



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Rapport 2006:59

# Uppföljning av miljömål om lövskogsföryngring med hjälp av fjärranalys



[www.o.lst.se](http://www.o.lst.se)



# Uppföljning av miljömål om lövskogsföryngring med hjälp av fjärranalys



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN  
Rapport 2006:59



SKOGSSTYRELSEN

PRODUKTION Länsstyrelsen i Västra Götalands län | Naturvårdsenheten | Tel. 031-60 50 00

FÖRFATTARE Patrik Olsson | Skogsstyrelsen

RAPPORT 2006:59

ISSN 1403-168X

Ladda ner rapporten från [www.o.lst.se](http://www.o.lst.se) under publikationer

## **Förord**

Miljömålet ”Levande skogar” med delmålet ”Förstärkt biologisk mångfald” har hittills saknat uppföljning av lövskogsförnyring. Patrik Olsson (Skogsstyrelsen) har testat två olika metoder att följa upp delmålet med hjälp av satellitbilder. Genom att använda så kallade kNN-skattade data har han jämfört andelen ung lövskog. Jämförelsen visar att mellan 1990 och 2000 har andelen ung lövskog minskat.. Han har även testat metoden att kombinera data om gamla hyggen med vegetationsindex, men denna metod var svårtolkad.

Författaren ansvarar ensam för rapportens innehåll och tackas för sin insats.

Anna Stenström

Länsstyrelsen Västra Götalands län

# Innehållsförteckning

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Innehållsförteckning .....            | 4  |
| Sammanfattning .....                  | 5  |
| Bakgrund .....                        | 5  |
| Syfte .....                           | 6  |
| Projektets delmål: .....              | 7  |
| Genomförande .....                    | 7  |
| Material och metoder .....            | 8  |
| Satellitbilder.....                   | 8  |
| Programvaror .....                    | 11 |
| Bearbetningar.....                    | 12 |
| Fältkontroller .....                  | 16 |
| Analys .....                          | 17 |
| Resultat.....                         | 20 |
| Trenden för lövskogsföryngringar..... | 20 |
| Identifiera lövföryngringar .....     | 22 |
| Fältkontroller .....                  | 22 |
| Slutsatser .....                      | 24 |
| Trenden för lövskogsföryngringar..... | 24 |
| Identifiera lövföryngringar .....     | 24 |
| Referenser.....                       | 24 |
| Bilaga 1.....                         | 25 |
| Bilaga 2.....                         | 26 |
| Bilaga 3.....                         | 30 |
| Bilaga 4.....                         | 31 |

## Sammanfattning

I projektet har en fjärranalysbaserad metod tagits fram som stöd i arbetet med uppföljningen av miljömålet av Levande skogar, Delmål 12.2, Förstärkt biologisk mångfald, ”Arealen mark föryngrad med lövskog ska öka på produktiv skogsmarksareal utanför reservat och nationalparker i Västra Götalands län”.

### Trenden i lövskogsutvecklingen

En analys har gjorts för att se trenden i utvecklingen av lövskog i Västra Götaland under perioden 1990 – 2000. Detta har skett med hjälp av jämförelser av s.k. kNN-skattade data. Andelen lövskog i åldersklassen 0-10 år har minskat över tioårsperioden 1990-2000. I de övriga åldersklasserna ser det inte ut att ske lika stora förändringar i strukturen. Jämförelser har gjorts på länsnivå och delvis på distriktsnivå (Skogsvårdsstyrelsen) men kan delas in i andra geografiska områden. Fördelen med att använda sig av kNN-skattningar är att man kan identifiera var stora förändringar sker geografiskt.

### Identifiera lövföryngringar

För att identifiera lövföryngringar med hjälp av fjärranalys har kombinationen gamla hyggen (8-15 år) tillsammans med ett sk. vegetationsindex använts. Avverkningarna är framtagna med förändringsanalys av satellitbilder från 1989 resp. 2000 och vegetationsindex är beräknat på färsksatellitbilder. Vegetationsindex beräknas med hjälp av bl.a. infraröd information i satellitbilden och ett högt index tyder på kraftig lövvegetation. Många av dessa ytor är dock i akut behov av röjning och inte alls tänkta för lövföryngring. Därför måste man efter att ha identifierat ytorna följa dem över lång tid för att försöka fastställa vilka åtgärder som utförs, vad som sker i objektet och om det är lövskog man försöker satsa på. Detta är svårt och kräver att man kontinuerligt följer objekten. I projektet har ingen uppföljning på objektsnivå gjorts då de tillgängliga äldre satellitbilderna inte har tillräckligt hög geometrisk noggrannhet för att det ska anses vara meningsfullt att jämföra från år till år. Fortsatta studier på satellitdata från de närmast kommande åren krävs för att bedöma om uppföljning är möjlig. Ett förfinat vegetationsindex har försökt åstadkommas genom att göra beräkningarna på det sk. radiansvärdet i satellitscenen som ger ett något mer exakt värde. Någon tydlig förbättring har dock tyvärr inte kunnat påvisas mot de fältdata som finns. I alla fall inte så mycket förbättring att det motsvarar den extra arbetsinsats som krävs.

### Slutsats

Det är lättare att presentera utvecklingen av lövskog över en tidsperiod med hjälp av kNN än vad det är att identifiera nya lövföryngringsytor. Ev. kan metoden att identifiera lövföryngringar bli intressant längre fram när det finns tillgång till satellitbilder för att studera äldre avverkningar.

## Bakgrund

I dagsläget finns det inte någon bra metod att följa upp miljömålet Levande skogar, delmål 2 ”Arealen mark föryngrad med lövskog skall öka på produktiv skogsmarksareal utanför reservat och nationalparker i Västra Götalands län”.

Skogsvårdsstyrelsen har tillgång till resultat från D5-Polytax samt data från riksskogstaxeringen. Polytax är samlingsnamnet på ett antal inventeringar som har utförts av skogsvårdsorganisationen från och med 1999. Inventeringarna ger svar på hur skogsbruket lever upp till ambitionerna i 1993 års skogsolitik, hur väl de uppfyller de jämförda produktions- och miljömålen i form av miljöhänsyn och återväxtresultat vid föryngringsavverkning. Vid D5-Polytax inventeras, fem år efter avverkning i södra Sverige, återväxtens kvalitet och mängden död eller levande ved. I D5-polytax får man dock enbart uppgifter om andelen lövplantor vid 5 års ålder. Därefter kan skogsägaren gå in och röja bort lövet från beståndet. Tillgången på vilt kan också starkt påverka senare lövutveckling.

Uppgifter från riksskogstaxeringen kan ge information om lövbestånd efter gallring, men antalet provpunkter har visat sig vara alltför få på länsnivå och ger därför alltför stora medelfel. Nationellt finns det även uppgifter om mängden sålda lövplantor, men var dessa lövplantor hamnar är osäkert. Dessutom kommer en stor del av lövet från naturlig föryngring och viltets betning kan ha stor inverkan. Den föreslagna metoden där både kNN-data och vegetationsindex används skulle kunna lösa dessa problem, genom att ge information om den verkliga andelen ung lövskog i länet.

## Syfte

Projektet syftar till att utveckla en metod för att använda fjärranalysteknik som stöd i arbetet med uppföljningen av Levande skogar, Delmål 12.2, Förstärkt biologisk mångfald, ”Arealen mark föryngrad med lövskog ska öka på produktiv skogsmarksareal utanför reservat och nationalparker i Västra Götalands län”. Förväntat resultat är en metod som kan användas för att snabbt ta fram data om andelen ung lövskog och därmed möjliggöra uttolkning av ev. förekommande trender för andelen ung lövskog. Metoden ska med andra ord möjliggöra uppföljning och bedömning av det uppsatta miljömålet. Projektet testar 2 olika metoder för att nå följa upp arealen föryngrad med lövskog: dels genom att se på trenden i lövskogsarealen och dels genom att identifiera lövskogsföryngringar. Resultatet säkerställs genom att fältkontroller utförs av analysresultatet.



## Projektets delmål:

- Fastställa vilka indata, i form av t.ex. satellitdata, kNN-data mm, som krävs för att erhålla ett bra analysresultat.
- Undersöka vilken typ av bearbetning av indata som krävs för att erhålla ett bra resultat.
- Kontrollera metodens kvalitet genom att utföra fältkontroller av analysresultatet som kommer bestå av både rasterdata och vektordata.
- Undersöka om metoden och det framtagna data kan användas till andra ändamål med skoglig anknytning.

## Genomförande

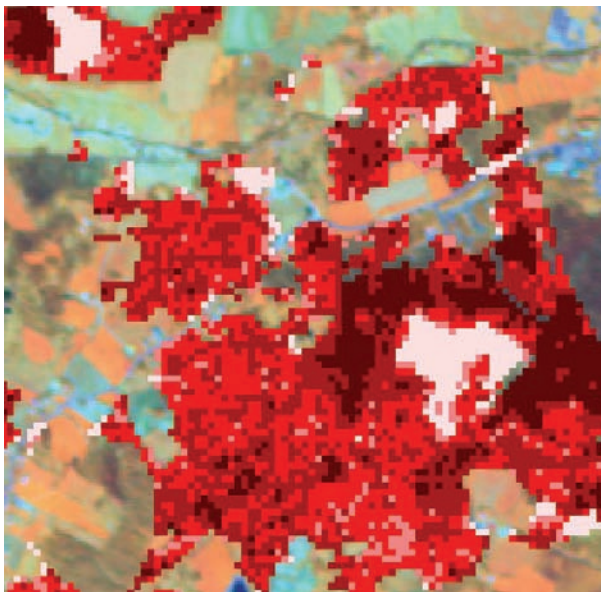
1. Ta tillvara alla erfarenheter från tidigare liknande projekt.
2. Undersöka vilka indata som finns tillgängliga och är lämpliga för att ta med i analyserna.
3. Undersöka vilken bearbetning av indata som krävs för ett bra resultat
4. Utifrån valda indata utveckla en metod för att ta fram möjliga skogliga uppgifter och dokumentera alla steg i analysen. Analysen begränsas till ett testområde.
5. Kontrollera analysresultatet ute i fält inom testområdet för att se hur pass väl resultatet sammanfaller med verkligheten. Det är viktigt att säkerställa metodens tillförlitlighet och eventuella brister.
6. Sammanställa en rapport som beskriver datakällor, arbetssteg och analyser för den utvecklade metoden.

# Material och metoder

## Satellitbilder

Följande indata i form av satellitbilder och bearbetade satellitdata har använts i projektet:

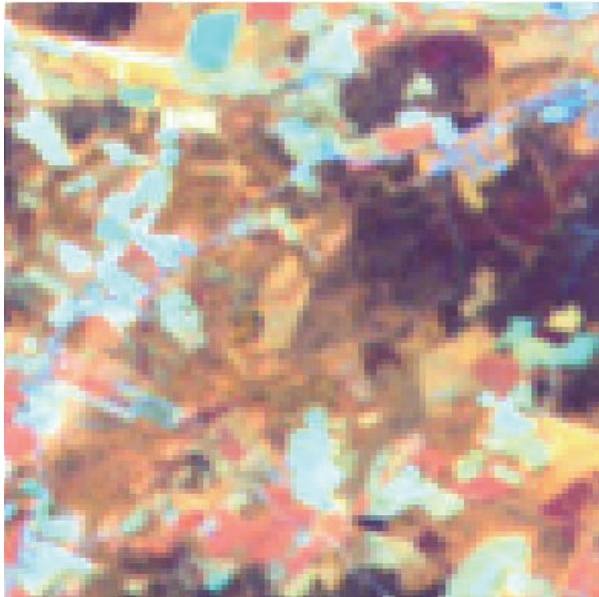
För att följa trenden i lövskogsutvecklingen har **kNN-skattade data** används från kNN-Sverige, som SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) i Umeå tagit fram. Genom att referera pixelvärden i en satellitbild till kända värden på skog kan man skapa en funktion som genom skattning översätter pixelvärdet till olika skogliga variabler. I kNN-Sverige har man använt riksskogstaxeringens noggrant uppmätta och koordinatsatta provvytor som referens. De skattade skogliga variabler som använts i projektet är bl.a. volym, höjd och ålder. kNN-Sverige bygger på satellitbilder från 2000-2001. I projektet har även kNN-skattade data med motsvarande skogliga data från 1989-1990 använts. kNN-skattningar lämpar sig väl för att beräkna skogliga data för givna områden som t.ex. socknar, kommuner eller lite större fastigheter. Noggrannheten för kNN-skattningar är relativt dålig på pixelnivå, i det här fallet 25x25 meter. Genom att istället beräkna medeltal för större områden erhålls ett betydligt bättre resultat. Tidigare studier (Fazakas et al., 1999; Nilsson och Sandström, 1999) där satellitdata kombinerats med riksskogstaxeringens provvytor visar att medelfelet för virkesförrådet blir så lågt som 10-15% när beräkningarna görs på 100-200 ha stora områden. Det finns en mängd faktorer som påverkar noggrannheten i kNN-skattningarna, t.ex. satellitbildens registreringstidpunkt på året, geometrisk noggrannhet, antalet riksskogstaxeringsytor inom satellit-scenen.



*Bild 1. Exempel på kNN-skattning.*

### **Landsat 5 TM och Landsat 7 TM.**

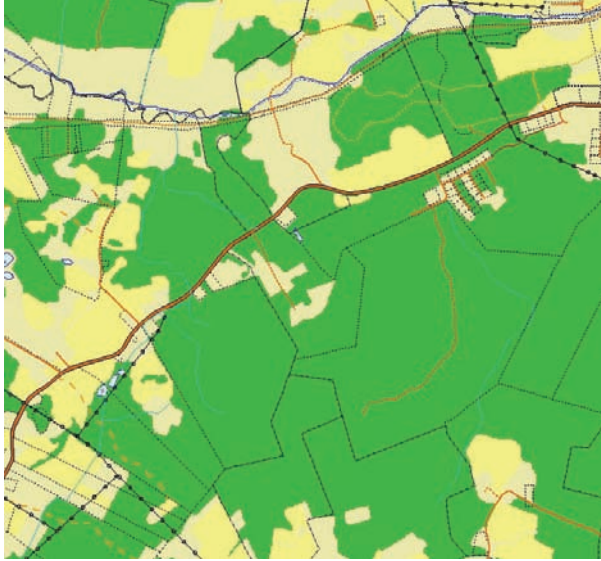
Skogsvårdsorganisationen har använt satellitbilder från Landsat i många år, framförallt Landsat 7 som bl.a. använts för att identifiera avverkningar. Rikstäckande scener från denna satellit köptes in mellan åren 2000 och 2002. Landsat 7 är i dag i praktiken oanvändbar pga. tekniska problem medan den äldre Landsat 5 fortfarande är i drift. I projektet har scener från Landsat 5 TM använts för kNN-skattningarna från 1989 och 1990 samt för att ta fram hyggesmasken från åren 1989-1996 för att identifiera lövskogsförnygringar.



*Bild 2. Exempel på bild från Landsat 7 TM.*

### **Skogsmask:**

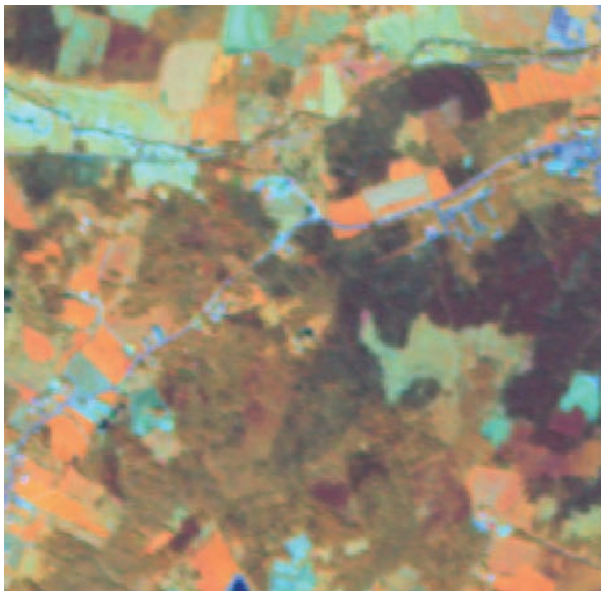
I projektet har en skogsmask med den geometriska upplösningen 5 meter använts. Skogsmasken bygger på GSD Fastighetskartan till skillnad från de flesta skogsmasker som oftast bygger på GSD Blå kartan och då har en geometrisk upplösning på 10 meter. Skillnaden i upplösning har betydelse vid analyser och beräkningar på rasterdata som t.ex. beräkning av vegetationsindex. Skogsmasken används bl.a. till att begränsa analyser till skogsmark.



*Bild 3. Exempel på den använda skogsmasken. Gröna områden är skogsmark och medtagna i analyserna.*

### **SPOT 5 scener från 2003.**

Spot 5 satelliten ger bilder med mycket hög geometrisk upplösning (10 meter) vilket gör det möjligt att erhålla ett bra analysresultat samt att möjligheten att visuellt tolka satellitscenen förbättras avsevärt gentemot satellitscener med lägre geografisk upplösning. SPOT 5 scener har använts till att beräkna vegetationsindex för att identifiera lövytor.



*Bild 4 Exempel på vy från SPOT 5.*

## Programvaror

I projektet har ett antal olika programvaror använts för att bearbeta och analysera data. Nedan följer en kort beskrivning över vad dessa använts till:

- **Enforma 3.0.3** Har framförallt använts för att identifiera avverkningar men också för att beräkna vegetationsindex som ger en indikation på yngre lövvegetation. I projektet har Enforma använts till att ta fram hyggesmasken som har med alla avverkningar mellan åren 1989 och 1996 samt att beräkna vegetationsindex (IPVI) för SPOT5 scener.
- **ArcView 3.2** Det mesta av bearbetning och analys har genomförts i ArcView och då ofta i kombination programtillägget Spatial Analyst (se nedan)
- **Spatial Analyst** är ett programtillägg till ArcView för att kunna hantera, bearbeta och analysera rasterdata t.ex. kNN-skattade data och även satellitscener i viss mån.
- **CLRfix** är ett program som skapar en slags ”Look-up-table” för att kunna presentera GRID-data i klassad form enligt en färgskala i ArcView utan tillägget Spatial Analyst. CLR-filen, som ska ligga i samma katalog som GRID-datat, översätter varje värde till en förutbestämd klass och ger denna klass en färg. kNN-skattningar kan inte presenteras på ett smidigt sätt i ArcView utan programtillägget Spatial Analyst som är en relativt dyr tilläggsprogramvara och kanske inte tillgängligt för så många inom en organisation. Ett sätt att kringgå detta och kunna presentera klassificerade GRID-data är att använda sig av en sk. CLR-fil. En CLR-fil är en typ av ”Look-up-table” som översätter värdena i GRID till en förutbestämd klass i CLR-filen. Ett intervall t.ex. lövandel 0-30 procent kan översättas till klass 1 och färgas ljusgrön, medan 30-70 procent översätts till klass 2 och färgas lite mörkare osv. Genom att lägga CLR-filen i samma katalog som det önskade kNN-datat och sedan läsa data som en bild så färgas datat enligt färgskalan man bestämt i CLR-filen. För att skapa CLR-filen används ett program som heter CLRfix.exe.
- **Imagestat** är ett program som skapar en ny scen som utifrån gråtonsvärdet i en satellitscen och de kalibreringsvärden som finns kopplat till den aktuella scenen. Resultatet av beräkningarna blir det riktiga radiansvärdet som registrerats för det röda och det nära infraröda våglängdsbandet. Detta ger ett mer homogent vegetationsindex som inte skiljer sig lika mycket scener emellan.

## Bearbetningar

### Trenden i lövskogsutvecklingen

#### *Beräkna skogliga data med kNN*

kNN är en form av rasterdata som i varje bildpunkt (pixel) innehåller ett värde för ålder, höjd och volym per hektar fördelat på trädslag. En bildpunkt täcker oftast en yta på 25 x 25 meter. Varje skattad skoglig variabel, ålder, höjd, volym etc. utgör ett eget GRID-dataset. Dessa data kan sedan enkelt beräknas för ett område genom att man tar fram det medelvärde som gäller för den givna ytan. I projektet har bl.a. volymfördelningen för lövskog och barrskog inom varje åldersklass tagits fram för varje Skogsvårdsstyrelse distrikt i Västra Götaland men även för hela länet. Man kan välja begränsning såsom avrinningsområde, kommun, skogslandskap etc. helt fritt beroende på vilka data man har tillgång till. Distriktsindelningen valdes för att få en överblick över variationerna inom länet. I projektet har kNN-skattningar från två olika tidpunkter använts, 1989-1990 och 2000-2001. Genom att jämföra volymfördelningen för lövskog i de båda dataseten kan trenden för lövskogsutvecklingen utläsas. I bilaga 1 finns distriktsindelningen och i bilaga 2 diagram som visar volymfördelningen för respektive distrikt. För kNN-datasetet från 2000-2001 beskrivs volymfördelningen för varje distrikt. Då det gäller kNN-datasetet från 1989, 1990 går det tyvärr inte att göra motsvarande beräkning för alla distrikten p.g.a. att kNN-datasetet består av två delar där vissa distrikt berörs av båda dataseten (Bilaga 3). Sammanställning har kunnat göras för distrikten Mariestad, Skara, Borås och Svenljunga. Detta får till följd att trenden för lövskogsutvecklingen på distriktsnivå endast kan göras för dessa distrikt. En sammanställning har även gjorts på hela länet för data från 1989-1990 vilket medför att en jämförelse på länsnivå kan göras mellan data från 1989-1990 och 2000-2001. All bearbetning av kNN-skattningarna har utförts i programmet ArcView tillsammans med programtillägget Spatial Analyst. Då kNN data från 2000 finns tillgängligt för hela Västra Götaland och nästan hela länet från 1989-90 har sammanställningarna gjorts på hela länet istället för att begränsa till ett testområde.

### Identifiera lövföryngringar

I projektet har ett flertal bearbetningar av indata skett för att försöka ta fram den optimala metoden. Många bearbetningar har gjorts i syfte att hitta unga bestånd lövskog då detta är den mest problematiska delen. Framtagandet av hyggesmask är en grundläggande del för att hitta yngre bestånd och här är själva analysen relativt enkel att utföra och ger en god träffsäkerhet. Då det gäller att använda vegetationsindex för att hitta unga lövbestånd så är det inte lika problemfritt och här har också olika varianter av beräkningar och indata använts för att ta fram ett bra resultat. Nedan redovisas de bearbetningar som gjorts och hur mycket de anses tillföra träffsäkerheten i resultatet.

## Hyggesmask

För att identifiera förnygringsytor och för att koncentrera sig på objekt med känd ålder, har en hyggesmask tagits fram. Genom att identifiera hyggen som är mellan 8-15 år gamla med hjälp av förändringsanalys har en grund för vidare bearbetningar tagits fram. Hyggesmasken har producerats med hjälp av två satellitscener, en från 1989 (Landsat 5 TM) och en från 2000 (Landsat 7 TM), som sedan genom en förändringsanalys i Enforma genererat en hyggesmask. De avverkningsanmälningar som inkommit till skogs-vårdsstyrelsen mellan 1997 och 2000 och som överensstämmer med avverkningsarna från hyggesmasken har sedan tagits bort från hyggesmasken för att på så sätt få rätt tidsintervall avverkningarna, 8-15 år (dvs hyggen från 1989-1996). I förändringsanalysen används även en skogsmask för att endast förändringar i skogsmark skall visas. Skogsmasken möjliggör även att en viss radiometrisk matchning emellan bilderna, som görs i programvara Enforma under analysen, för att den fenologiska effekten av att bilderna är tagna vid olika tidpunkter på sommarhalvåret skall minimeras.

## Vegetationsindex

Vegetationsindex är ett samlingsnamn för olika värden som tas fram genom olika kombinationer av spektralband där man utgår från att ett högt index tyder på mycket vegetation, i synnerhet yngre lövskog. Tanken med vegetationsindex grundar sig på det faktum att vegetation (i skogliga sammanhang framför allt lövträd) reflekterar mycket NärInfrarött ljus (NIR) medan det synliga röda ljuset absorberas av klorofyllet i stor utsträckning. Det har stor betydelse vilken tid på året en satellitscen är registrerad då det gäller att beräkna vegetationsindex. Den optimala registreringstidpunkten för satellitscenen är på försommaren just då allt löv slagit ut för fullt. Är satellitscenen registrerad tidigare eller senare på året blir resultatet av t.ex. vegetationsindexberäkningar inte lika lyckade. Alla scener är alltså inte lämpliga för den typen av beräkningar. I projektet har SPOT 5 scener från 2003 använts för att ta fram vegetationsindex. Vegetationsindex kan beräknas på olika sätt. Den variant som använts i projektet kallas IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) och ger ett index mellan 0 och 100 där ett högt index tyder på kraftig vegetation. Fördelarna med IPVI gentemot andra typer av vegetationsindex är att man slipper negativa värden samt att beräkningen är relativt snabb och inte så utrymmeskrävande lagringsmässigt sett. Indexet beräknas enligt nedanstående funktion där *NIR* är nära infrarött ljus och *Rött* är rött ljus:  $IPVI = 100 * NIR / (NIR + Rött)$



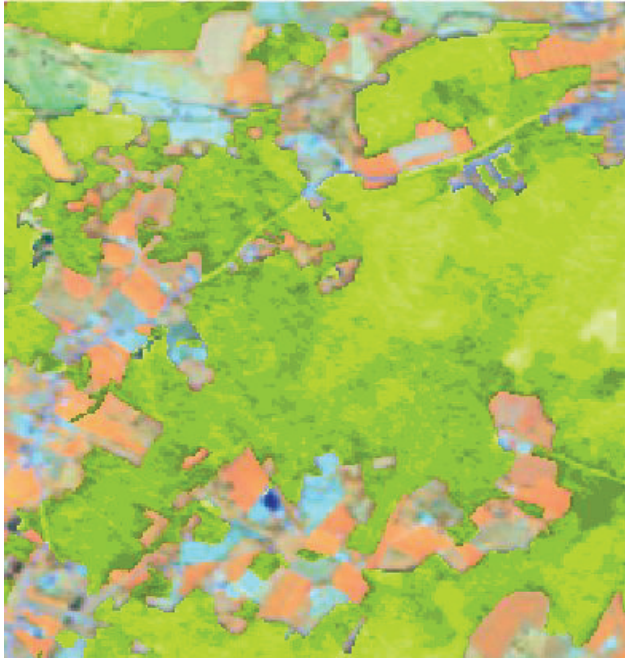


Bild 5. Vegetationsindex beräknat på Spot 5 scenen i bild 4.

*Alternativ 1 för att beräkna vegetationsindex (IPVI):*

Programvaran Enforma kan användas för att beräkna IPVI. Funktionen eller verktyget i Enforma är utformat så att man först beräknar IPVI och sedan bestämmer ett lägsta värde för vad som skall vidarebearbetas genom s.k. tröskling. En förutbestämd klassindelning med avseende på IPVI-värdet (t.ex. Hög, medel, låg) kan bestämmas och man har även möjlighet att skapa en shape-fil med alla objekt i de förutbestämda klasserna för att använda som underlag i ett GIS. Först bör dock alla småytor filtreras bort genom att sätta en minimiareal för objekten. Enforma är alltså ett mycket praktiskt hjälpmedel som är lätt att hantera och redan är etablerat inom bland annat skogs-vårdsorganisationen med dokumentation. Verktöget är främst utvecklat för att finna lövröjningsobjekt men fungerar för att finna lövförekomster i allmänhet. De ytor som är intressanta kombineras sedan med avverkningar med ålder 8-15 år (Se kapitlet Analys).

*Alternativ 2 för att beräkna vegetationsindex (IPVI):*

ArcView kan användas för att beräkna IPVI, men detta kräver programtillägget Spatial Analyst. Satellit-scenen konverteras då först till GRID-format. De intressanta våglängdsbanden är Röd och nära infraröd (NIR). I SPOT 5 scener motsvaras dessa av band 2 respektive 3 och man väljer alltså att i tur och ordning konvertera dessa till GRID. Konvertera även skogsmasken till GRID-format. Funktionen för att beräkna IPVI (Där XS 3 är NIR och XS 2 är Rött) ser ut så här i Spatial Analyst:  $IPVI = (([XS\ 3].Float / ([XS\ 3]+[XS\ 2]))*100).int$ . Där "float" betyder flyttal och "int" heltal. Genom att man i beräkningen gör om rasterdata från flyttal till heltal minskar man datamängden avsevärt.



Skogsmasken i GRID-format användas för att skapa ett nytt IPVI-GRID som bara täcker skogsmark. Detta görs genom att med verktyget ”Map Calculator” multiplicera IPVI med skogsmasken (GRID) som bara består av värdet 1 respektive 0. Resultatet blir ett IPVI-GRID där indexet enbart har ett värde på skogsmark. Genom att i ArcView utföra multipliceringen mellan IPVI (från ArcView) och skogsmasken kan man utnyttja den högre upplösningen av denna (5 meter) om en sådan högupplöst skogsmask finns tillgänglig. I ArcView bestämmer sedan operatören en lägsta gräns för IPVI och konverterar urvalet till shape-format där alla småobjekt tas bort genom en godtycklig lägsta arealgräns.

### **Bästa alternativet är en kombination av Enforma och ArcView**

Nackdelen med att enbart använda Enforma för att bestämma ett IPVI med en lägsta gräns är att det är svårt att använda referensdata i programmet. Operatören har enbart satellitbilden till sin hjälp men har dock en möjlighet, om än något omständlig, att läsa in data (t.ex. en shape-fil) som referensdata t.ex. känd yngre lövförekomster som stöd, men det är inte en smidig lösning då data först måste konverteras till rasterformat. Den bästa lösningen är att beräkna IPVI i Enforma och sedan gå över till ArcView med tillägget Spatial Analyst för vidare behandling. Resultatbilden (BIL-format) läses då in i ArcView där man konverterar denna till GRID. Beräkningen av IPVI sker då i Enforma vilket får anses vara den smidigaste programvaran för detta ändamål. Då man sedan läser in IPVI-bildfilen till ArcView får man tillgång till referensdata i form av flygfoton, fastighetsdata mm. Bedömningen av vad som ska räknas som kraftig lövvegetation förenklas alltså avsevärt samtidigt som man då kan bearbeta dessa data i Spatial Analyst.

### **Vegetationsindex beräknat på radiansvärden**

När man beräknar vegetationsindex i en satellitbild så använder man oftast gråtonsvärdet i scenen vilket inte är helt korrekt. Ska man vara mer exakt ska man istället använda sig av radiansvärdet som ger det korrekta värdet på det reflekterade ljuset som registrerats av satelliten. Gråtonsvärdet är radiansvärdet omräknat med en skalfaktor och en konstant för att se till att värdena alltid hamnar inom intervallet 0 – 255. Konstanten brukar följa med som tillhörande metadata till satellitscenerna för att ge en möjlighet att räkna om gråtonsvärdet till radiansvärdet. Radiansvärdet ger en bättre möjlighet att objektivt bestämma ett lägsta värde för vegetationsindexet som kan gälla för ett större antal satellitscener. Skillnaden mellan att använda gråtonsvärdet resp. radiansvärdet kan sammanfattas med att det senare ger ett något mer nyanserat vegetationsindex jämfört med gråtonsvärdet. Används gråtonsvärdet blir skillnaden mellan varje steg i indexet större än om man använder radiansvärdet. Det blir även något mer sammanhängande ytor om man använder radiansvärdet. Om den förbättring av vegetationsindexet som bearbetningen ger motsvarar den extra arbetsinsats som behövs är tveksamt.

## **Det mellaninfraröda bandet (MIR)**

Försök har även gjorts i projektet med att använda det mellaninfraröda bandet (MIR) för att kunna skilja kraftig lövvegetation från kraftigt växande gran-skog som i vissa fall kan ge ett högt vegetationsindex och bidra till fel i resultatet.

Genom att sätta en brytpunkt i MIR kan man skilja ut de områden som mestadels består av växtlig gran från de områden med kraftig lövvegetation. Teorin består i att gran lämnar mer skuggor än lövträd. MIR-bandet som har relativt hög dynamik jämfört med de visuella banden kan användas för att få ett mått på mängden skuggor i en pixel. Andelen skuggor är omvänt proportionell till MIR-signalens styrka, d.v.s. ju större andelen skuggor det finns i pixeln desto lägre är signalen i MIR-bandet.

Dessvärre har dock inte detta samband kunnat påvisas bland det referensmaterial som resultatet jämförts med. I SPOT 5 scener är det band 4 som registrerar MIR och man väljer helt enkelt att konvertera just detta band till GRID-format för att kunna hantera informationen i Spatial Analyst och sätta ett gränsvärde i MIR. Då inte någon tydlig förbättring åstadkommit med denna bearbetning har den delen utelämnats för de flesta satellitsscener som använts i analyserna.

## **Fältkontroller**

### **Gamla hyggen med kraftig lövtillgång**

För att ha ett referensmaterial att kontrollera metodernas träffsäkerhet har under projektets gång alla fältkontroller som skett i fält med anknytning till metodutvärderingen använts som referensmaterial. Då det gäller identifieringen av gamla hyggen i kombination av ett högt vegetationsindex har en praktisk fältgis-lösning använts för att få bästa kvalitet på referensdata. Syftet med denna fältinventering har i första hand varit att utvärdera metoden för att finna lövröjningsbehov, men då metoden är likadan för att hitta potentiella lövföryngringar är referensdatat viktigt även för att hitta lövskogsföryngringar.

Följande utrustning och programvara har använts:

- Handdator (Compaq Ipaq 3870 med Bluetooth)
- ArcPad 6.0.3 (GIS programvara med kartredigerings-funktionalitet)
- GPS, Bluetooth Emtac
- 
- Inventeringsformulär i ArcPad (Menylistor kopplade till attributtabell)

Då både GPS-en och handdatorn är utrustade med blåtand så kan dessa kommunicera med varandra trådlöst. De ytor som tagits fram i analysen förs över till handdatorn och läses in i som ett kartsikt i programvaran ArcPad. Samtidigt lägger man in lämplig kartbakgrund t.ex. satellitbild, ortofoto eller liknande. I programmet ArcPad får man sedan via GPS-mottagaren en geografisk position i realtid som visar vart i kartfönstret man befinner sig. Det är alltså väldigt enkelt att besöka en yta och rita och beskriva hur lövvegetationen på ytan varierar för att på så sätt bättre kunna utvärdera resultatet.

### **Hitta etablerade lövbestånd**

Vegetationsindexet samt kNN-skattningarna för lövandel har även utvärderats mot en inventering som gjorts i området kring sjön Åsunden söder om Ulricehamn. I den inventeringen så uppskattade man trädslagsfördelningen i olika typer av lövskog samt koordinatbestämde läget för de knappt 400 punkerna med GPS.

En kontroll har även gjorts mot de ädellövskogar som givits bidrag för skötsel i form av ädellövskogsbidrag samt jordbruksmark som planterats med löv. Här har det dock visat sig svårt att med hjälp av gamla hyggen och vegetationsindex få träff på dessa ytor som i och för sig fortlöpande registreras av skogsvårdsstyrelsen. Det är även mycket svårt för att inte säga omöjligt att med hjälp av fjärranalys identifiera åkermark som planteras med lövskog eller vilken annan typ av skog som helst. Förklaringen är enkel. I och med att skogsmask används så koncentrera man beräkningen av vegetationsindex till enbart på skogsmark. På jordbruksmark sker det så mycket större förändringar än vad det gör på skogsmark vad gäller vegetationsindex vilket gör det omöjligt att hitta dessa ytor.

## **Analys**

### **Identifiera yngre lövbestånd**

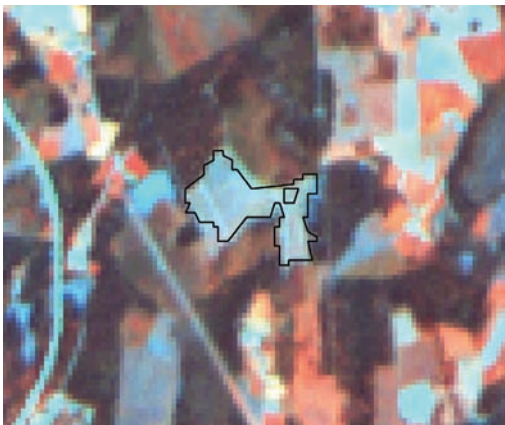
Projektet har till stor del handlat om att försöka hitta kombinationer av indata och analysmetoder för att hitta den bästa lösningen. Erfarenheter från tidigare projekt, (Persson och Bank, 1998), där man undersökt möjligheterna att med hjälp av fjärranalys, speciellt då vegetationsindex, försökt identifiera röjningsbehov har studerats. Detta eftersom metoden för att hitta lövförnyringar till stor del använder samma teknik för att just identifiera ytor med mycket löv. I det projektet var en av slutsatserna att man ytterligare borde undersöka möjligheterna att komplettera vegetationsindexet med information om hyggen som är mellan ca 8-15 år för att på så sätt kunna höja träffsäkerheten i analysen. Detta har också gjorts genom att använda sig av hyggesmasken kombinerat med vegetationsindex beräknat på SPOT 5 scener (se avsnittet bearbetningar). Genom att sedan söka ut alla gamla hyggen som berörs av en yta med högt vegetationsindex kan potentiella objekt med hög andel löv erhållas. Det mest komplicerade momentet i analysen är att bestämma det lägsta gränsvärdet för vegetationsindexet för att området skall klassas som kraftig lövvegeta-

tion. Det momentet är helt upp till den operatör som utför analysen och bedöms på varje scen som beräknas.

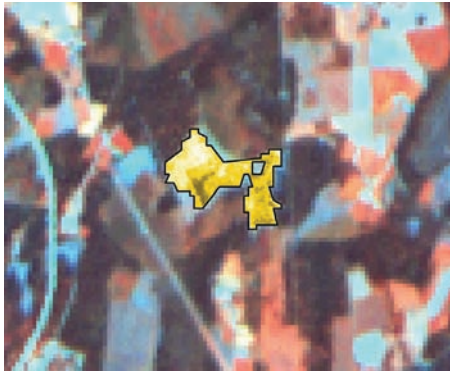
Nedan visas ett exempel på hur kombinationen gamla hyggen tillsammans med vegetationsindex kan användas. Bild 6 visar en Landsat 5 TM scen från 1989. I bild 7 visas motsvarande område i en SPOT 4 scen från 1994. I bild 8 finns också hyggesfiguren med som tagits fram i Enforma genom en förändringsanalys mellan bilderna från 1989 och 1994. I bild 9 kan man se hur vegetationsindexet varierar över hyggesfiguren. Vegetationsindexet är beräknat på en SPOT 5 scen från 2003 som visas i bild 4. De mörkgula områdena är områden med högt IPVI. I bild 9 syns det på färgskalan att IPVI är lägre i området. En fältkontroll visade att området inom den gröna linjen hade mycket lägre lövtillgång jämfört med områdena inringade med orange färg. Man kan alltså här se förhållandet mellan ett högt vegetationsindex och kraftig lövtillgång.



6. Landsat 5 scen från 1989.



7. Spot 4 scen från 1994 med hyggesfigur från Enforma



8. Vegetationsindex beräknat inom hyggesfiguren på SPOT 5 scenen i bild 4.



9. Vegetationsindex varierar över ytan. De mörkare områdena har ett högre värde på vegetationsindexet. Fältkontroll visar också att området inom den gröna linjen har mycket lägre lövtillgång jämfört med områdena inringade med orange färg. (SPOT 5 scen, 2003)

Men för veta hur de objekt som tas fram med den här metoden utvecklas, behöver man fortsätta att studera ytorna över en längre tid och se vilka åtgärder som sätts in. Med stor säkerhet kommer röjning att utföras, vilket kommer att medföra ett lägre värde för vegetationsindexet på detta objekt. Om sedan allt löv röjs bort för att gynna tall eller gran så syns detta inte direkt. Är man ute efter att lokalisera nya lövföryngringar måste man alltså först identifiera de gamla avverkningarna och sedan följa dessa objekts utveckling över en tid för att kunna försöka identifiera vilken typ av bestånd man satsat på, samt vilka åtgärder som utförts. Det här är komplicerat och kräver tillgång på bra och

högupplösande satellitdata såsom SPOT 5 blir effekten att varje scen täcker en mindre yta. En Landsat 7 TM scen täcker en yta på 18,5 x 18,5 mil medan en SPOT 5 scen täcker 6 x 6 mil. För att ta fram avverkningar med hjälp av förändringsanalys eller beräkna vegetationsindex krävs alltså en mängd fler analyser om man arbetar med SPOT 5 scener. En lösning som ser ut att bli verklighet under närmaste halvåret är att man genom reflektanskalibrering scenerna emellan kan skapa en mosaik av satellitbilder med närliggande egenskaper som en enskild scen. Detta både förenklar och snabbar upp analyserna och gör det enklare att följa upp objekten i framtiden. Äldre satellitbilder skulle också kunna användas för att identifiera lövdominerade bestånd som är ca 20 år gamla och där man kan anta att markägaren verkligen satsat på löv. Problemet här är att det inte finns så mycket satellitbildsmaterial att använda från den här tiden plus att den geometriska noggrannheten i äldre satellitdata är relativt dålig. Det finns alltså en möjlighet att denna typ av analys ges bättre förutsättningar lite längre fram då det finns äldre satellitdata med bättre geometrisk upplösning att använda.

## **Resultat**

### **Trenden för lövskogsföreningar**

För att undersöka hur lövskogen utvecklats i Västra Götaland under har kNN-skattningar använts. Dels data från 1989-90, dels data från 2000-2001. Täckningen av satellitbilderna för de olika åren framgår av bilaga 3. Detta har alltså gjort det möjligt att studera förändringarna i volymfördelning inom olika åldersklasser över en period av 10 år. Lövskogsföreningen har alltså minskat under denna 10-års period. Anledningen till detta kan bero på olika saker. Betetryck är antagligen en viktig faktor då både älg- och rådjursstammen varit mycket hög under perioden 1989-2000.

## Jämförelse Lövandel 1990 resp. 2000

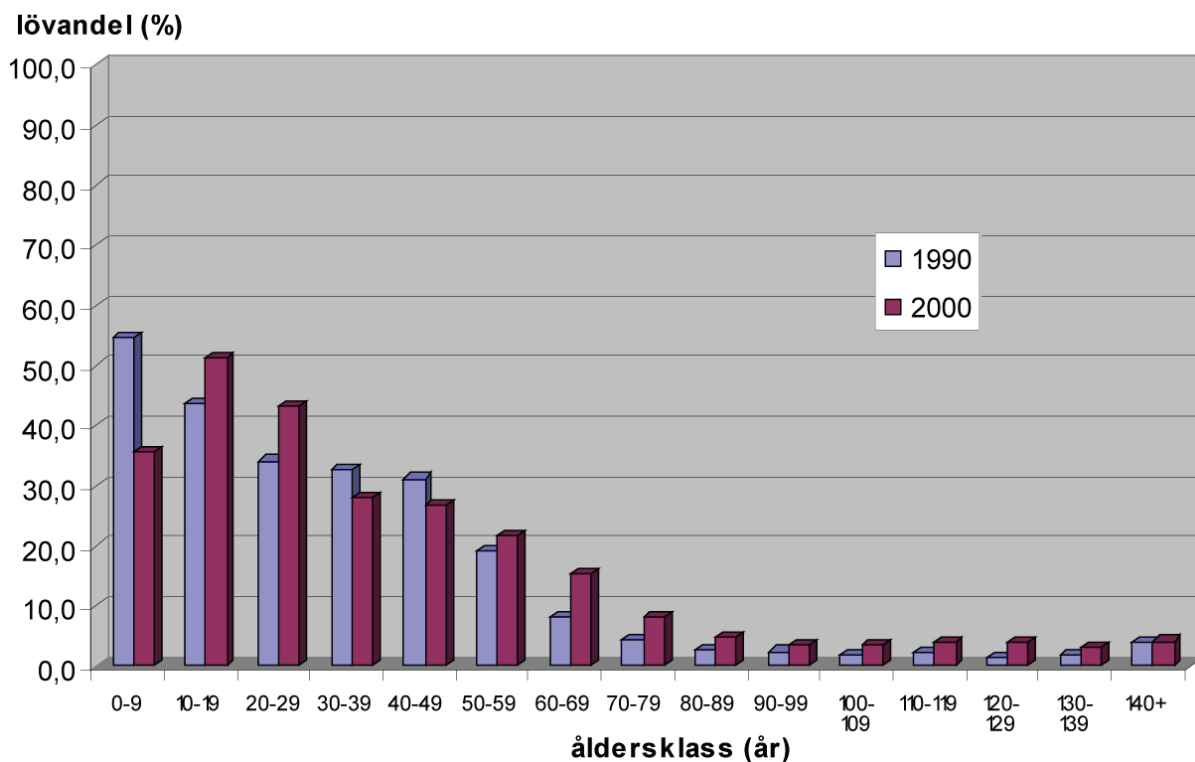


Bild 10. Andel av skogsmarken i Västra Götalands län där det växer lövskog uppdelad på skogens åldersklasser för 1990 och 2000.

Tabell 1. Areal lövskog i Västra Götalands län år 2000-2001 (minst 70% lövträd)

| Åldersklass   | kNN-skattning 2000 (ha) |
|---------------|-------------------------|
| 0-9 år        | 36 830                  |
| 10-19 år      | 20 675                  |
| 20-29 år      | 23 056                  |
| 30-39 år      | 27 161                  |
| 40-49 år      | 17 419                  |
| 50-59 år      | 10 616                  |
| 60-69 år      | 5 183                   |
| 70+ år        | 1 256                   |
| <b>Totalt</b> | <b>142 194</b>          |

## Lövskogsareal från kNN-skattningarna

I tabell 1 redovisas arealen med lövskog (minst 70% lövträd) baserat på kNN-datasetet från 2000-2001. Anledningen till att det endast redovisas för 2000-2001 är att endast detta dataset är komplett. Skulle motsvarande sammanställning med areal göras med kNN-datasetet från 1989-1990 skulle det slå fel pga att täckningen inte är komplett (se bilaga 3 för täckning av kNN-dataset).

Med hjälp av kNN-skattningarna kan även andelen lövskog för år 2000 (minst 70% lövträd) i Västra Götaland uppskattas till 10,6 % (142 194 ha lövskog av totalt 1 342 135 ha skogsmark). Då kNN-skattningarna från 1989-1990 inte täcker hela länet är det inte intressant att beräkna arealen från den tiden. Då det gäller lövandel fördelat på åldersklass från 1989-1990, kommer motsvarande sammanställning också att slå lite fel då inte hela länet är representerat. Här är dock missvisningen mindre då det är lövandelen i relation till totalvolymen skog, som täcker samma yta, som redovisas. Totalvolymen och arealen skog i länet är konstant eftersom samma skogsmark har använts vid båda tidpunkterna.

## Framtida problem

Landsat 7 satelliten är sedan 2002 ur funktion och kan inte användas på ett bra sätt. Det är i dagsläget svårt att producera kNN-skattningar på färsk satellitscener då de satelliter som idag är aktiva t.ex. Spot 4 och Spot 5 endast täcker en yta på 6 x 6 mil jämfört med de Landsat-scener som använts i projektet och täcker en yta på 18,5 x 18,5 mil. Anledningen är den att inom en Landsat-scen ryms en mycket större mängd provytor från riksskogstaxeringen jämfört med en Spot-scen. Detta är direkt avgörande för noggrannheten hos skattningarna. Eventuellt kan man lösa detta genom att använda flera Spot 4 eller Spot 5 scener som registrerats i samma stråk och samma datum för att täcka in en tillräckligt stor yta för att kunna beräkna kNN-skattningar med tillräckligt hög noggrannhet. Ett annat sätt kan vara att använda någon av de tillgängliga satelliterna med liknande spektrala och geometriska upplösning som Landsat 7 hade. För att använda sig av ett helt nytt satellitsystem krävs en fungerande infrastruktur mellan satellitoperatör, leverantör och användare, systematisk nedladdning av data, lagerhållning mm. Man undersöker i dagsläget sådana möjligheter men inget är klart.

## Identifiera lövföryngringar

Metoden att använda äldre hyggen i kombination med högt vegetationsindex bör ses som ett sätt att identifiera områden med mycket yngre lövvegetation. Metoden ger en bra noggrannhet ca 75-80%. Den här kombinationen är inte lämplig att använda för att sammanställa arealer med krav på en viss lövandel då datat inte ger någon information om lövandel i relation till totalvolym. Vegetationsindexet som tas fram är också unikt för varje satellitscen det beräknas på. Det går alltså ej att göra någon generell sammanställning över tex. hela länet.



## Fältkontroller

Enligt de fältkontroller som främst i röjningssyfte utförts i Dalsland (60 objekt), Svenljunga (31 objekt) och trakterna kring Nässjö (42 objekt), ger metoden med gamla hyggen kombinerat med vegetationsindex en bra träffsäkerhet. Av de kontrollerade ytorna så finns det på 75-80% kraftig lövtillgång på hela eller någon del av. I vissa av objekten har äldre löv givit utslag i vegetationsindex och kraftigt växande granskog kan även det höja vegetationsindexet. Ett sätt som minskar risken att fel objekt kommer med i resultatet är att vara noggrann i valet av satellitscener som beräkningarna ska utföras på. Enbart scener från vår, försommar bör ingå då lövutslaget är maximalt. Det syns i resultaten då man jämför resultaten från fältbesöken från satellitscener med olika registreringsdatum. En ny version av programvaran Enforma (4.0.1) kommer även att ha en förbättrad funktion för att genomföra förändringsanalyser över längre tidsperioder, tex. 10 år som användes i projektet. Genom att radiometriskt matcha de ingående bilderna bättre, erhålls ett bättre resultat av hyggesmasken. Från och med år 2000 registreras alla avverkningar med hjälp av förändringsanalys med hjälp av satellitscener. Den hyggesmask som skapas allteftersom blir alltså mer detaljerad än den som använts i projektet på så sätt att man kan sätta ett mer exakt avverkningsdatum vilket är viktigt för att kunna följa objekten över en längre tid.

Fältkontrollerna som skett kring sjön Åsunden (totalt 393 punkter) ger också ett stort stöd för att både vegetationsindex och lövandelsdata från kNN-skattningar är tillförlitliga data i lövskogssammanhang. I stort sett alla punkter med hög lövandel som besökts i fältkontrollen sammanfaller väl med de områden som enligt vegetationsindex och kNN-skattningarna har kraftig lövvegetation. I de fall där de lövrika fältbesökta punkterna inte sammanfaller med kNN-skattningarna ligger dessa ofta nära sjöar och faller då bort pga att kNN-datat har klippts mot vattendrag med en så kallad vattenmask. En bättre geometrisk noggrannhet av vattenmasken skulle förbättra resultatet ytterligare.

## Slutsatser

### Trenden för lövskogsförnyringar

Projektet har lyckats ta fram en överblick över hur lövskogen utvecklats under tioårsperioden 1990-2000 inom resp. åldersklass. Resultatet visar att andelen ung lövskog minskat under denna period. Indata för att ta reda på detta har främst varit kNN-skattade skogliga data producerade av SLU (Sveriges lantbruksuniversitet), Umeå. kNN-skattningar baseras på satellitscener (Landsat 7) och riksskogstaxeringen provytor och ger bra noggrannhet på större arealer. Med hjälp av kNN-skattningarna kan arealen lövskog för år 2000 (minst 70% lövträd) i Västra Götaland uppskattas till 10,6 %. Landsat 7 satelliten är sedan 2002 ur funktion och kan inte användas på ett bra sätt och det är i dagsläget svårt att producera kNN-skattningar på färskare satellitscener.

### Identifiera lövförnyringar

Då det gäller att identifiera lövförnyringar med hjälp av fjärranalys har kombinationen gamla hyggen (8-15 år) tillsammans med ett sk. vegetationsindex använts. Vegetationsindex beräknas med hjälp av bl.a. information från röda resp. nära infraröda våglängdsbandet i satellitbilden. Noggrannheten för denna metod är god, men många av dessa ytor är dock i akut behov av röjning och inte alls tänkta för lövförnyring. Därför måste man följa dessa ytor över en längre tid för att försöka fastställa vilka åtgärder som utförs och om det i slutända rör sig om en lövförnyring eller något helt annat.

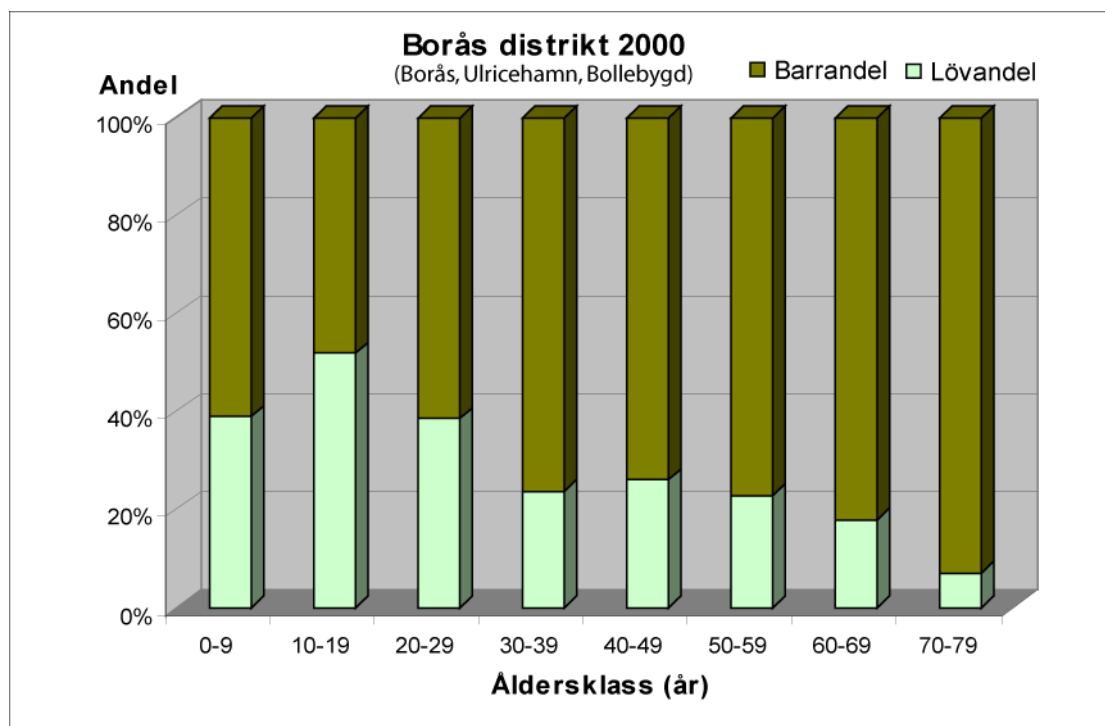
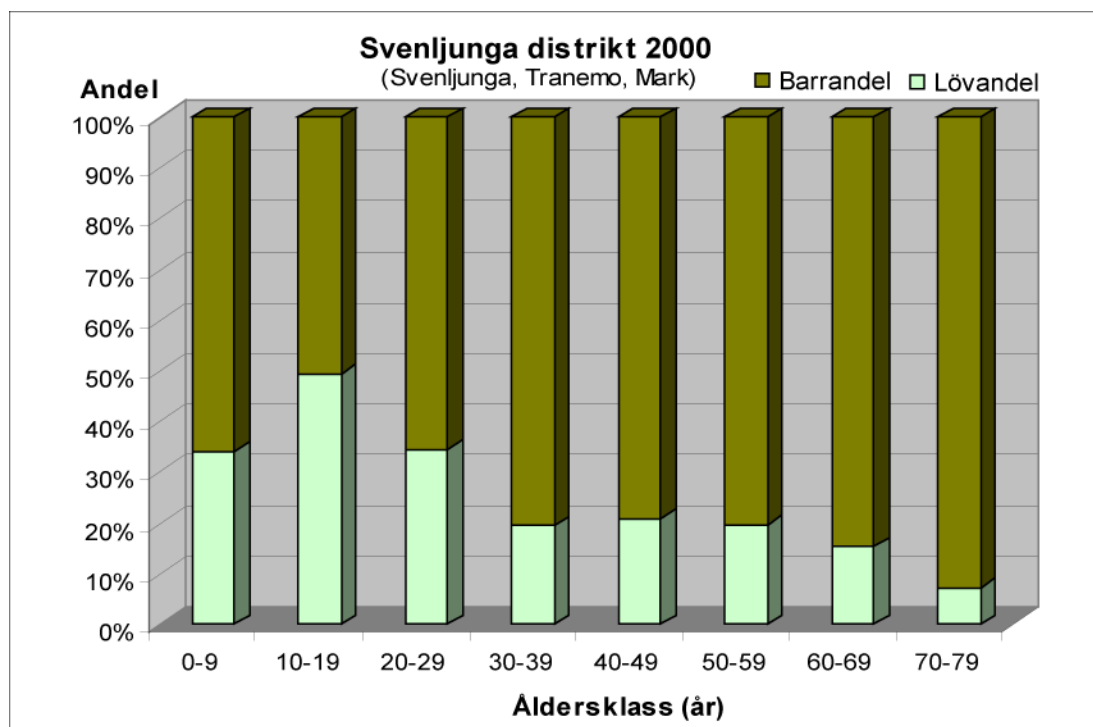
## Referenser

- Fazukas, Z., Nilsson, M. and Olsson, H. 1999. *Regional forest biomass and wood volume estimation using satellite data and ancillary data*, Agricultural and Forest Meteorology. 98-99:417-425
- Nilsson, M. And Sandström, P. 1999. *Evaluation of a non-parametric method for estimations of wood volume and biomass in boreal forests by combining remote sensing and field data*. International Journal of Remote Sensing
- Nilsson, M. ; Nilsson, T. ; Reese, H. ; Söderberg, P.; 2000, *Beskrivning av skogstillståndet i Älvsbyns kommun*, ISSN 0283-9236
- *Rapport 1998:4 Användningen av satellitdata*, Anders Persson och Hans Banck, Skogsstyrelsen, Sverige
- SPOT hemsida <http://www.spotimage.fr> © Spot Image S.A., 2004

**Distriktsindelning för Skogsvårdsstyrelsen Västra Götaland**

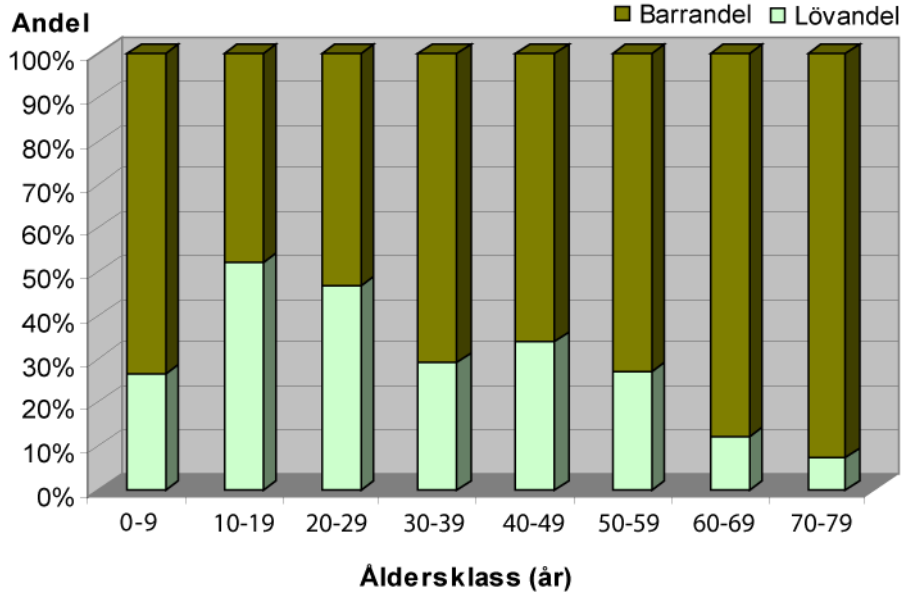


**Volymfördelning på åldersklass på distriktsnivå, 2000**



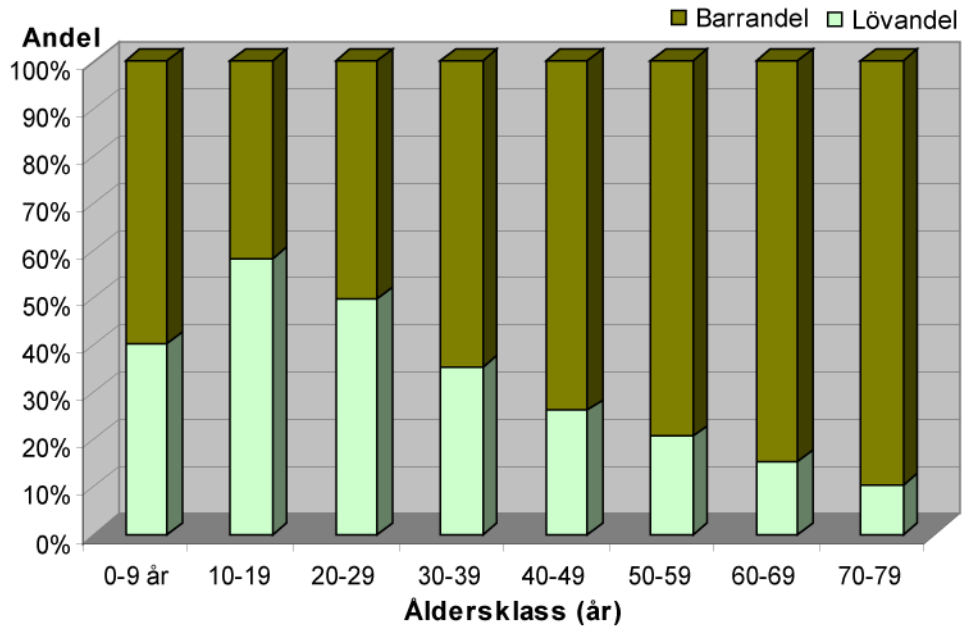
### Mariestads distrikt, 2000

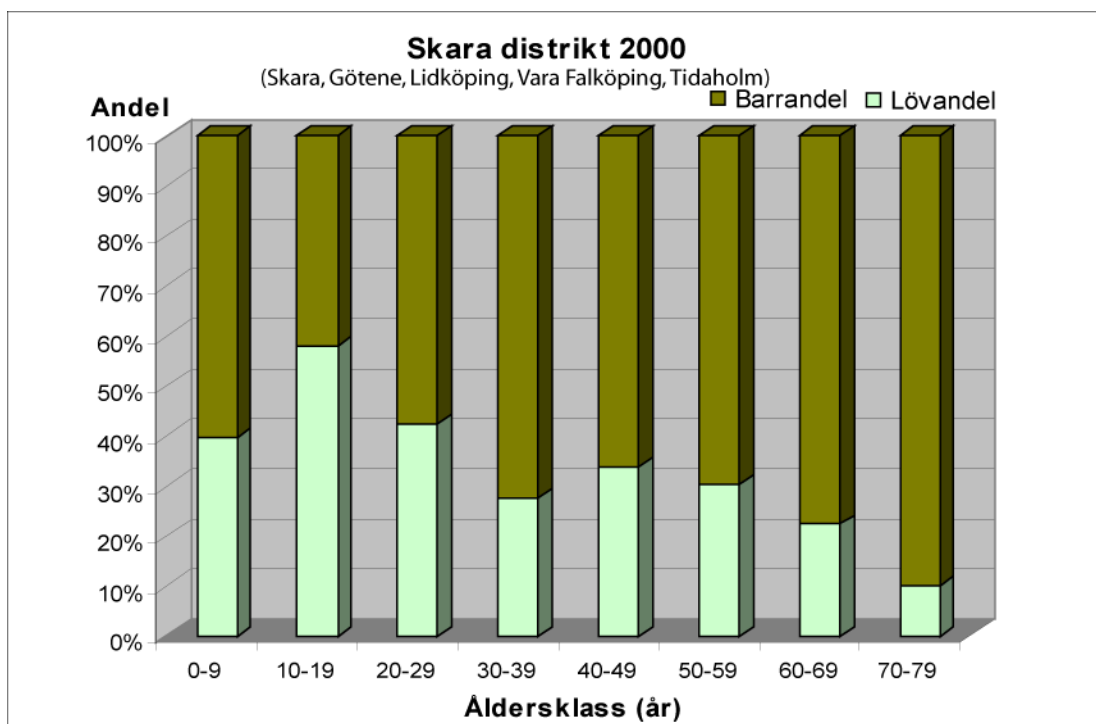
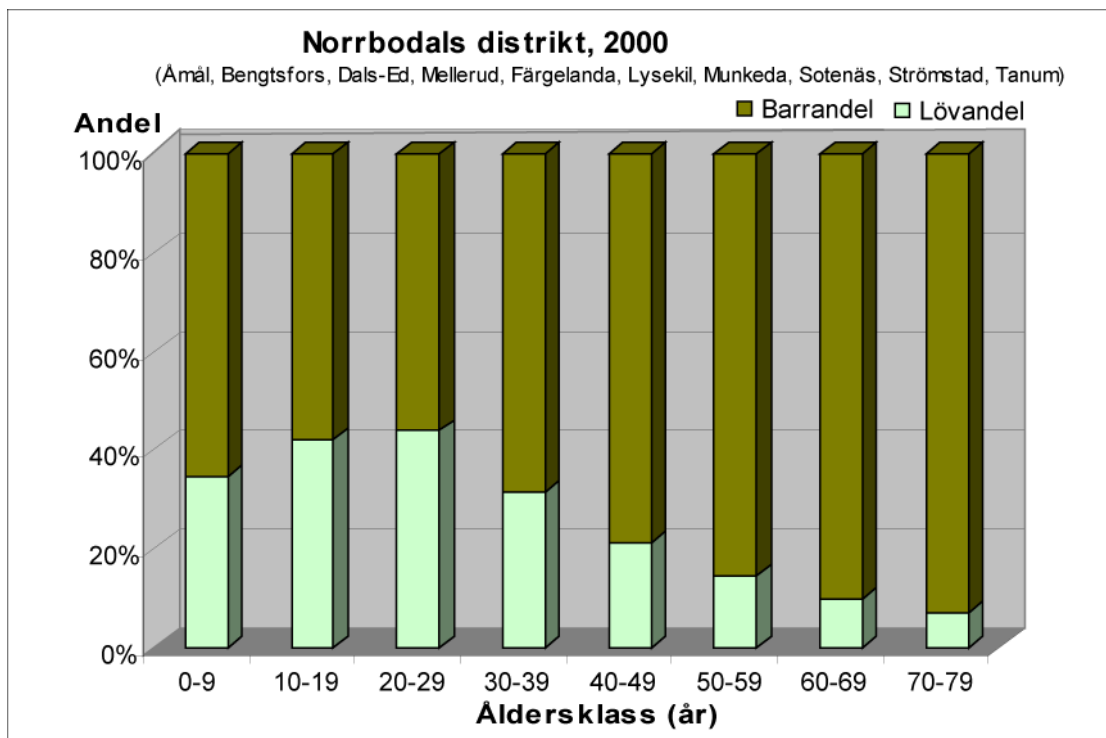
(Mariestad, Gullpång, Karlsborg, Töreboda, Tibro, Skövde, Hjo)



### Uddevalla distrikt, 2000

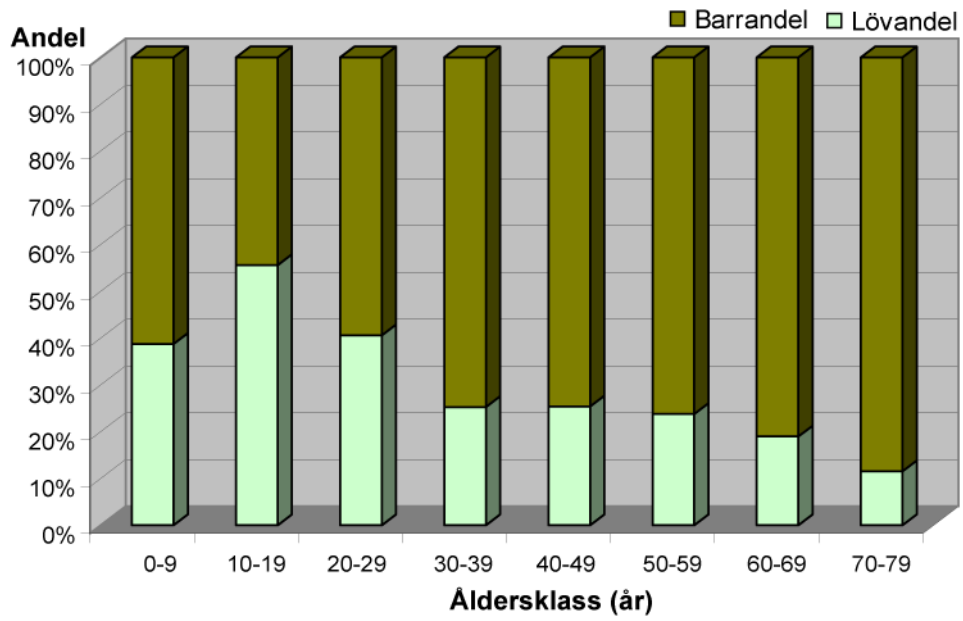
(Uddevalla, Trollhättan, Stenungsund, Lilla Edet, Kungälv, Grästorps)



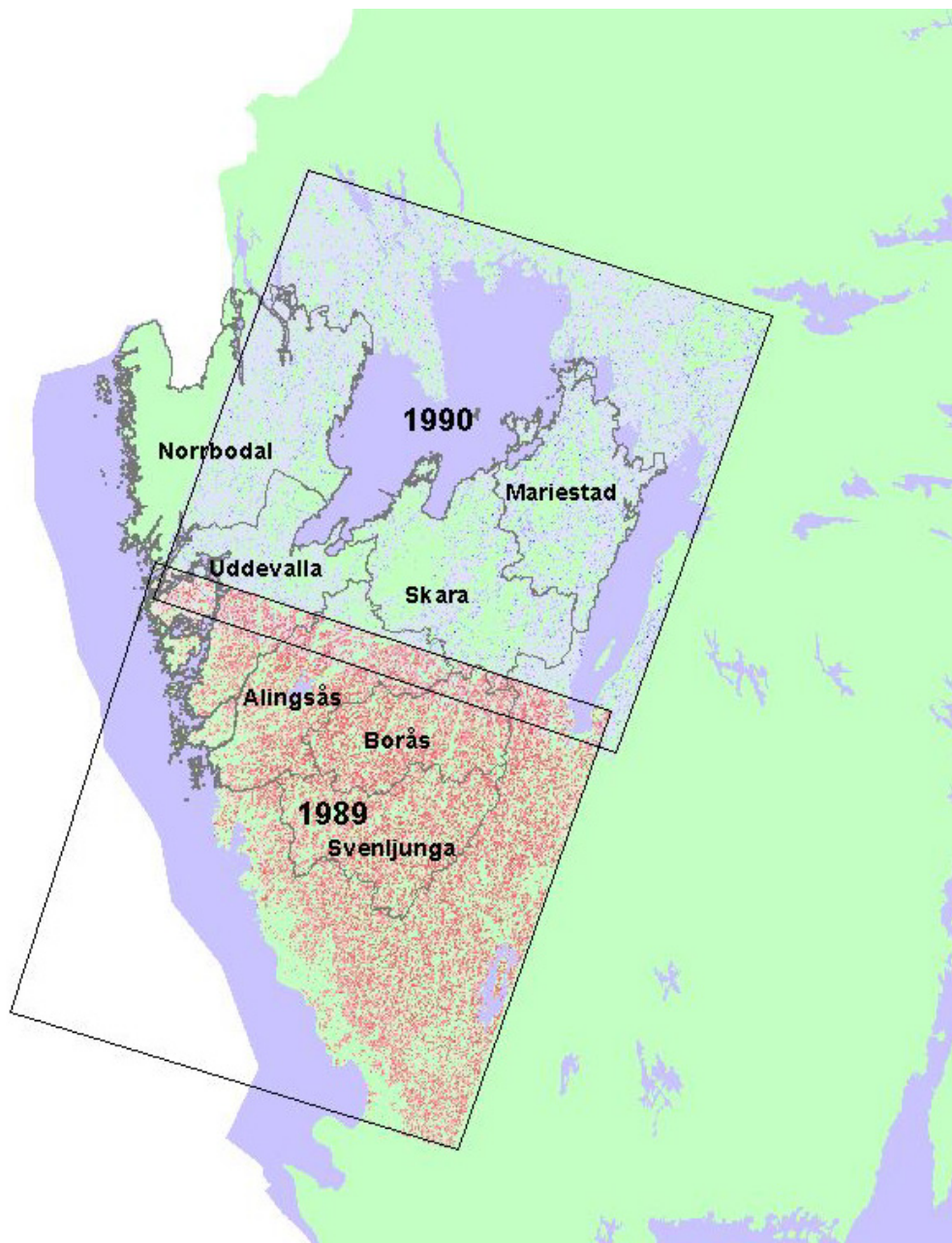


### Alingsås distrikt, 2000

(Alingsås, Ale, essunga, Göteborg, Herrljunga, Härryda, Lerum, Mölndal, Partille, Vårgårda)



## Utbredning för kNN-datasetet från 1989, 1990

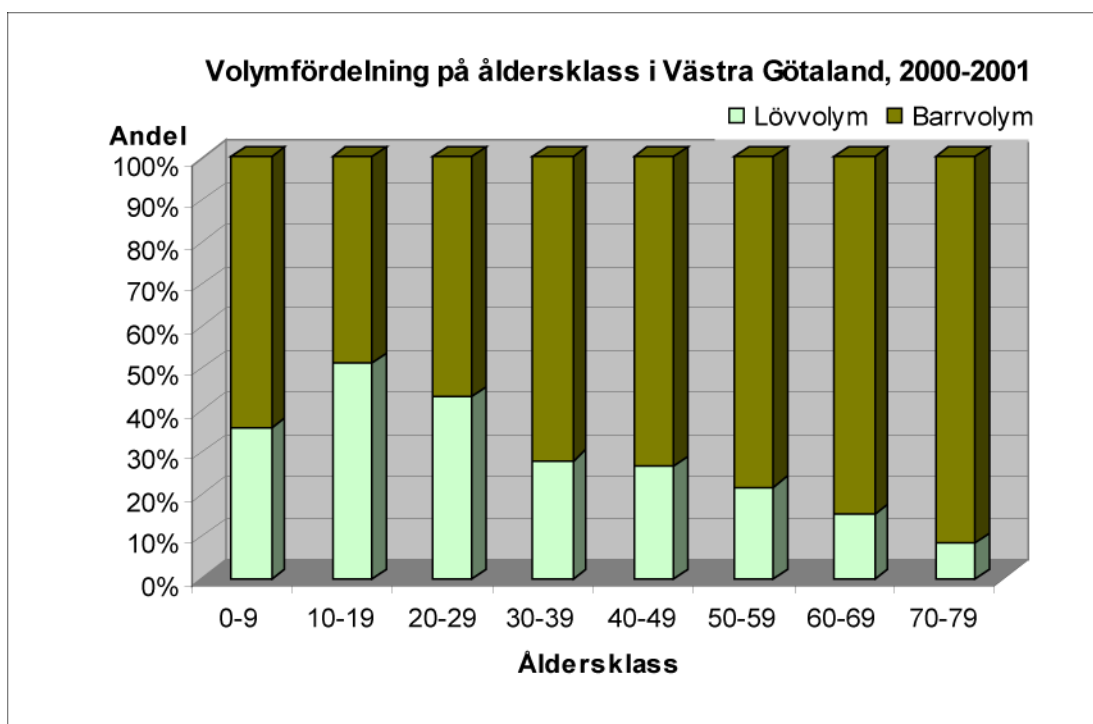
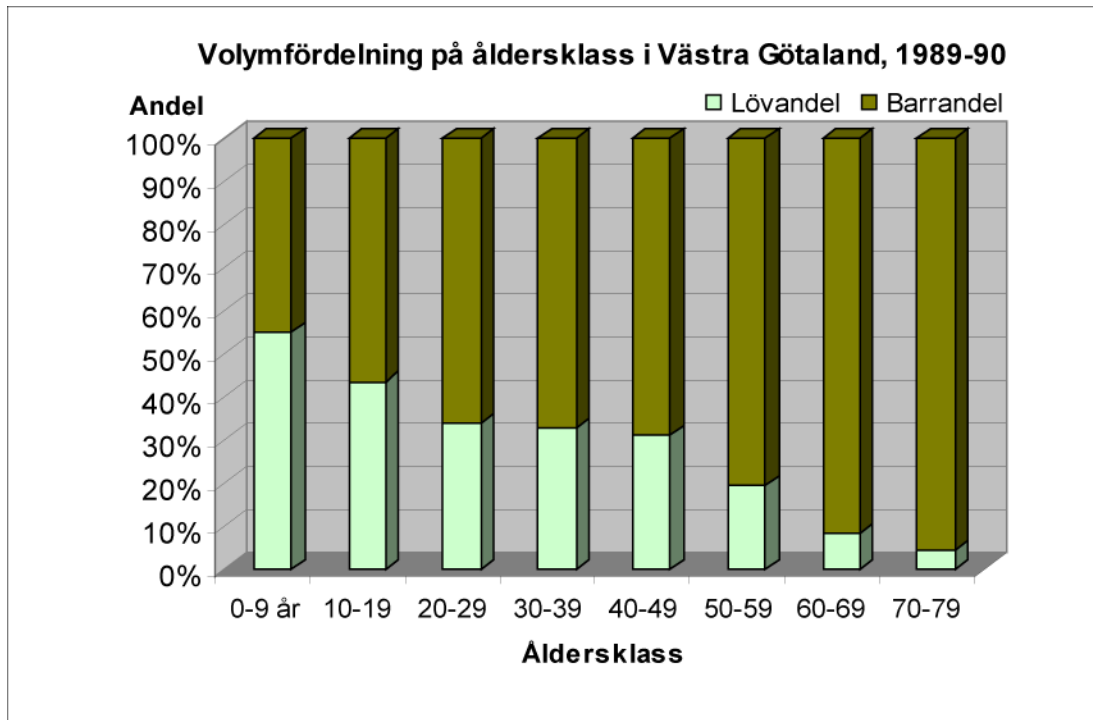


*Bilden visar utbredningen för kNN-skattningarna som användes för att se volymfördelningen 1989-1990. Motsvarande data för 2000-2001 täcker hela Västra Götaland*

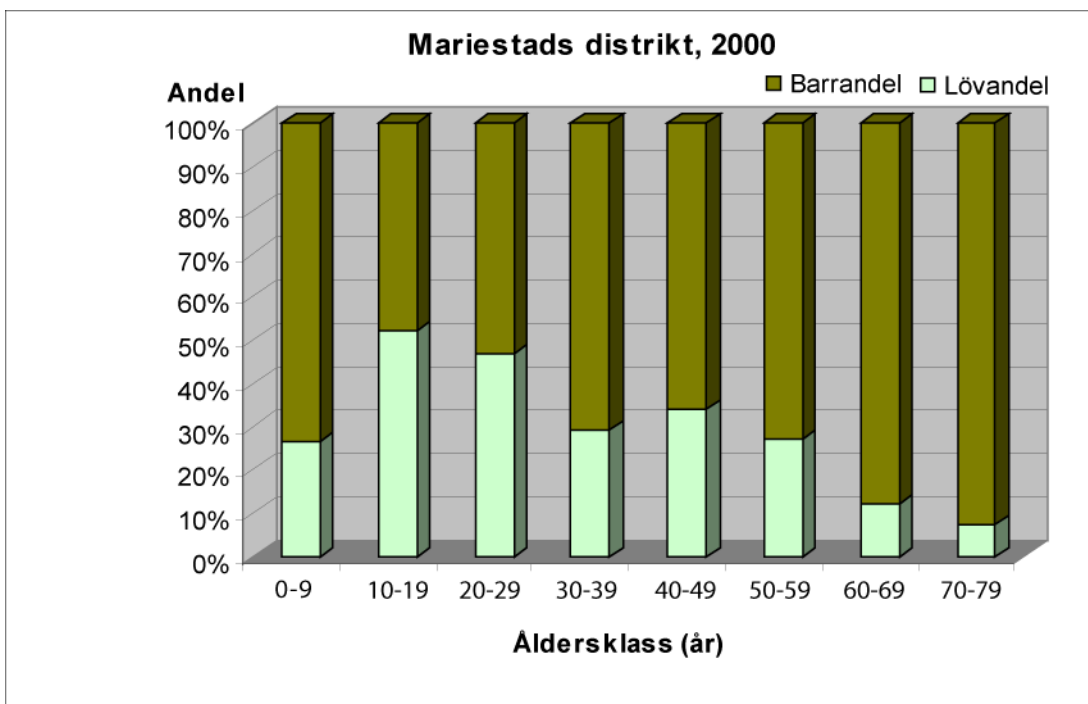
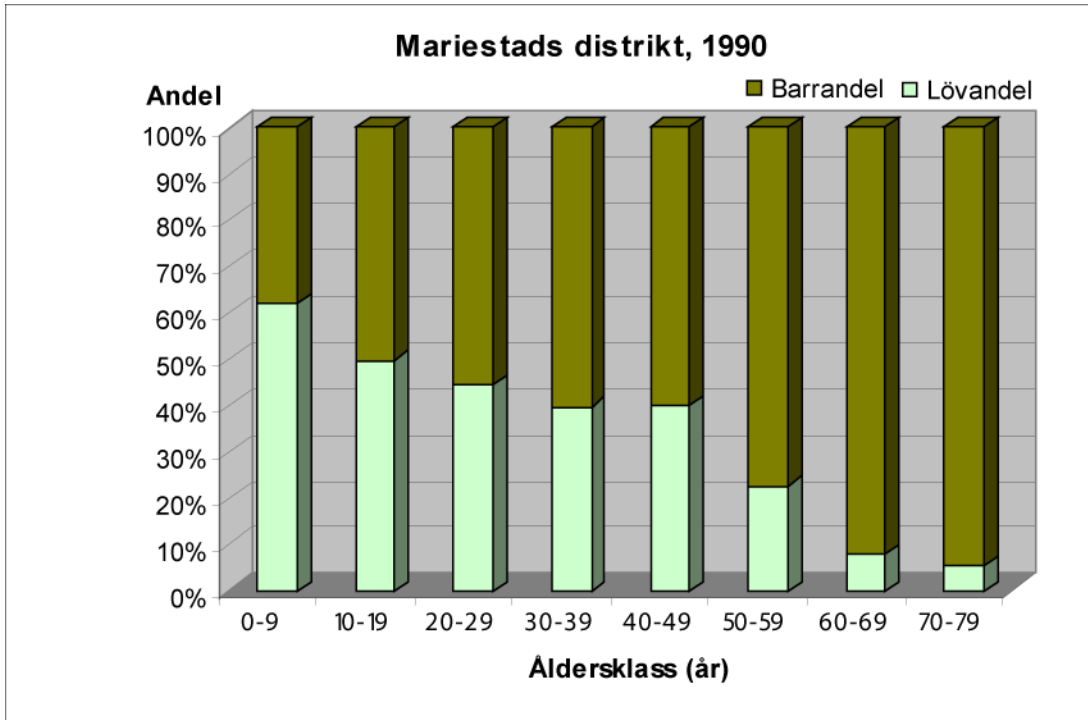


## Bilaga 4

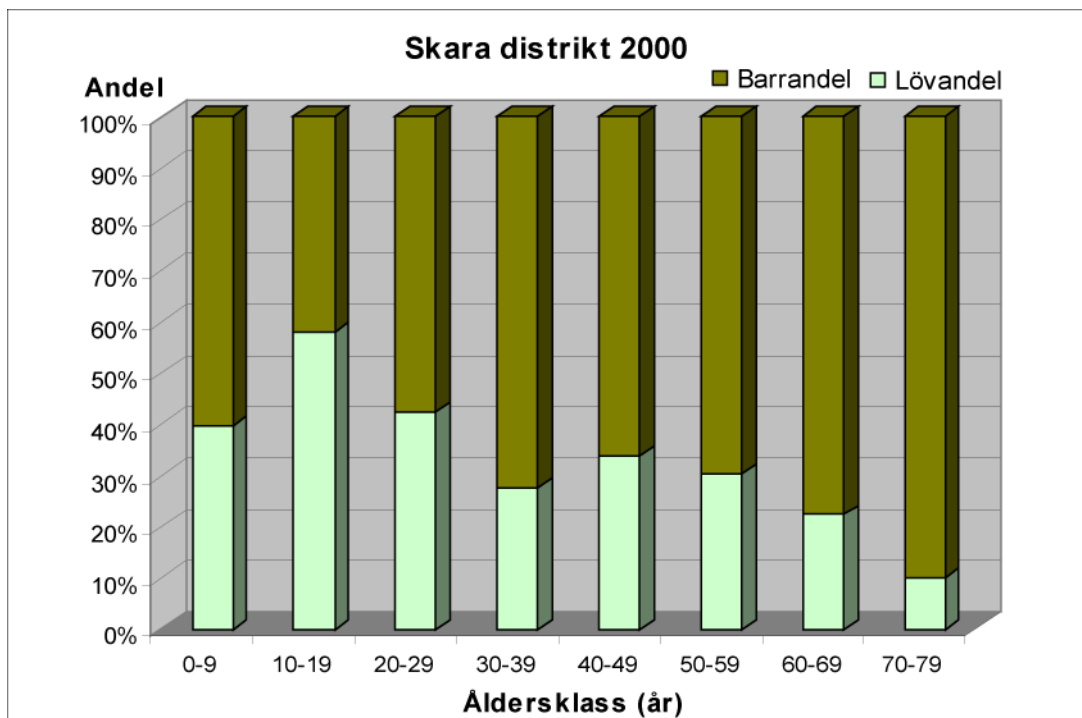
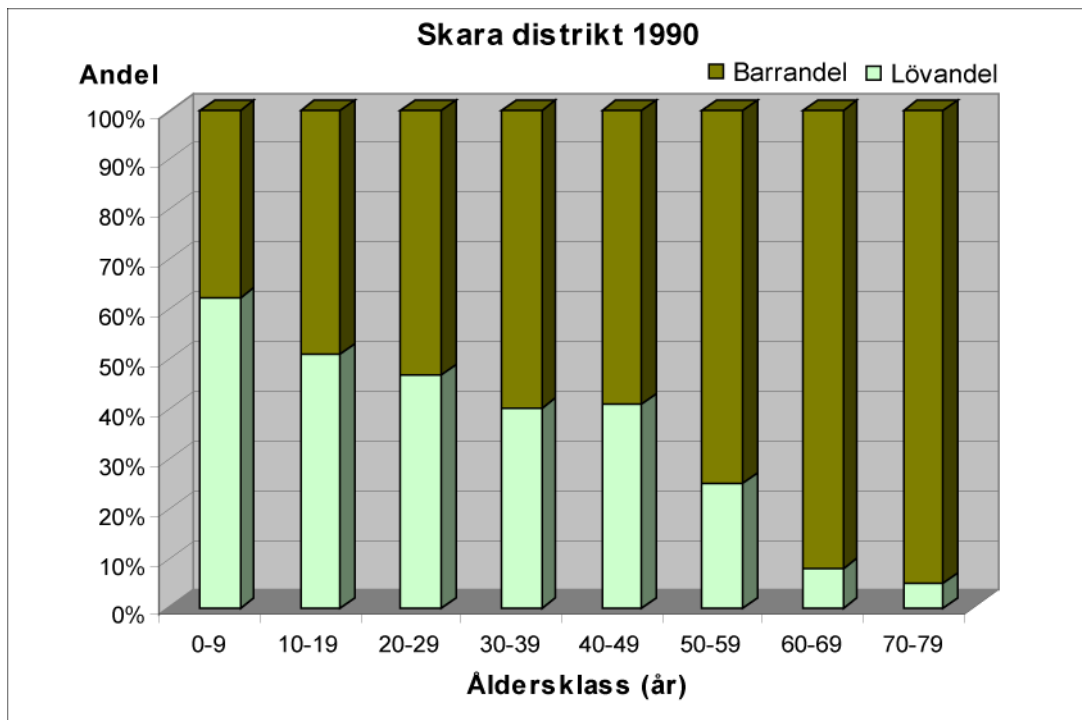
Jämförelse i volymfördelning på åldersklasser för Västra Götaland mellan tiderna 1989-1990 och 2000-2001



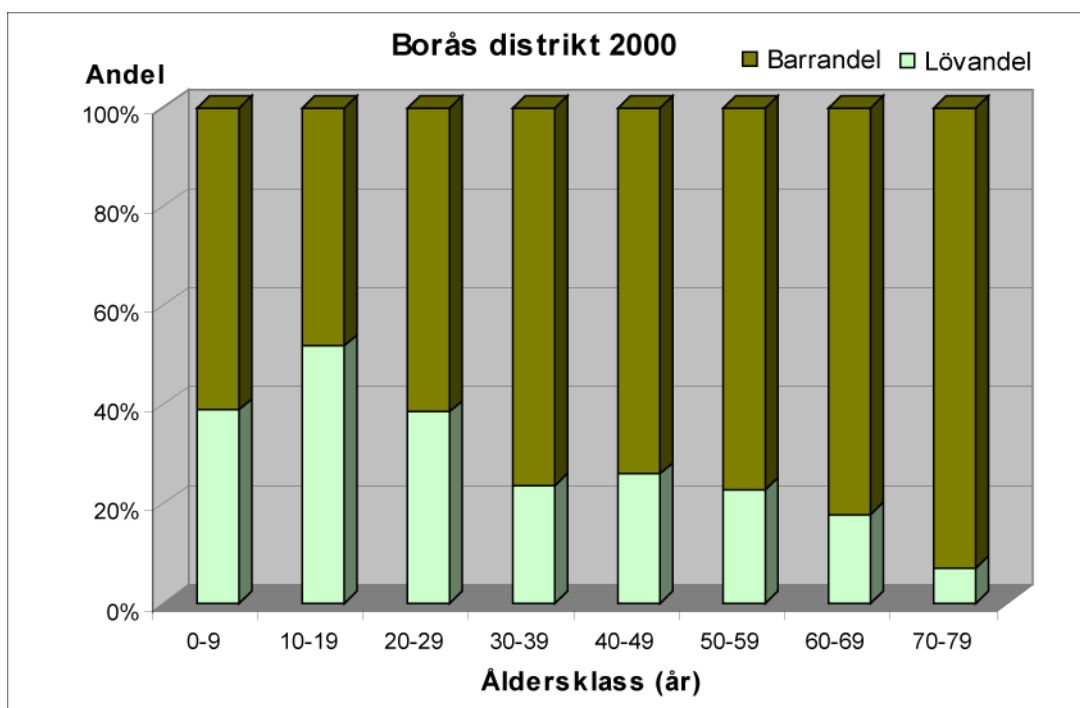
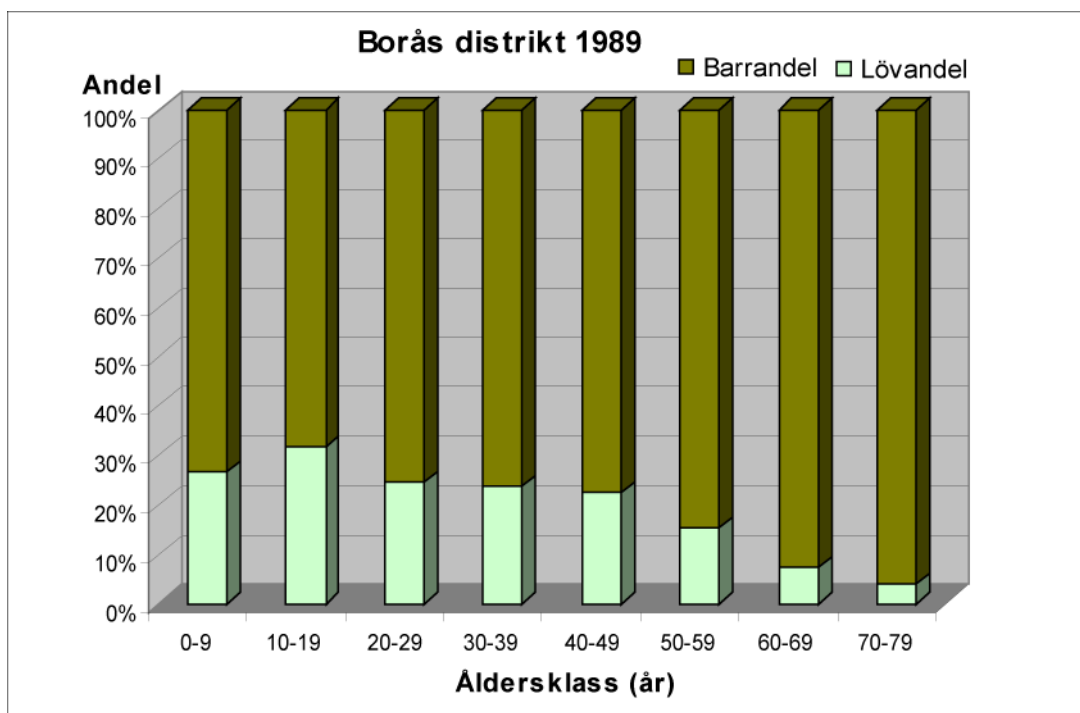
### Jämförelse i volymfördelning på åldersklasser för Mariestads distrikt mellan tiderna 1990 och 2000



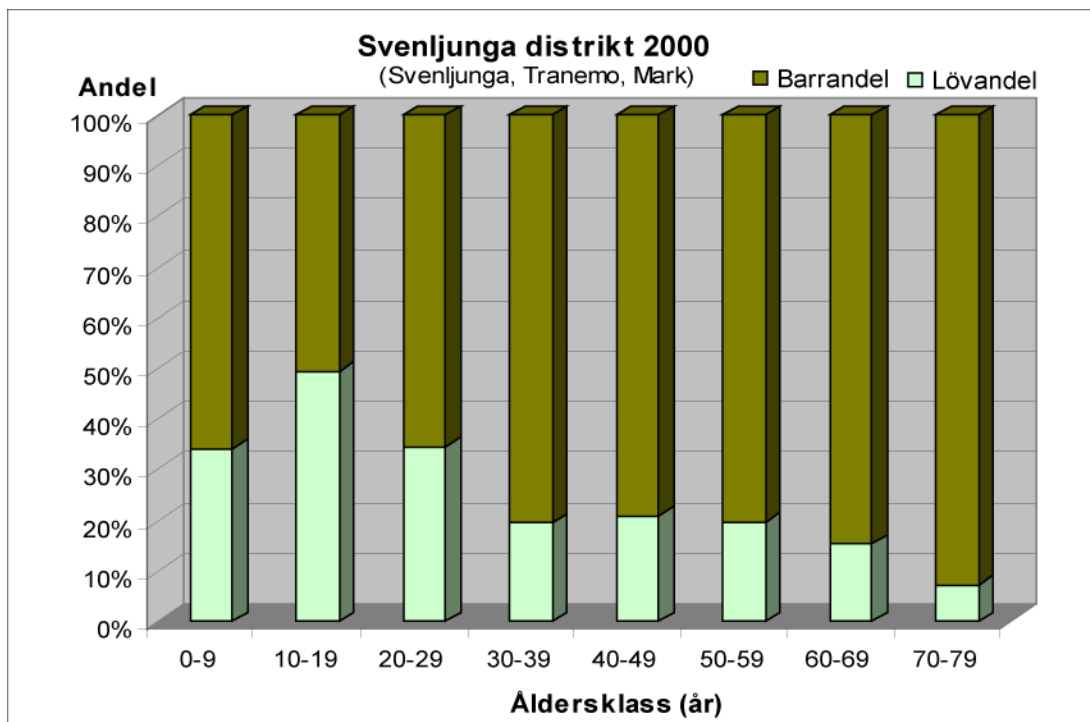
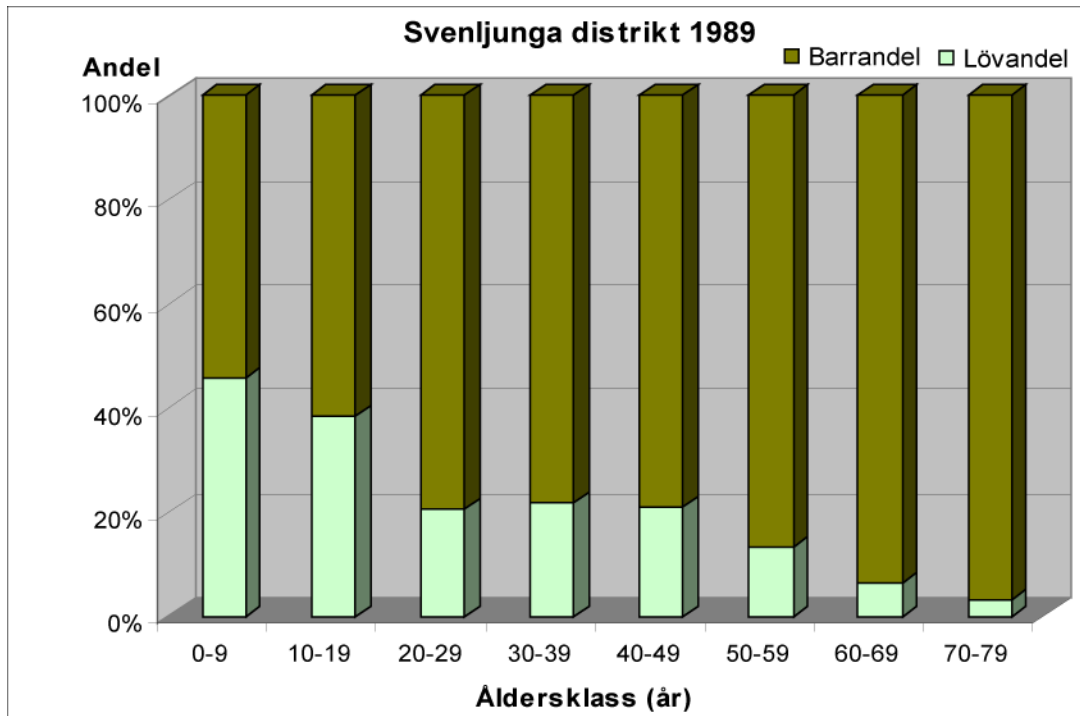
### Jämförelse i volymfördelning på åldersklasser för Skara distrikt mellan tiderna 1990 och 2000



### Jämförelse i volymfördelning på åldersklasser för Borås distrikt mellan tiderna 1989 och 2000



## Jämförelse i volymfördelning på åldersklasser för Svenljunga distrikt mellan tiderna 1989 och 2000





LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

[www.o.lst.se](http://www.o.lst.se)

