och resten var topptorra. Enbart lövverksskador har i de flesta fall markerats som missfärgningar, medan kombinationsskador fördelar sig ganska jämnt mellan missfärgade och ljusa träd.

#### 4.2 Utvärdering av digital bearbetning och efterföljande manuell tolkning

Den av FOA utförda scanningen visade sig ha stora brister. Under avsökningen av två av flygbilderna hade en förskjutning inträffat, vilket ledde till att pixlarna i de olika färgskikten inte direkt kunde jämföras. Förskjutningen var inte jämn över bilderna och kunde därför inte justeras på ett enkelt sätt. På FOA hade liknande fel aldrig tidigare upptäckts varför man heller inte kunde garantera att en ny scanning skulle ge bättre resultat. Detta tillsammans med tidsbrist gjorde att de två bilderna fick utgå ur analysen.

De kvarvarande bilderna kunde ändå ge en uppfattning om antalet färgseparationers, skalans och scanningupplösningens betydelse.

##### 4.2.1 Vitalitetsklassning på pixelnivå

Bilden över Malmö's gamla stadskärna (testområde 2) var separerad i tre färger, hade en skala på 1:5000 och var scannad med en upplösning på 25 mikrometer. Bearbetningen började med att isolera de givna "tränings"träden genom att maska bort underlaget. Detta gjordes genom att projicera NIR-bandet, kvoten och resultatet från standardavvikelsefiltreringen, se kapitel 3.6, på den till bildbehandlingssystemet hörande högupplösande färgskärmen. Genom att testa gråtonsvärdena i NIR-bandet, kvotvärdena för kvotbandet och standardavvikelsevärdena för trädskärmen respektive annan marktäckning kunde lämpliga värden för gränsen mellan dessa fastställas. All underliggande mark färgades på grundval av detta svart, medan värdena för trädskärmen inte ändrades. Efter detta kunde träningsytorna enkelt avgränsas.

Medelvärde och standardavvikelse beräknades i varje band för respektive träningsyta och korrelationen mellan de olika banden bestämdes. Korrelationen mellan det röda bandet eller kvotbandet kontra DOS-bandet och biomasseindex-bandet var i alla klasserna högre än 0,98. Dessa index tillförde alltså inte något till analysen och ströks därför. Vidare ritades diagram för att illustrera de olika klassernas överlappning i de olika banden, se figur 4.2. Här ser man klart att det inte går att separera träden i de fyra klasserna 0-25%, 25-50%, 50-75% och 75-100% vitalitet, om man kräver en statistisk noggrannhet överstigande 50%.

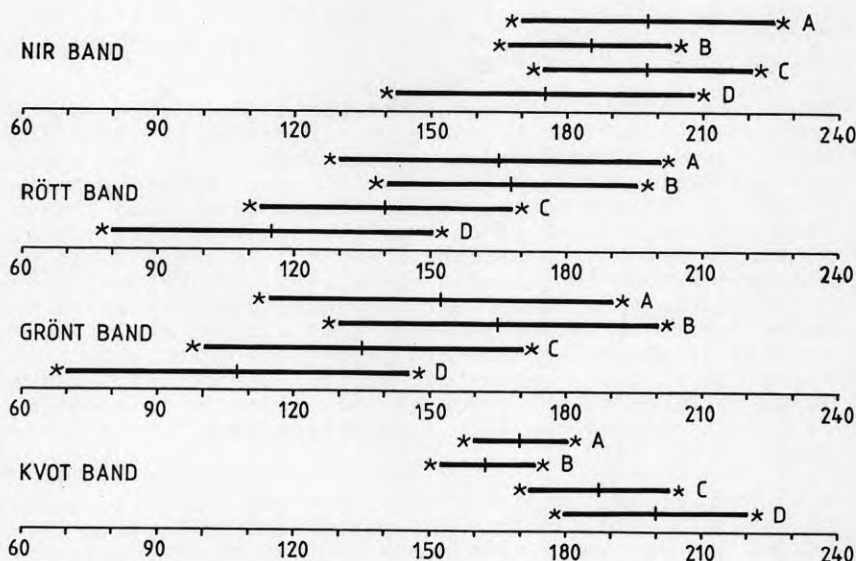
Slår man däremot ihop klasserna två och två och betecknar 0-50% vitalitet som "skadade" och 50-100% vitalitet som "friska" så kan noggrannheten höjas avsevärt. Antar vi att klasserna är normalfördelade kan de, genom att man gör en boxklassning i kvotbandet, teoretiskt separeras till 76,5%. Detta innebär att man kan skilja ut 76,5% av de "friska" pixlarna och klassa dem samt att man kan göra det samma med de "skadade".

Flygbilden över Kirseberg (testområde 3) var separerad i två färger, hade en skala på 1:5000 och var scannad med en upplösning på 50 mikrometer. Man kunde alltså förvänta sig en försämring av klassningsresultatet på grund



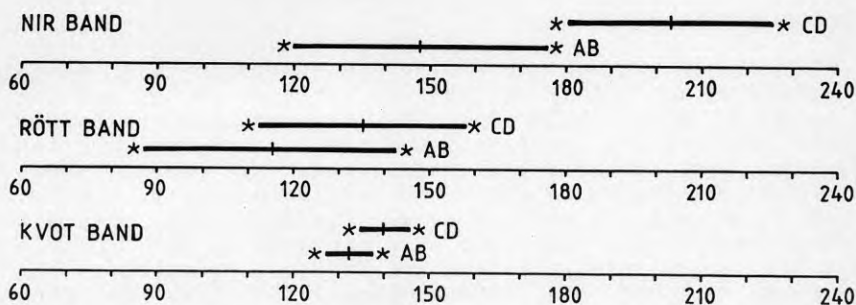
av decimeringen av antalet färger och den sämre upplösningen. Detta borde dock i någon mån kunna kompenseras av ett färre antal träddarter än i föregående bild och av att träningsytorna var talrikare och mer homogena.

I analysen användes endast de två originalvåglängdsbanden samt kvotbandet och värdena från standardavvikelsefiltreringen. Bortmaskning av underliggande mark samt plockning av träningsytor utfördes enligt ovan beskriven metod och statistik över träningsytorna beräknades. Med utgångspunkt från tidigare resultat delades materialet endast in i klasserna "friska träd" (50-100% vitalitet) och "skadade träd" (0-50% vitalitet). Figur 4.3 visar att vi i denna flygbild har betydligt bättre förutsättningar att kunna separera de sjuka träden från de friska. Box-klassningen, se ovan, ger här en separation på 83% i NIR-bandet.



Figur 4.2 Klassernas spektrala fördelning i fyra band - testområde 2, Malmö's gamla stadskärna.

A= 0-25%, B= 25-50%, C= 50-75% och D= 75-100% vitalitet



Figur 4.3 Klassernas spektrala fördelning i tre band, - område 3, Kirseberg. AB= 0-50%, CD= 50-100% vitalitet

Till sist gjordes en maximum likelihood-klassning i de fyra banden. Man kan här förvänta sig en förbättring gentemot boxklassningen, eftersom man även tar hänsyn till kovariansen mellan banden. En visuell bedömning av de klassade träningsytorna bekräftar också detta, ytorna är betydligt mer homogena och har ett mer realistiskt skademönster än vid boxklassningen, vilket även är statistiskt utvärderat.

#### 4.2.2 IHS-transformation

Det finns ett stort antal metoder för att förbättra eller förstärka det visuella intrycket från digitala bilder. En sådan metod är IHS-transformationen (Haydn et al., 1982). Metoden går ut på att transformera färgerna och uttrycka dem som intensitet (Intensity), färgton (Hue) och mättnad (Saturation). Man kan låta rena spektralband, kvoter eller resultat från andra bild-operationer uttryckas som intensitet, färgton respektive färgmättnad på bildskärmen.

Haydn et al. (1985) har låtit NIR reflektionen styra intensitet, NIR/röd kvoten styra färgtonen och NIR/grön kvoten styra färgmättnaden. Detta innebär att ju högre NIR-reflektion desto ljusare bild. Det lägsta uppmätta värdet på NIR/röd kvoten åsätts färgen rött, sen följer färgcirkelns färger (rött - gult - grönt - blått) till blått för det högsta värdet på kvoten. Ju lägre värde på NIR/grön kvoten desto gråare bild, ett högt värde ger en mättad färg. Alm (1987) använde en liknande IHS-transformation, men lät differensen rött - grönt styra färgmättnaden. Detta innebär ju lägre reflektion i rött i förhållande till reflektion i grönt desto mer aktivt grönt färgpigment har objektet. Ju större positiv differens desto mer mättad färg. Ju större negativ differens desto gråare bild.

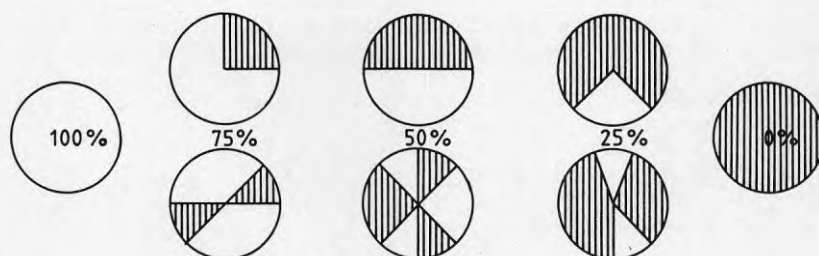
Transformationen testades på bilden över Malmö's gamla stadskärna. Vid en visuell jämförelse mellan den nya bilden och den gamla visade sig den nya bilden vara mer svårtolkad, enda fördelen var att vegetationen färgades grön. Haydn et al. (1985) fick goda resultat efter sin transformation och kunde dela in lövträd i 10 skadeklasser. De ansåg att metoden lämpar sig för alla lövträdsarter och de fick själva statistisk säkerhet för lönn, kastanj, avenbok, bok, ek, robinia, lind och alm. Alm (1987) ansåg att IHS-transformationen gjorde bilden mer lättolkad.

Pilesjö och Eklundh anser i avrapporteringen till denna undersökning (1986) att transformationer sällan ger en radikalt bättre bild att tolka. De utesluter dock inte att det går att finna en metod som är användbar, t ex någon form av principalkomponentanalys. Oftast innehåller metoderna en rad subjektiva komponenter, vilket gör att arbetet med att komma fram till den optimala algoritmen kan ta lång tid. När man arbetar med digitala bilder vill man ofta framhäva typiska egenskaper för dåliga bestånd, men många gånger förstärks då även felen.

#### 4.2.3 Vitalitetsklassning av hela träd

Resultatet av datorbearbetningen presenterades som bilder där varje träd hade en varierande uppsättning av röda (skadade) och gröna (friska) pixlar. Klassningen var gjord på pixelnivå och den slutliga trädklassningen måste göras manuellt. Om träden haft en enhetlig form eller om svårtolkade buskage saknats inom testområdet så kunde även klassningen av träden göras med datorns hjälp. Vitalitetsklassning av hela träd utfördes endast på testområde 3 eftersom separationen av sjuka och friska träd lyckades bättre där än på område 2.

I början var det svårt att bedöma klasstillhörigheten eftersom skadade partier i regel förekommer på flera ställen inom samma krona samtidigt som ögat tenderar att överskatta en röd yta. Problemen kan reduceras med hjälp av en enkel mall, se figur 4.4. Ett annat färgval kan också förenkla bedömningen.



Figur 4.4 Mall för bestämning av klasstillhörighet.

Utvärderingen av den manuella flygbildstolkningen för område 3 redovisas under kapitel 4.1.3, men kommer delvis att upprepas här för att underlätta jämförelser med utvärderingen av den datorbearbetade bilden. Antalet träd är mindre i den digitaliserade bilden eftersom endast en del av flygbilden scannades. Detta medför vissa förändringar av procentsatserna jämfört med vad som redovisats under kapitel 4.1.3. Träden klassades i fyra klasser och jämfördes sedan både med fältdata och resultatet av flygbildstolkningen. Testområde 3 har även i denna redovisning delats i en gatudel och en parkdel.

Del 1 - gatudelen. Vid fältinventeringen ansågs 12% av trädbeståndet inom den scannade ytan vara skadat (0-75% vitalitet). I den manuella flygbildstolkningen var motsvarande siffra 19%. 45 träd (7%) hade markerats som skadade i båda undersökningarna.

I tolkningen av den datorbearbetade bilden ansågs hela 38% av trädbeståndet vara skadat. Totalt var 50 träd (10%) var markerade som skadade både enligt fältdata och i den digitala bilden, se tabell 4.9.

Betydligt fler träd, 99 st (19%), var markerade som skadade både i den manuella flygbildstolkningen och vid tolkningen av den digitala bilden, se tabell 4.10.

Tabell 4.9 Trädens fördelning på vitalitetsklasser enligt fältdata respektive enligt den datorbearbetade flygbilden.

vitalitetsklass enl. datorbear- betad bild	vitalitetsklass enl. fältdata				summa
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
0-25%	14	15	5	35	69
25-50%	1	-	5	52	58
50-75%	3	2	5	65	75
75-100%	-	5	12	307	324
summa:	18	22	27	459	526

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 62%  
Skador överskattade en klass i den digitala bilden: 16%  
Skador underskattade en klass i den digitala bilden: 3%

Träd klassade lika i % av totala antalet träd i varje vitalitetsklass:

0- 25% vitalitet - 78%  
25- 50% vitalitet - 0%  
50- 75% vitalitet - 19%  
75-100% vitalitet - 67%

Om man reducerar antalet klasser till 2 blir resultatet:  
0- 50% vitalitet - 75% eller: 0- 75% vitalitet - 75%  
50-100% vitalitet - 80% 75-100% vitalitet - 67%

Tabell 4.10 Trädens fördelning på vitalitetsklasser enligt manuell tolkning respektive enligt den datorbearbetade flygbilden.

vitalitetsklass enl. datorbear- betad bild	vitalitetsklass enl. manuell tolkning				summa
	0-25%	25-50%	50-75%	75-100%	
0-25%	18	14	16	21	69
25-50%	-	5	25	29	59
50-75%	-	2	19	54	75
75-100%	-	1	10	313	324
summa:	18	22	70	417	527

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 67%  
Skador överskattade en klass i den digitala bilden: 18%  
Skador underskattade en klass i den digitala bilden: 2%

För flygbildstolkningen jämfört med fältinventeringen var motsvarande siffror 81%, 12% och 3%.

Träd klassade lika i % av totala antalet träd i varje vitalitetsklass:

0- 25% vitalitet - 100%  
 25- 50% vitalitet - 23%  
 50- 75% vitalitet - 27%  
 75-100% vitalitet - 75%

För den manuella flygbildstolkningen jämfört med fältinventeringen var motsvarande siffror 55%, 26%, 34% samt 87%.

Om man reducerar antalet klasser till 2 blir resultatet:  
 0- 50% vitalitet - 93% eller: 0- 75% vitalitet - 90%  
 50-100% vitalitet - 81% 75-100% vitalitet - 75%

För den manuella flygbildstolkningen jämfört med fältinventeringen var motsvarande siffror 63%, 97% respektive 63%, 87%.

Del 2 - parkdelen. Vid fältinventeringen ansågs 1% av Beijers parks trädbestånd vara skadat. I den manuella flygbildstolkningen var motsvarande siffra 3%, tolkningen av den datorbearbetade bilden gav ett liknande resultat - 5%.

Om man jämför tolkningen av den digitala bilden med fältinventeringen blir resultatet:

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 94%  
 Skador överskattade en klass i den digitala bilden: 2%  
 Skador underskattade en klass i den digitala bilden: <1%

Om man jämför tolkningen av den digitala bilden med den manuella flygbildstolkningen blir resultatet:

Träd klassade lika i % av totala antalet träd: 94%  
 Skador överskattade en klass i den digitala bilden: 2%  
 Skador underskattade en klass i den digitala bilden: 1%

För flygbildstolkningen jämfört med fältinventeringen var motsvarande siffror 97%, 2% samt <1%.

Eftersom antalet skadade träd är så litet redovisas här enbart - Träd markerade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass:

datorbearbetad bild jämfört med fältinventeringen  
 0- 50% vitalitet - 29% eller: 0- 75% vitalitet - 33%  
 50-100% vitalitet - 97% 75-100% vitalitet - 95%

datorbearbetad bild jämfört med den manuella tolkningen  
 0- 50% vitalitet - 60% eller: 0- 75% vitalitet - 52%  
 50-100% vitalitet - 97% 75-100% vitalitet - 96%

För flygbildstolkningen jämfört med fältinventeringen var motsvarande siffror 29%, 100% respektive 44%, 98%.



#### 4.2.4 Samband mellan "feltolkning", trädslag och synliga skador i fält - datorbearbetad bild

Skillnaderna mellan tolkningsresultaten kan till viss del bero på trädslag och att skador som syns i fält haft större betydelse för trädens allmänna kondition än vad som angivits i fältklassningen. För jämförelser mellan fältinventering och manuell flygbildstolkning hänvisas till kapitel 4.1.4.

I bilaga 3 redovisas art och vilka skador ( om några alls) som noterats i fält för de träd som klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata. I bilaga 4 redovisas motsvarande uppgifter för de träd som klassats mer än en klass "fel" i den digitala bilden i förhållande till den manuella tolkningen.

Rådatatabellen förenklades för att underlätta tolkningen. Tabell 4.11 redovisar trädslagens fördelning bland de träd som efter datorbearbetningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata, samt de träd som efter datorbearbetningen klassats mer än en klass fel i förhållande till tolkningen av flygbilden.

Totalt 13 träd har enligt fältundersökningen skador som efter den digitala bearbetningen underskattats kraftigt (mer än en klass). Av dessa har hälften skador på stam, grenar eller bladverk. Endast två träd hade skador som underskattades kraftigt vid den digitala bearbetningen jämfört med vid den manuella tolkningen, ett av dessa har grenskador.

Antalet överskattade skador är betydligt fler än underskattade. Efter den digitala bearbetningen har 115 träd bedömts ha betydligt kraftigare skador än vid fältundersökningen. 13 st av dessa är små och ytterligare 38 st har skador på stam, grenar eller bladverk.

Tabell 4.11a Trädslagens fördelning bland underskattade skador:

	naverlönn	kastanj	avenbok	björk	rönn	pil	
fält/dig	hagtorn	körbär	lönn	lind	alm	bok	
0-25/75-100	1	-	-	-	-	2	- - 1 - -
0-25/50-75	-	-	-	-	-	-	- - 3 - -
25-50/75-100	-	1	2	-	-	1	- - 2 - -
summa:	1	1	2	-	-	3	- - 6 - -
flygb/dig							
0-25/75-100	-	-	-	-	-	1	- - - - -
25-50/75-100	-	-	1	-	-	-	- - - - -
summa:	-	-	1	-	-	1	- - - - -

Om man i stället utgår från den manuella tolkningen, så har 87 träd bedömts ha betydligt kraftigare skador vid den digitala bearbetningen än vid den förstnämnda. 14 st av dessa är småträd och ytterligare 21 st har skador på stam, grenar eller bladverk.

Tabell 4.11b Trädslagens fördelning bland överskattade skador:

		naverlön	kastanj	avenbok	björk	rönn	pil						
fält/dig		hagtorn	körbär	lön	lind	alm	bok						
75-100/	0-25	1	6	9	-	-	-	10	2	-	14	2	4
50-75/	0-25	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-
75-100/	25-50	2	3	12	1	1	3	7	1	3	29	-	-
summa:		3	10	22	1	1	3	17	3	3	46	2	4
flygb./dig													
75-100/	0-25	1	7	3	-	-	1	7	2	-	4	2	3
50-75/	0-25	1	1	6	-	-	-	1	-	-	9	-	1
75-100/	25-50	2	3	5	-	1	3	7	1	3	13	-	-
summa:		4	11	14	-	1	4	15	3	3	26	2	4

Det var också av intresse att undersöka i vilken mån de träd som i fält uppvisade skador på stam, grenar och bladverk fanns med bland de som i flygbilderna bedömts vara skadade (mindre än 75% vitalitet). Tabell 4.12 redovisar hur stor andel av noterade skador som upptäckts.

Tabell 4.12 Antal i flygbilderna respektive i den digitala bilden upptäckta skador i förhållande till vid fältundersökningen observerade skador.

skadetyper	flygbild	dig bild
L	-/8 = 0%	2/5 = 40%
LL	53/97=55%	60/78=77%
LLL	8/9 =89%	7/9 =78%
G	50/106=47%	60/98=61%
tt	7/15=47%	8/15=53%
S	9/27=33%	12/24=50%
k	11/28=39%	15/27=56%

L= svag missfärgning, LL= missfärgning,  
LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk,  
tt= toptorr, S= stamskador, k= gles krona

Missfärgat bladverk syns tydligt både i flygbilden och i den digitala bilden. I den senare har även en stor del av träden med torra grenar och de glesa träden upptäckts. I kapitel 4.1.4 redovisas resultatet av flygbildstolkningen för gatudelen och parkdelen var för sig, men har här slagits samman för att förenkla jämförelsen. Den scannade ytan är mindre än den yta som tolkats i flygbilden vilket medför skillnader i antal studerade träd.

Tabell 4.13 visar i hur många fall skademarkeringarna (0-75% vitalitet) i den manuella flygbildstolkningen respektive i den digitala bilden sammanfaller med noteringar om missfärgningar, torra grenar, stamskador m m. I de två första avdelningarna har träden, trots angivna skador, varit friskmarkerade i fältundersökningen. I den sista avdelningen har de varit friskmarkerade i den manuella flygbildstolkningen (referens).

Tabell 4.13 Skadebild för de träd som i fält markerats som friska (75-100% vitalitet) men som i flygbildstolkningen respektive i den digitala bilden klassats som A= 0-25%, B= 25-50% samt C= 50-75% vitalitet.

skadetyp	flygbild			dig bild			flygb./dig b		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
L	-	-	-	-	-	1	1	-	1
LL	1	2	20	13	8	9	4	1	7
LLL	-	3	5	2	4	-	-	-	-
G	1	6	16	10	9	7	6	2	7
tt	-	1	5	5	1	-	2	1	1
S	-	-	2	1	2	-	1	1	1
k	1	1	9	6	5	3	2	2	-
>1 skada/träd	1	5	15	12	7	3	5	1	2
1 skada/träd	-	2	24	9	15	14	4	5	12
- skada	1	5	35	27	40	64	21	32	53
totalt	2	12	74	48	62	81	30	38	67

L= svag missfärgning, LL= missfärgning,  
LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk,  
tt= topptorr, S= stamskador, k= gles krona

En stor del av de träd som i flygbildstolkningen ansetts vara lätt skadade (50-75% vitalitet) har också i fält uppvisat skador, även om de där inte lett till skademarkering, se även tabell 4.6. I den digitala bilden är förhållandet ett annat. En stor del av de träd som markerats som kraftigt skadade i den digitala bilden har haft färgförändringar eller grenskador i fält. När den

manuella flygbildstolkningen används som referens kan endast en mindre del av skadebedömningarna förklaras på detta sätt.

#### 4.2.5 Tolkningsresultat för alm och hästkastanj - skadefrekvens

Tolkningen av den datorbearbetade bilden utfördes på samma sätt som vid den manuella flygbildstolkningen, se kapitel 4.1.5. Alm och kastanj undersöktes var för sig. Först studerades det gamla utvärderingsmaterialet, se tabell 4.14 och 4.15. Eftersom vi här rör oss med ett relativt litet antal träd redovisas enbart procent-satser. I de två första avdelningarna används fältundersökningen som referens, i den tredje och sista används flygbildstolkningen som referens (man/dig).

Tabell 4.14 Träd klassade lika i % av totala antalet träd

art tolkning	alm			hästkastanj		
	man	dig	man/dig	man	dig	man/dig
	77%	64%	69%	81%	71%	75%

man= manuellt tolkad flygbild, dig= digitalt bearbetad bild

Tabell 4.15 Träd klassade lika i % av totala antalet träd inom varje vitalitetsklass, två klassindelningar:

vitalitet	art metod	alm			hästkastanj		
		man	dig	man/dig	man	dig	man/dig
0 - 50%		67%	71%	88%	70%	80%	91%
50 -100%		97%	82%	85%	97%	84%	86%
0 - 75%		65%	79%	88%	79%	79%	87%
75 -100%		82%	69%	81%	86%	76%	85%

Andelen skadade almar var mycket stor i den datorbearbetade bilden jämfört med fältinventeringen. Av 303 almar markerades 36% som skadade jämfört med 13% i fältinventeringen. Av dessa hade 31 träd (tot 10%) markerats som skadade både i fält och i dig bild.

Om man jämför tolkningen av den datorbearbetade bilden och den första flygbildstolkningen har 68 träd (22%) markerats som skadade i båda undersökningarna. I den första manuella tolkningen var 25% av almbeståndet markerat som skadat.

Den artföljande flygbildstolkningen redovisade 24% skadade almar. Av dessa har 58 träd (tot 19%) markerats som skadade både i den digitala bilden och i den artföljande manuella flygbildstolkningen.

För hästkastanj var skillnaderna inte fullt så stora. I den datorbearbetade bilden markerades 29% av 157 träd som skadade. Motsvarande siffra för fältinventeringen var 9%. Av dessa var 11 träd (tot 7%) markerade som skadade både i fält och i den digitala bilden.

Om man jämför tolkningen av den digitala bilden med den första flygbildstolkningen hade 26 träd (tot 17%) markerats som skadade i båda undersökningarna. I den första manuella flygbildstolkningen var 19% av trädbeståndet markerat som skadat.

Den artföljande flygbildstolkningen redovisade 39% skadade kastanjer. Av dessa hade 32 träd (tot 20%) markerats som skadade både i den digitala bilden och den artföljande flygbildstolkningen.

#### 4.2.6 Tolkningsresultat för alm och hästkastanj - samband mellan skadetyper och färgavvikelse

Om man ser på sambanden mellan i fält observerad skadetyper och vid den manuella tolkningen markerad missfärgning eller onormal ljushet för de olika trädslagen och bedömningen efter den digitala bearbetningen blir resultatet följande.

För alm finns det ett klart samband mellan missfärgat lövverk, skadade grenpartier och klassning som kraftigt skadat träd (0-25% vitalitet) vid den digitala bildbehandlingen.

Det finns också ett allmänt samband mellan markering av missfärgning vid den manuella tolkningen och klassning som 0-50% vitalitet i den digitala bearbetningen.

För hästkastanj finns det ett starkt samband mellan missfärgat lövverk, grenskador och markering av träd som ljusa vid den manuella tolkningen och klassning som 0-25% vitalitet vid den digitala bearbetningen.

Vidare kan man se att kraftigt missfärgat (nästan brunt) bladverk betecknats som missfärgat i den manuella tolkningen och i den digitala bearbetningen klassats som 0-50% vitalitet.

Slutligen kan man konstatera att klassningen som 0-25% vitalitet i den datorbearbetade bilden har betydligt större överensstämmelse med i fält upptäckta skador (mest lövverks- och grenskador), än vad klassningen i den manuella tolkningen uppvisar.



## 5 RESULTATDISKUSSION

## 5.1 Jämförelse mellan metoder, testområden och resultat

Vid flygbildstolkningen hade betydligt fler träd bedömts vara skadade (0-75% vitalitet) jämfört med i fältundersökningen. När träden bedömdes i fält klassades 6-12% av träden i gatudelarna som skadade. Ytterligare ca 5% av trädbeståndet bedömdes vid flygbildstolkningen ha en lägre vitalitet än 75%, se tabell 5.1. Resultatet är knappast förvånande eftersom man ser en större del av kronorna i flygbilderna. Parkerna hade generellt sett mycket få skadade träd. Den bild man fick av dessa skador i flygbilderna skilde sig dock markant från fältundersökningen.

Vid tolkningen av den digitala bilden (område 3) blev ett ännu större antal träd klassade som skadade (0-75% vitalitet). Även små färgförändringar inom kronorna gav upphov till skademarkering. Noggrannhetsutvärderingen gav ett sämre resultat än för den manuella tolkningen av flygbilderna för samma område.

Tabell 5.1 Andel skadade träd (0-75% vitalitet) enligt bedömning i fält, vid manuell flygbildstolkning samt efter digital bearbetning.

metod	område del	1		2	3	
		gata	park	hela	gata	park
fältinv.		6%	2%	10%	12%	1%
manuell		11%	3%	14%	19%	3%
digital		-	-	-	38%	5%

Noggrannhetsutvärderingen gav ett tillfredställande resultat. Inom samtliga områden översteg andelen "lika klassad" 80% och tar man med de träd som klassats en klass fel uppåt eller nedåt ökar andelen till mer än 95%. Antalet skadade träd är dock för litet för att man ska kunna göra några mer långtgående bedömningar av tillförlitligheten. För att göra en korrekt bedömning av flygbildernas informationsinnehåll borde mer än en tolkare utvärderat bilderna, vilket bl a Sadowski et al. (1987) använt när de jämfört flygbilder med Landsat MSS data. Vid utvärderingar av olika metoder där klassningar ingår, uppstår alltid problem eftersom klasserna inte kan definieras bra rent biologiskt (Fuhrer et al., 1981). Varierande klassgränser kan förklara en del av "felklassningarna".

Område 3, ytterområdet med genomfartstrafik har den största andelen skadade träd. Detta är något förvånande eftersom trafikproblemen borde vara större inom område 2, den gamla stadskärnan. Gatorna är där starkt trafikerade och träden står ofta i en optimalt stressad miljö. En anledning till resultatet är att antalet skadade träd (inom område 2) är stort, men en ansevärd mängd av test-

områdets träd återfinns i för träden mer fördelaktiga miljöer. De skadade träden finns som väntat längs med de mest trafikerade gatorna. En annan anledning kan vara att det varit lättare att bedöma skadorna i område 3 (både i fält och i flygbildstolkningen), eftersom artantalet var mer begränsat där än inom de andra testområdena.

Om man undersöker vad som orsakat de kraftigaste felklassningarna (mer än en klass "fel") kan man generellt säga att unga och småvuxna träd förklarar en stor del (1/3) av de underskattningar av skador som gjorts i flygbilderna i förhållande till fältundersökningen. Skador på stam, grenar och bladverk förklarar ungefär hälften av överskattningarna.

I samband med diagramritningen vid datorklassningen, se figur 4.2 och 4.3, upptäcktes en intressant olikhet i gråtonsvärdena mellan de två analyserade flygbilderna. Om man ser på reflektionsförändringarna i samband med stress, vilket behandlats i kapitel 2.2 respektive 2.5, borde mätningarna på hela träd, alltså inte enskilda blad, resulterat i högst värde på NIR i den "skadade" klassen, högst värde på Rött i den "skadade" klassen, högst värde på Grönt i den "friska" klassen och högst värde på kvoten NIR/Rött i den "friska" klassen.

För bilden över område 2 blev resultatet högst värde på NIR, Rött och Grönt i den "skadade" klassen, men högst värde på kvoten NIR/Rött i den "friska" klassen. Skillnaderna mot det förväntade resultatet kan bero på att de träd som varit referensträd för den "skadade" klassen (0-50% vitalitet) haft en hög andel helt torra blad, vilket höjer NIR-reflektionen. Kvoten mellan NIR och Rött är dock lägre för den "skadade" klassen än för den "friska", vilket kunde förväntas. Resultatet kan även bero på att ett allt för litet antal träningsytor användes och att fler än ett trädslag ingick i dessa.

För bilden över område 3 blev resultatet högst värde på både NIR och Rött i den "friska" klassen, men även högst värde på kvoten NIR/Rött i den "friska" klassen. Låg NIR reflektion tyder på att bladverket på referensträden för den "skadade" klassen har börjat vissna (sänkt turgortryck vilket gör den reflekterande bladytan mindre), ett lågt värde på Rött borde innebära att klorofyllnedbrytningen inte gått så långt och att bladverket ännu inte höstfärgats. Det kan dock lika väl innebära att träden har tappat en stor del av bladen och att underliggande mark, som i detta fall är gräs, tillsammans med trädens stammar och grenverk påverkar pixlarnas gråtonsvärden. Träningsytorna innehöll enbart hästkastanjer.

Avvikande värden kan även bero på att de digitala bilderna har ett inbyggt fel, i och med att man inte kan åstadkomma en perfekt färgseparation (Alm, 1987).

Vid en jämförelse mellan resultaten i de båda bilderna är det uppenbart att den större pixelstorleken (50 mikrometers upplösning) och reduceringen till två våglängdsband inte nämnvärt har påverkat resultatet i negativ riktning. Det tycks till och med finnas möjligheter till en ytterligare förstoring av pixelstorleken,

antingen genom scanningen eller genom ökad flyghöjd (bildskaleminskning). En sådan datareduktion skulle kraftigt minska kostnaderna för arbetet.

## 5.2 Allmänna problem

### 5.2.1 Träningsytor

Vid den manuella tolkningen var träningsytorna knappast till någon hjälp. Vid det första tolkningsförsöket var det allmänna intrycket att skillnaderna mellan arterna var större än skillnaderna mellan de olika klasserna. Vid den artföljande tolkningen kunde man däremot med hjälp av träningsytorna bilda sig en viss uppfattning om den spektrala variationen inom varje studerad art.

Träningsytornas antal och kvalitet utgjorde ett ännu större problem vid datorbearbetningen. Det behövs ett större antal träd i varje vitalitetsklass för att de både ska räcka till träningsytor och till den efterföljande statistiska analysen. Dessutom bör varje enskild arts reflektionsförmåga undersökas. I den utförda analysen kan den spektrala skillnaden mellan vissa arter varit större än den mellan olika vitalitetsklasser.

### 5.2.2 Betraktningens vinkelns betydelse

Skillnaden mellan flygbildstolkningens och fältundersökningens resultat respektive mellan den tolkade datorbearbetade bilden och fältdata, beror troligtvis på att skadorna i flera fall enbart varit synliga från marken eller från ovan. Detta är särskilt tydligt i parkerna där träden både är höga och volumiösa vilket motverkar en total överblick från marken. Fältdatas roll som referensmaterial kan alltså ifrågasättas. Det är dock svårt att finna en bättre lösning som är praktiskt genomförbar.

I de fall befintliga skador befunnit sig på trädens skuggsidor kan de missats helt vid flygbildstolkningen. Mycket mörka skuggor är ett specifikt IR-film-problem. Det totala bortfallet av för små eller beskuggade träd inom undersökningens 3 testområden uppgick till 7%.

Man kan även misstänka att trädens vitalitet överskattats i fältundersökningen, eftersom bedömningen sker i relation till andra träd som är inom synhåll och inget gatuträd har en fullgod vitalitet.

### 5.2.3 Krontakets utformning

I något fall kan fel träd klassats som skadat. Träden i gaturummen var lätta att lokalisera, medan parkernas träd var avsevärt svårare att identifiera. Underlagskartorna var inte tillräckligt detaljerade. Vid fältinventeringen hade de visserligen kontrollerats och kompletterats, så att endast unga och mycket täta bestånd saknade markeringar för enskilda träd. Det saknades dock uppgifter om vilka träd som bildade det egentliga krontaket.

Om alla träd i ett bestånd är jämnhöga är det svårt att se varje enskild krona. När träden har olika höjd har man hjälp av de skuggor som uppstår, i gengäld försvinner en del information om granträden i dessa skuggor. Problemet var störst vid tolkningen av den datorbearbetade bilden, eftersom den tolkades som enkelbild och inte i stereo. I Beijers park, där de flesta träden växer i slutna bestånd, kunde exempelvis enbart 32% av trädkronorna med säkerhet avgränsas från omgivningarna.

#### 5.2.4 Beskurna träd

Klassningen i fält har i högre grad än vid flygbildstolkningen varit ett sammanfattande mått på trädets kondition. En stor del av de "felklassade" träden är hårt beskurna och har en mycket liten krona i förhållande till stamhöjd, vilket lett till en markering av nedsatt vitalitet. I flygbilderna har dessa träd sett glesa ut men haft ett vitalt bladverk.

Beskurna träd ställer dock till ännu större problem vid den digitala bearbetningen. Eftersom bladmassan reduceras kan ett signifikant spektralt mönster inte spåras hos dessa träd. Man löper stor risk att få med markpixlar i analysen samtidigt som grenverk och stammar ger ett störande reflektionstillskott. Liknande problem uppstår när träden är så skadade att de fällt större delen av lövverket. Dessa träd bör utvärderas genom manuell bildtolkning eller direkt i fält.

#### 5.2.5 Marktäckningens inverkan

Underlaget har stor betydelse för tolkningsresultatet. Det tillskott av reflekterad strålning som ett träd får från exempelvis en underliggande gräsmatta påverkar färgtonen i IR-bilden. Markytans färg har också en viss betydelse.

Träd som står i buskage undgår lätt upptäckt i de digitala bilderna om de inte är så stora att en ordentlig skugga kastas. Det är också svårt att avgränsa trädkronorna i de digitala bilderna när träden står tillsammans med buskar. Friska och jämna gräsmattor kan man till stor del, som tidigare nämnts, maska bort.

### 5.3 Artrelaterade tolkningsproblem

I undersökningen finns flera exempel på hur hängande växtsätt kan ge upphov till "felklassning" eftersom kraftiga grenar på exempelvis paraplyalmar ger intryck av en delvis kal krona. Arter med relativt små blad och en i övrigt lucker krona bedöms ofta som skadade eftersom grenverket är synligt och de små bladen ger upphov till ett svårtytt skuggmönster.

Den spektrala signaturen kan också påverka tolkningen menligt. Friska plataner och pilar har, som nämnts i kapitel 2.5, en mycket ljus rosaröd färgton som när den förekommer på andra trädslag, exempelvis hästkastanj, indikerar sänkt vitalitet. Björk har en gulbrunröd nyans



som lätt kan förväxlas med en missfärgad alm. Vissa almsorter har också en avvikande ljusröd färgton. För att kunna göra en korrekt bedömning av ett trädets vitalitet bör man veta vilken art det är.

Med hjälp av kronform, textur och skuggbild kan man göra en artbestämning direkt i flygbilderna, men vitalitetsbedömningen kan utföras fortare och säkrare om arttillhörigheten är känd i förväg. Problemet har tidigare noterats och vid de manuella tolkningarna som utförts i Tyskland har trädregistren använts som bas vid tolkningen. IRF-bilderna bör alltså vara ett komplement till trädregistret.

Skador på hagtorn och björk har ofta överskattats i flygbilderna. I den datorbearbetade bilden är även skador på alm och kastanj ofta överskattade i förhållande till fältinventeringens klassning. När man använder flygbildstolkningen som referens minskar andelen överskattade almar. Skadorna på dessa är troligtvis mer tydliga i flygbilderna än från marken, träden är ju ofta både höga och vidkroniga.

#### 5.4 Utvärdering av enskilda arter

När alm, lind och kastanj utvärderades var för sig ökade andelen skadade träd drastiskt, se tabell 5.2. Det är betydligt enklare att bedöma trädslagen ett och ett, men detta ställer stora krav på underlagsmaterialet. I den första (ej artföljande) flygbildstolkningen låg andel "lika klassad" högre för lind och hästkastanj än för genomsnittet.

Tabell 5.2 Andel skadade träd (0-75% vitalitet) enligt bedömning i fält, vid manuell flygbildstolkning samt efter digital bearbetning - alm, lind och hästkastanj.

metod	art område	alm			lind		hästkastanj		
		1	2	3	1	2	1	2	3
fältinv.		8%	10%	12%	2%	10%	2%	11%	9%
manuell ej artföljande		12%	30%	24%	6%	9%	9%	20%	19%
manuell artföljande		19%	38%	25%	20%	17%	10%	30%	40%
digital		-	-	36%	-	-	-	-	29%

Beräkning av andel "lika klassad" kunde inte göras i den artföljande utvärderingen eftersom endast missfärgat respektive onormalt ljust bladverk markerats och jämförts med skadebild enligt fältundersökningen.

En stor del av de i flygbildstolkningen skademarkerade almarna hade enligt fältundersökningen skador på stam och grenar. Träden bedömdes i den artföljande tolkningen



som missfärgade, alltså med inslag av gult-brunt-grönt-blått.

De kastanjer som enligt fält var skadade uppvisade också missfärgade kronor på liknande sätt som almarna.

De skademarkerade lindarna, som enligt fältundersökningen hade skador på lövverket, framträdde till största delen som ljusa jämfört med friska exemplar av arten.

När man utvärderar en undersökning av trädvitalitet ställer man gärna följdfrågan - varför är vegetationen skadad just här? Inom undersökningsområdet kan man se klara paralleller mellan hårt skurna gamla träd och nedsatt kondition, samt träd omgivna av hårdgjorda ytor, stark trafik och nedsatt kondition. Längs kanalen inom område 2 finns en grupp med träd (mest kastanjer) som mår mycket dåligt. Strax intill står helt friska kastanjer, ståndortsförhållandena verkar vara ungefär lika. Vid markanalyser framkom att halten av kloridjoner är hög i jorden kring de skadade träden, liksom halten av sulfidsvavel. Om vi ska kunna förbättra trädens kondition måste vi skapa oss en heltäckande bild av deras ståndortsförhållanden och inte enbart förlita oss på vad vi ser.

## 6 JÄMFÖRELSE MELLAN DE TESTADE METODERNA OCH DERAS ANVÄNDBARHET

### 6.1 Arbetstid samt tidsåtgång

En fältinventering respektive flygfotografering bör ske under sommarens senare del för att lövverket ska ha nått sin maximala utveckling. I södra Sverige är slutet av juli och början av augusti lämplig tidpunkt. Den normala höstfärgningen får inte ha inletts. En torr sommar bör fotograferingen ske något tidigare.

Tidsåtgången för en fältinventering kan översiktligt beräknas utifrån föreliggande undersökning. Under 4 veckor arbetade en person heltid med inventeringen av ett 5 km x 1 km stort område. Arbetet kan utföras mer eller mindre noggrant. Till denna undersökning fanns en hel del äldre material vars giltighet enbart skulle kontrolleras. Materialet ska därefter bearbetas vilket tar ytterligare några veckor.

Tidsåtgången för flygning och flygbildstolkning är betydligt kortare. Planering av flygning kan ske i samband med ordinarie arbete. Viss fältkontroll (av referensytor) bör ske i samband med flygningen och under utvärderingen. Detta bör dock inte ta mer än några dagar i anspråk. Tolkningen i stereoinstrument tar 5-10 timmar per bildpar i skala 1:5000. Mätning av variabler såsom trädhöjd och kronvidd har inte räknats in. Om man väljer en högre flyghöjd får man räkna med att tolkningstiden per bild förlängs, i gengäld behöver färre bildpar tolkas.

En digital bearbetning kräver flygbilder i digital form. Datorbearbetningen kan i regel inte utföras av ordinarie personal och tidsåtgången beror på vilken metod man väljer och vilken noggrannhet man önskar. En helautomatisk klassning kräver en mindre manuell insats i samband med datorklassningen, men en större kontrollinsats i fält.

### 6.2 Personal- och utrustningsbehov

För att utföra en fältinventering krävs goda kunskaper om träd och trädskador. All befintlig personal kan dock läras upp till detta arbete. Behovet av utrustning är minimalt.

Flygbildstolkningen ställer vissa krav på den som ska utföra arbetet. Förutom kunskaper i flygbildstolkning krävs gott stereoseende, färgseende och en stor portion tålamod. Tolkningen kan utföras i ett enkelt spegelstereoskop. Vid mer omfattande inventeringar underlättas arbetet avsevärt om man kan förflytta sig i bilden utan att rubba inställningen och om förstöringsgraden kan varieras steglöst. Det finns även möjligheter att föra över resultatet direkt på karta. Utrustningen är dyr att köpa in. Ett bra alternativ är att hyra in sig där utrustningen finns, om man inte använder flygbilder i det dagliga arbetet.

Framtagandet av en datorklassad bild kräver sådana specialkunskaper och specialutrustning att arbetet lämpligen överläts på en konsult.

### 6.3 Kostnader

Fältinventering drar inte med sig andra kostnader än lönekostnaden för den personal som utför arbetet.

Flygbildstolkningen är betydligt dyrare. Flygfotograferingen, som till denna undersökning utfördes av LMV, kan utföras av de firmor som har specialutrustade flygplan. Snedbilder från sportflygplan kan visserligen vara till stor nytta vid inventeringar, men för att kunna utföra tolkningen i stereoinstrument krävs lodbilder. Kostnaderna för flygfotografering varierar mellan olika firmor.

För denna undersökning flygfotograferades ett 5,5 km långt och 1 km brett stråk på 760 m höjd, dessutom togs en översiktsbild på 1500 m höjd. Kostnad ca 13600 kr (1986), i priset ingick en omgång svartvita IR-kopior. Från bildmaterialet väljer man sen ut de bilder man behöver för stereotäckning. Diapositiv är dyra, 350 kr/st (exkl moms 1987), men överlägsna ur upptäckts- och identifieringssynpunkt. Beräknat per kvadratkilometer innebär detta en kostnad av 3300 kr (1986 års priser) för enbart materialet.

En ökad flyghöjd innebär lägre kostnad per ytenhet för flygbilderna, men informationsbortfallet blir relativt stort. I bildskalan 1:5000 kan man se grenstrukturen där kronorna börjat bli glesa, denna information saknas i bildskala 1:10000. Flyghöjden bör givetvis anpassas så att de symptom man ska kartera kan urskiljas (French och Meyer, 1980). Varje sjukdomsalstrare och skadegörare har sitt spridningssätt och tidsschema. Vid kartläggning av barkborreangrepp (flyghöjd 3000 m) beräknades kostnaden per kvadratkilometer till 75-100 kr, i 1977 års priser (Arnberg och Wastenson, 1977).

En datorbearbetning förutsätter att flygbilderna föreligger i digital form. Scanningutrustning finns på några få ställen i Sverige. På FOA 3 i Linköping används en laserscanner. Kostnaden för scanning av ett 10 cm x 24 cm stort område i tre skikt med 25 mikrometers upplösning var 1986 ca 2400 kr. Kostnaden och datamängden kan minskas väsentligt genom att minska upplösningen och/eller att enbart scanna två av IRF-filmens färgskikt.

Övriga kostnader som är förbundna med en datorbearbetning är svåra att precisera. De beror både på val av metod och vem som ska utföra arbetet.

Kostnaderna för flygning och scanning kan med all säkerhet sänkas om uppdragen blir rutin.

#### 6.4 Metodernas användbarhet

Om man ser till kostnaderna för de olika metoderna i förhållande till utbytet kan man för närvarande inte motivera användandet av IRF-flygbilder vid vitalitetsstudier av träd inom små områden. I de större kommunerna kan däremot de fjärranalysbaserade metoderna spara både tid och pengar. Bildtolkningen kan utföras när arbetsbelastningen inte är så stor. Bedömningarnas säkerhet ökar när ett stort bildmaterial utvärderas eftersom varje art representeras av ett stort antal individ. Det ställer dock höga krav på det fältkontrollerade referensmaterialet. En annan fördel är att områden som är svåra att fältinventera till exempel, åkanter, impediment och slutna innerstadsgårdar blir lättillgängliga "från ovan".

Flygbilder kräver kunskap vid tolkandet. En flygbild är inte ett otvetydigt dokument utan är påverkat av ett antal felkällor.

Den bild man får efter kopieringen kan ha en färgåtergivning som inte överensstämmer med bilder som beställts tidigare. På LMV finns dock goda möjligheter att ta fram bilder med specifik färgåtergivning om de får tillgång till de äldre bilder som de nya ska kunna jämföras med. Inom en och samma bild kan också färgerna variera. Flygbildens kanter är som regel något mörkare än dess mitt. Höjdskillnader inom bilden kan också påverka färgåtergivningen. Ögonen kan till en viss del kompensera för detta, men vid en datorbearbetning kan problemen bli stora. Andra felkällor har beskrivits under kapitel 2 och 5.

Denna studie resulterade inte i en enkel och rationell helautomatisk klassningsmetod, men innebar ändå ett stort steg framåt. Manuella insatser behövs bland annat för att avgränsa trädkronorna där markytan täcks av buskage eller ojämnt gräs. Produkten av en halvautomatisk vitalitetsklassning, där klassindelningen gjorts på pixelnivå i stället för på trädnivå, kan i vissa fall användas direkt i fält (utan efterföljande manuell tolkning). Den bör då plottas som överlägg till kartor eller flygbilder.

De transformationer som bland annat använts i München måste testas ytterligare innan man korrekt kan jämföra nyttan av datorstödd eller helautomatisk vitalitetsklassning med manuell flygbildstolkning. I stora enhetliga bestånd kan man dock redan i dag använda datorklassade bilder för att till exempel bedöma utbredningen av insektsangrepp.

IRF-flygbilder har en mångsidig användning, vilket i sig själv kan motivera en flygfotografering. Bilderna kan användas som informationskälla exempelvis vid projektering och vid kartrevidering. Flygbilder utgör också en lägesrapport i fotografisk form som möjliggör direkta jämförelser mellan vegetationens tillstånd under olika år. Äldre bildmaterial kan till exempel utnyttjas vid besiktningar och få en avgörande betydelse vid tvister (Florgård och Larsson, 1979).

## 7 FORTSATT ARBETE

En heltäckande bild av trädens hälsotillstånd innebär en mycket bättre handlingsberedskap inför framtiden. En styrning av insatserna dit där de bäst behövs ger en bättre ekonomi. Vidare kan resursbehovet bedömas både vad gäller personal och material. Samtidigt visar underlaget var de största miljöproblemen finns. Utifrån detta underlag kan ett åtgärdsprogram byggas upp med förslag till åtgärder på växtplatsen och till långsiktiga åtgärder för exempelvis begränsande av luftföroreningar

Vi kan nu svara på frågorna:

Var har vi skadad vegetation  
Vilka områden är värst drabbade?  
Verkar någon trädart vara känsligare än andra?

Efter fältkontrollen kan vi svara på hur många träd som redan nu är så allvarligt skadade att de måste ersättas.

Då återstår frågorna: Vilka är orsakerna till skadorna?  
Kan stressfaktorerna elimineras eller kan situationen förbättras på annat sätt (exempelvis genom minskad vägsaltning)?

Vi hoppas att vi med denna rapport kan ge andra kommuner en viss vägledning vid val av inventeringsmetodik för vitalitetsbedömning av stadsträd. Kan vi även intressera för och motivera framtagandet av trädvårdsplaner så är vi mer än nöjda.





BILAGA 2 Art samt skadebild för de träd som vid den manuella flygbildstolkningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata.

Träd vars skador underskattats kraftigt i förhållande till klassningen i fält:

omr.	fält/flygb.	skadetypp, art
1	0-25/75-100	lind utan riktig krona, 2 små hagtorn
2	0-25/75-100	ung lind, nästan död ung lind, 2 unga plataner, G ung platan, GS platan, LL hagtorn, 3 pelarpopplar
3	0-25/75-100	alm, G alm, hamlad alm, liten kastanj björk, naverlönn, LL hagtorn
2	0-25/50-75	3 LL unga lindar, LLL lind, 4 unga plataner
3	0-25/50-75	tt LLG alm, LLS alm, S alm
1	25-50/75-100	liten alm, stor alm, äldre alm, stor SG alm, stor tt S alm, liten ask, SG platan, naverlönn, 2 robinior, pil, mandel, k G ek, hagtorn
2	25-50/75-100	SG liten platan, 3 unga plataner, björk, tt LLG lind, 2 almar, hagtorn
3	25-50/75-100	LLG lönn, LL björk, k alm, kastanj, G kastanj, LGS kastanj, liten rönn, L hagtorn

Träd vars skador överskattats kraftigt i förhållande till klassningen i fält:

omr.	fält/flygb.	skadetypp, art
1	75-100/0-25	LL alm
3	75-100/0-25	LLG k alm, björk
2	50-75/0-25	LLLG kastanj
1	75-100/25-50	alm, G alm, SG alm, 2 hagtorn, LL björk
2	75-100/25-50	2 LL kastanj, LLLG kastanj, alm, LL alm, lind, LLG lind
3	75-100/25-50	4 almar, k LL alm, G alm, tt LLG alm, 2 LLLG alm, björk, LLLG kastanj, G hagtorn

L= svag missfärgning, LL= missfärgning,  
 LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk,  
 tt= topptorr, S= stamskador, k= gles krona

BILAGA 3 Art samt skadebild för de träd som efter den digitala bearbetningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till fältdata.

Träd vars skador underskattats kraftig i den digitala bilden i förhållande till klassningen i fält (hela testområde 3):

fält/dig	skadetyp, art
0-25/75-100	björk, G tt björk, k alm, naverlönn
0-25/50-75	S alm, tt LLG alm, LLS alm
25-50/75-100	alm, k alm, kastanj, G kastanj, björk, LL hagtorn

Träd vars skador överskattats kraftigt i den digitala bilden i förhållande till klassningen i fält (hela testområde 3):

fält/dig	skadetyp, art
75-100/0-25	5 almar, S alm, 2 LL almar, LL k alm, LLG alm, 3 LLG k almar, tt LLG alm, lind, G lind, kastanj, k kastanj, tt kastanj, 2 LL kastanj, LL k kastanj, tt G kastanj, 2 LLLG kastanjer, naverlönn, 8 björkar, LL björk, tt G björk, 3 bokar, tt LL bok, 6 hagtorn, 2 pilar
50-75/0-25	hagtorn, alm, G alm, LL k alm, kastanj
75-100/25-50	lind, körsbär, 17 almar, G alm, 5 k almar, 2 LL almar, GS alm, 3 LLG almar, 3 rönnar, 2 lönnar, G lönn, 6 björkar, LL björk, 5 kastanjer, S kastanj, 2 LLLG kastanjer, 2 LL kastanjer, 2 LLL kastanjer, avenbok, 3 hagtorn, naverlönn, tt G naverlönn

L= svag missfärgning, LL= missfärgning,  
 LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk,  
 tt= toptorr, S= stamskador, k= gles krona

BILAGA 4 Art samt skadebild för de träd som efter den digitala bearbetningen klassats mer än en klass "fel" i förhållande till den manuella tolkningen.

Träd vars skador underskattats kraftigt i den digitala bilden i förhållande till klassningen vid den manuella tolkningen (hela testområde 3):

-----  
flygb./dig      skadetypp, art  
-----

0-25/75-100    tt G björk

25-50/75-100    kastanj

Träd vars skador överskattats kraftigt i den digitala bilden i förhållande till klassningen vid den manuella tolkningen (hela testområde 3):

-----  
flygb./dig      skadetypp, art  
-----

75-100/0-25    lind, G lind, naverlönn, 2 almar, LL alm, LLG k alm, 7 hagtorn, 2 pilar, 5 björkar, LL björk, tt G björk, LLG lönn, 3 bokar, k kastanj, LGS kastanj, tt G kastanj

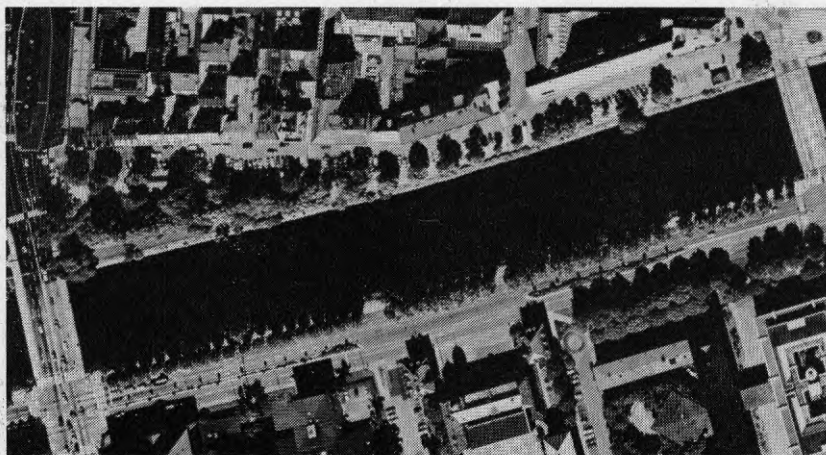
50-75/0-25    björk, 4 almar, S alm, 2 LL almar, G alm, LLG k alm, 2 kastanjer, 2 LL kastanjer, tt kastanj, LL k kastanj, naverlönn, hagtorn tt LL bok

75-100/25-50    11 almar, 2 k almar, 3 rönnar, 2 lönnar, G lönn, 4 kastanjer, S kastanj, 3 hagtorn avenbok, lind, naverlönn, tt G naverlönn, 6 björkar, LL björk

L= svag missfärgning, LL= missfärgning,  
LLL= stark missfärgning, G= skador på grenverk,  
tt= toptorr, S= stamskador, k= gles krona

## BILAGA 5 Bildbilaga

Vid tolkning av NIR-färg-flygbilder baseras vitalitetsbedömningen till största delen på kronans färg, förekomst av synligt grenverk och skuggbildens utseende. En säker bedömningen kräver kunskap om trädart och sort.

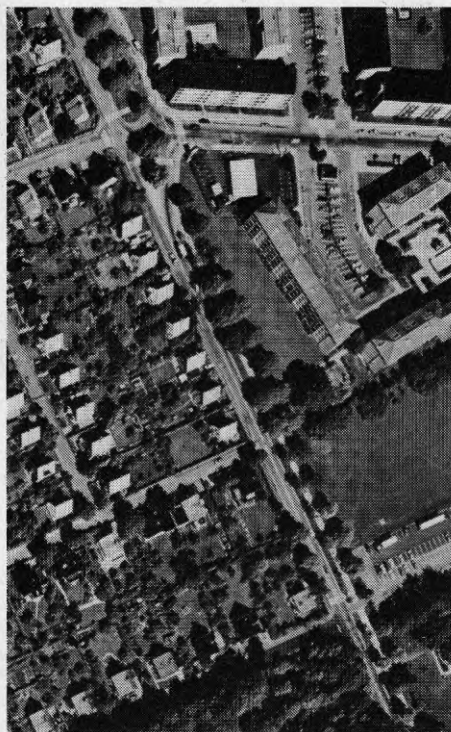


Figur 1 visar delar av Södertullparken - Södra Promenaden och Drottninggatan. I centrum av bilden finns några kraftigt skadade träd vars glesa kronor skiftar i gult, grönt och blått (se även figur 4).

Figur 2 visar ett parti av kastanjeallén längs med Östra Fäladsgatan. Träden visar upp hela skadeskalan från smärre färgförändringar i topparna till helt avlövdade träd. Bilden bör jämföras med figur 3.

Färgbilden kan inte helt återge den detaljrikedom som finns i de diapositiv som används vid tolkningen. Vid stereobetraktningen får man en bättre bild av skadornas omfattning, eftersom träden avbildats i olika vinklar. Markbeläggningsens störande inverkan minskar också.

Flygfoto: Lantmäteriet  
år 1986.  
Godkänd för spridning  
av lantmäteriverket  
87-11-16.





De digitalt bearbetade bilderna är mer lättolkade. Graden av tillförlitlighet beror dock på kvalitén på träningsdata.



Figur 3 visar ett parti av Östra Fäladsgatan (jämför med figur 2 och 5). Maximum likelihood-klassningen gav ett gott resultat, men skadornas omfattning har enligt fältdata och den manuella flygbildstolkningen blivit något överskattad. Röd färg anger att pixeln klassats som skadad.

När träden står i buskage blir konditionsbedömningen vanskelig. Den digitala bilden är "platt" varvid kronornas begränsningslinjer kan vara svåra att se. I figur 3 står alléträden i gräs. De stora jämna gräsytorna maskades bort före klassningen, men där gräset varit ojämnt har pixlarna tagits med i klassningen, vilket gör att vi t ex kan se en upptrampad stig.



Figur 4. Bilden visar en del av Södertullparken och Södra Promenaden. Kastanjernas dåliga kondition avspeglas i en allt för tidig lövfällning. Skadorna syns även tydligt i flygbilden (figur 1).



Figur 5. Del av kastanjeallén längs med Östra Fäladsgatan (se även figur 2 och 3). Bedömningen av trädens kondition förenklas om flera träd av samma art, form och ålder står nära varandra.



Figur 6. Skadat träd vid den kraftigt trafikerade Lunda-  
vägen. Topptorra träd kan lätt urskiljas i flygbilderna.  
Vid en normal fältbesiktning kan denna typ av skador  
endast upptäckas när trädet, som i detta fall, är helt  
fristående eller där trädets topp är synlig från någon  
sida.



Figur 7. Lindar vid Fersens väg. Träd som står nära och  
på "fel" sida om höga hus i flygbildernas ytterkanter  
kan oftast endast tolkas i enkelbild eftersom de döljs  
bakom husen. Slagskuggorna döljer också mycken infor-  
mation.





Figur 8. Lindar vid Drottninggatan. När skadade kronpartier skärs bort minskar möjligheterna att erhålla bra träningsdata till den digitala bearbetningen. Träd med kraftigt beskurna kronor förväxlas ibland med nyplanterade träd vid flygbildstolkningen. Små kronor är svåra att bedöma och deras vitalitet överskattas ofta.



Figur 9. Toppbeskurna träd utvecklar ofta nya "vitala" kronor, men de nya krongrenarna är ofta dåligt förankrade vid rötskadade grenstumpar. Allvarliga rötangrepp kan inte alltid spåras i kronorna, men resulterar i försvagade träd. Flygbildstolkningen ger aldrig fullständig information om trädens kondition, men är ett bra komplement till fältundersökningen.

## LITTERATUR

- Alm, G, 1987, Försök med bildanalys av infraröd-känslig flygbild som metod för inventering av almsjuka. (Naturgeografiska institutionen STOU.) Stockholm. /Opublicerad stencil./
- Arnberg, W & Wastenson, L, 1977, Flygbild avslöjar barkborreangrepp. Skogen, Organ för Sveriges Skogsvårdsförbund, skogsbruk och skogsindustri, 1, p. 24-27.
- Bäckström, H & Welander, E, 1953, En undersökning av remissionsförmågan hos blad och barr av olika trädslag. Norrl. Skogsv. förb. tidskrift. Stockholm.
- Colwell, J, E, 1974, Vegetation Canopy Reflectance. Remote Sensing of Environment, 3, p. 175-183.
- Florgård, C, & Larsson, G, 1979, Flygbildsstudier av vegetation i bebyggelseområden - Användning av lätt flygfotoutrustning och tre filmtyper. Stadsbyggnad, 10, p. 164-168.
- French, D, W & Meyer, M, P, 1980, Aerial detection of tree disease. (Syracuse, New York; State University of New York, College of Environmental Science and Forestry.) Proc. of the National Urban Forestry Conf., Nov 13-16, 1978, Washington, D C, p. 778-788.
- Fuhrer, J, Erismann, K, H, Keller, H, J & Favre, A, 1981, A System for Quantitative Determination of Species and Vitalities of Urban Trees on Color-Infrared Photographs. Remote Sensing of Environment, vol. 11, p. 1-8.
- Glader, E, Moback, U & Persson, H, 1984, Saltskador på träd. (SLU.) Stad och Land, Rapport nr 30. Alnarp.
- Grönplan och Trädplan för Luleå centrum, 1984, (Gatukontorets parkavdelning.) Luleå.
- Haydn, R, Dalke, G, Henkel, J & Bare, J, 1982, Application of the IHS Color Transform to the Processing of Multisensor Data and Image Enhancement. (International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi-Arid Lands.) Proceedings, January, p. 599-619. Cairo.
- Haydn, R, Slivensky, S & Wintges, T, 1985, Interpretation des Vitalitätszustandes von Bäumen aus digitalisierten Farbinfrarot-Luftaufnahmen. Das Gartenamt, 34, p. 687-695. Hannover.
- Heller, R, C, 1978, Case Applications of Remote Sensing for Vegetation Damage Assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 44, 9, p. 1159-1166.
- Hess, W, 1985, Neuartige Digital-Luftbilder: Nur vitale Bäume leuchten grün. Bild der Wissenschaft, 6, p. 38-44. Stuttgart.



- Hoffer, R, M, 1978, Biological and Physical Considerations in Applying Computer-Aided Analysis Techniques to Remote Sensor Data. In: Swain P, H & Davis, S, M, (eds) Remote Sensing: The Quantitative Approach. (McGraw-Hill.) New York.
- Kalensky, Z & Wilson, D, A, 1975, Spectral Signatures of Forest Trees. (Third Canadian Symposium on Remote Sensing.) Proceedings, p. 155-171.
- Kenneweg, H, 1979, Luftbildauswertung von Stadtbaumbeständen - Möglichkeiten und Grenzen. Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges., 71, p. 159-192. Stuttgart.
- Kenneweg, H & Hildebrandt, G, 1973, Interpretation von Luftaufnahmen für die Erforschung und Gestaltung von Vegetationsbeständen in Westdeutschen Ballungsräumen. (Symposium IUFRO S 6.05.) Proceedings, sept. 17-21, p. 87-116. Freiburg.
- Kürsten, E, 1983, Luftbild-folge-Inventuren und Baumkataster als Grundlagen für eine nachhaltige Sicherung Innerstädtischer Vegetationsbestände dargestellt am Beispiel der Stadt Düsseldorf, (Forstwissenschaftlichen Fachbereichs der Georg-August-Universität.) Dissertation. Göttingen.
- Lillesand, T, M, Brock, R, H, Roberts, J, L & Johnson, W, L, 1975, Tree stress detection through spectral rationing of color film records. (5th Biennial Workshop in Color Aerial Photography in the Plant Sci. Amer. Soc. Photogramm.) Proceedings, p. 79-107, Falls Church Va.
- Lillesand, T, M, Eav, B, B & Manion, P, D, 1979, Quantifying Urban Tree Stress through Microdensitometric Analysis of Aerial Photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 45, 10, p. 1401-1410.
- Lillesand, T & Kiefer, R, 1979, Remote Sensing and Image Interpretation, (Wiley.) New York.
- Lundén, B, 1984, IR-radiometri för upptäckt av biologisk stress hos vegetation. (Naturgeografiska institutionen STOU-NG.) Forskningsrapport, 54. Stockholm.
- Manion, P, D, Eav, B, B, Lillesand, T, M, Westfall R, D & Valentine F, A, 1977, Assessment and Correlation of urban tree stress by groundsurvey and remote sensing techniques. (The American Phytopathological Society.) Proceedings, vol. 4, p. 109.
- Murtha, P, A, 1978, Remote Sensing and Vegetation Damage: A Theory for Detection and Assessment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 44, 9, p. 1147-1158.
- NSF, 1980, Flygbildsteknik och fjärranalys. (Nämnden för skoglig flygbildsteknik.) Solna.

Pilesjö, P & Eklundh, L, 1986, Automatisk skadeklassning av trädvegetation - En studie av digitaliserade flygbilder över Malmös parker. (Fjärranalyslaboratoriet vid Naturgeografiska institutionen LU.) Lund. /Opublikerad stencil./

Ripple, W, J, 1986, Spectral Reflectance Relationships to Leaf Water Stress. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 52, 10, p. 1669-1675.

Sadowski, F, G, Sturdevant, J, A & Rowntree, R, A, 1987, Testing the Consistency for Mapping Urban Vegetation with High-Altitude Aerial Photographs and Landsat MSS Data. Remote Sensing of Environment, 21, p. 129-141.

Sellers, P, J, 1987, Canopy Reflectance Photosynthesis, and Transpiration. II. The Role of Biophysics in the Linearity of Their Independence. Remote Sensing of Environment, 21, p. 143-183.

Trädplan för Malmö, rapport 1, 1983, (Stadsbyggnadskontoret, Gatukontoret.) Malmö.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860588-4  
från Statens råd för byggnadsforskning till Parkavdel-  
ningen, Malmö kommun, Malmö.**

**R58:1988**

**ISBN 91-540-4906-7**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.Nr: 6708058**

**Abonnemangsgrupp:  
X. Samhällsplanering**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirka pris: 36 kr exkl moms**