



Länsstyrelsen
Västmanlands län

Natur- och kulturmiljöenheten



Lavar och luftföroreningar i Västmanlands län

Uppföljning och utvärdering av förändringar 1995-2007

Författare: Andreas Malmqvist, Naturcentrum AB

LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

Rapport 2008:06

Titel: Lavar och luftföroreningar i Västmanlands län. Uppföljning och utvärdering av
förändringar 1995-2007
Författare: Andreas Malmqvist, Naturcentrum AB
Natur- och kulturmiljöenheten
Länsstyrelsen i Västmanlands Län
Diarienummer: 502-9285-08
Kartmaterial: Naturcentrum AB
Omslagsbild: Trädstam med lavar
Foto: Andreas Malmqvist och Henrik Weibull, Naturcentrum AB
Tryckning: Länsstyrelsen
Upplaga: 40 exemplar

Förord

Att förekomst eller frånvaro av olika lavar är en indikator på luftens kvalitet är känt sedan länge, och har ofta använts för att följa upp effekter av olika slags påverkan. Även i den regionala miljöövervakningen i Västmanlands län ingår en undersökning av lavfloran. Den utfördes första gången 1995 och delar av den har sedan upprepats 2001 och nu senast sommaren 2007.

Undersökningens huvuddel har som syfte att studera vad lavfloran på träd i öppet landskap berättar om dagens luftföroreningssituation i länet och göra jämförelser med tidigare. Träd i fyra områden på landsbygden, på avstånd från större direkta föroreningskällor, undersöks för att få en uppfattning om den generella bilden för länet - bakgrundstillståndet. Som jämförelse ingår även ett antal träd i länets största tätort, Västerås.

Förutom att lavarna kan ge indikationer på luftens tillstånd är många av dem intressanta från naturvårdssynpunkt, för att de är skyddsvärda i sig eller indikerar miljöer med höga naturvärden. I undersökningen ingår även en mindre uppföljning av tillståndet för några rödlistade (hotade eller missgynnade) lavar på kända lokaler.

Inventeringen har utförts av Andreas Malmqvist vid Naturcentrum AB i Stenungsund, som också är rapportens författare och ansvarig för slutsatserna i den. Finansieringen utgjordes av statliga medel för regional miljöövervakning.

Anna Olofsson
enhetschef

Per Hedenbo
handläggare
miljöövervakning

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Lavar och luftföroreningar	7
1.1 Metodik	7
1.1.1 Urval av träd	9
1.1.2 Fotodokumentation	10
1.1.3 Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar	10
1.1.4 Känslighetsvärde, K-värde	11
1.1.5 Kvävetal, N-tal	12
1.1.6 Täckningsgrad	13
1.2 Resultat	13
1.2.1 Medelkänslighetsvärde och täckningsgrad	13
1.2.2 Medelkvävetal	17
1.2.3 Jämförelser med andra regioner och städer	18
1.3 Diskussion	19
1.3.1 Medelkänslighetsvärde	19
1.3.2 Täckningsgrad	19
1.3.3 Medelkvävetal	20
2 Övervakning av rödlistade lavar	22
2.1 Syfte	22
2.2 Metod	22
2.3 Resultat och diskussion	23
3 LITTERATURFÖRTECKNING	28
4 BILAGA 1 LAVAR OCH LUFTFÖRORENINGAR	30
5 BILAGA 2 ANALYS AV LAVBILDER – DATA	36
6 BILAGA 3 EXEMPEL PÅ FÖRÄNDRINGAR	38

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultatet från två uppföljningar av lavfloran i Västmanlands län. Dels en uppföljning av ”Lavar och luftföroreningar” dels en uppföljning av rödlistade lavar. Dessa båda undersökningar genomfördes 1995 för första gången i Västmanlands län (Hultengren och Danielsson 1996) med en första uppföljning år 2001 (Malmqvist 2001). Under 2007 har en ny uppföljningsomgång genomförts.

Lavar och luftföroreningar

Under 2007 har 56 träd återbesökts och fotograferats för vidare analys av lavfloran. Träden är fördelade i fyra delområden på landsbygden och ett delområde i Västerås tätort. Syftet med projektet är att,

- undersöka hur lavfloran har påverkats av luftföroreningar jämfört med undersökningarna 1995 och 2001.
- ge en geografisk bild av luftföroreningars spridning och effekter på lavvegetationen i Västmanlands län.
- utgöra underlag för framtida studier av förändringar i luftkvalitet och lavvegetation.

Analysen av de fotograferade trädstammarna visar på en signifikant mer föroreningpåverkad lavflora på tätortsträden i Västerås jämfört med landsbygdsträden. Tätortsträden har ett medelkänslighetsvärde (ett mått på hur föroreningpåverkad lavfloran är) som visar på en kraftigt påverkad lavflora medan motsvarande värde för landsbygdsträden visar på en måttlig-svag påverkan. Någon tydlig skillnad mellan de olika delområdena på landsbygden kunde inte påvisas. Mellan 1995 och 2001 sjönk lavfloras medelkänslighetsvärde (lavfloran blev mer föroreningpåverkad) både i tätorten (Västerås) och på landsbygden. Denna försämring har avstannat 2007. Lavfloras medelkänslighetsvärde visar dock på en mer föroreningpåverkad lavflora i Västmanlands län, både i tätort och på landsbygd, jämfört med många andra undersökningar.

Lavfloras täckningsgrad fortsätter att minska på landsbygdsträden. Samma fenomen har påvisats vid andra undersökningar i Göteborg och sex andra kommuner i Västra Götalands län de senaste åren (Andersson, Hultengren & Malmqvist 2004, Hultengren & Malmqvist 2004). Orsaken är oklar och det verkar inte röra sig om luftföroreningar eftersom både föroreningkänsliga och föroreningståliga arter minskar. Minskande täckningsgrad har även rapporterats från Norge (Gauslaa 2002) och där misstänks kraftiga och ökande regn, främst under höst och vinter de senaste åren vara en grundläggande orsak. Höst- och vinternederbörden har under de senaste åren också ökat markant i Västmanlands län (uppgifter från SMHI). Perioder med ovanligt stor nederbörd skulle kunna ge upphov till svampsjukdomar på lavarna men mycket intensiva regn kanske också har en mer direkt mekanisk påverkan.

Möjligen kan marknära ozon ha med minskningen att göra. Ozon är skadligt för lavar och samtidigt en av få luftföroreningar med ökande bakgrundshalter i Mellansverige de senaste åren (Sjöberg m fl 2006).

Medelkvävetalet är ett mått på andelen kvävegynnade lavar. Undersökningen visar inte på några tydliga förändringar eller trender mellan de olika åren. Tre delområdena på landsbygden som ligger i en jordbruksintensiv region väster om Västerås har dock som grupp signifikant högre medelkvävetal än delområdet "Ransta-Kumla kyrkby". Troligtvis impregneras trädstammarna med kväverikt damm från jordbruket vilket leder till ett högre medelkvävetal. "Ransta-Kumla kyrkby" är en mindre jordbruksintensiv trakt vilket kan förklara det lägre medelkvävetalet. Tätortsträden skiljer sig inte från landsbygdsträden med avseende på medelkvävetal.

Återinventering av rödlistade lavar

Återinventeringen 2007 omfattar ekpricklav *Arthonia byssacea*, brun lundlav *Bacidia polychroa*, rosa lundlav *Bacidia rosella*, stor sönderfallslav *Bactrospora dryina*, gammelekslav *Lecanactis amylacea*, kalkkranslav *Physcia constipata* och rosa skärelev *Schismatomma pericleum*. Tidigare har även ekspik *Calicium quercinum* ingått men den har försvunnit från träden i undersökningen.

Syftet är att övervaka förändringar av populationer av särskilt intressanta arter av lavar som förekommer inom länet. För att studera förändringar av populationerna har de utvalda arterna fotograferas på trädstammar. Kalkkranslaven *P. constipata*, som växer på klippor, har till skillnad från de övriga individräknats.

Alla arter i uppföljningen med undantag av kalkkranslaven verkar ha en mycket långsam tillväxt vilket gör att förändringar kan vara svåra att upptäcka under en sexårsperiod. Sedan 1995 har 18 populationer av rödlistade lavar övervakats. Tre av dessa har försvunnit och fyra populationer är osäkra då två träd inte kunnat återfinnas. Av de kvarvarande är 5 oförändrade, 3 ökande och 3 minskande. Den tydligaste ökningen står kalkkranslaven för som i den undersökta ytan ökat från 38 till 69 bålur mellan 1995 och 2007. För flera av arterna är det viktigt med en skötsel som motverkar igenväxning.

1 Lavar och luftföroreningar

Det är sedan länge känt att många lavar är känsliga för luftföroreningar. Om antalet lavar är mycket lågt, tydliga skador uppträder eller om lavar helt saknas så är detta en allvarlig, negativ miljösignal. En starkt utarmad lavflora kan signalera att skador eller påverkan också kan förväntas på andra organismer och biologiska system. Mer om lavar och luftföroreningar finns att läsa i Bilaga 1.

Projektet ”Lavar och luftföroreningar” startade 1986/1987 då en omfattande inventering genomfördes i ett flertal kommuner i Västsverige (Hultengren 1987, Hultengren & Stenström 1988). Därefter har projektet utökats och idag ingår ett stort antal kommuner, länsstyrelser, företag och andra intressenter i undersökningen. Efterhand som lokalerna har återinventerats och vi har kunnat följa och jämföra utvecklingen hos lavfloran på ett stort antal platser i Sverige.

År 1995 genomfördes projektet ”Lavar och luftföroreningar” för första gången i Västmanlands län och omfattade då 72 träd (Hultengren och Danielsson 1996). År 2001 återinventerades dessa träd (Malmqvist 2001) och under 2007 har en ny uppföljningsomgång genomförts. Fältarbete, bildtolkning, analys av data och rapportering har utförts av Andreas Malmqvist, Naturcentrum AB.

Syften

- undersöka hur lavfloran har påverkats av luftföroreningar jämfört med undersökningarna 1995 och 2001.
- ge en geografisk bild av luftföroreningars spridning och effekter på lavvegetationen i Västmanlands län.
- utgöra underlag för framtida studier av förändringar i luftkvalitet och lavvegetation.

1.1 Metodik

Undersökningen omfattar träd i två typer av miljöer med olika föroreningsbelastning, träd i tätort och träd på landsbygd. Tätortsträden utgörs av träd i större tätorter eller städer med mycket trafik (Figur 1). I denna undersökning återfinns samtliga tätortsträd i Västerås stad.

Landsbygdsträden utgörs av träd långt från kraftigt trafikerade vägar och större tätorter, där den förväntade föroreningsbelastningen är låg (Figur 2). De kan ge en indikation om eventuella förändringar av lavfloran är specifika för tätorten eller om det beror på mer storskalig påverkan. Landsbygdsträden är indelade i fyra delområden i länets södra och östra delar.



Figur 1. Tätortsträd i Västerås stad.

Av de 72 träden som följdes upp år 2001 har 12 träd i Heby kommun utgått då kommunen inte längre hör till Västmanlands län. Av de kvarvarande 60 träden har fyra landsbygdsträd avverkats eller blåst ner. Uppföljningen år 2007 omfattar därför 56 träd från år 2001 som har fotograferats och analyserats (Tabell 1). För att kompensera de avverkade/nerblåsta landsbygdsträden har dessutom fyra nya träd fotograferats för kommande uppföljningar.

Tabell 1. Antal uppföljda träd samt trädslagsfördelning 2001 och 2007.

Trädtyp	Antal träd	Ask	Björk	Ek	Lind	Lönn
1. Tätortsträd (Västerås)	12	-	5	5	2	-
2. Landsbygdsträd	44	10	24	7	-	3
Totalt	56	10	29	12	2	3



Figur 2. Många av landsbygdsträden i undersökningen står på kyrkogårdar i mindre tätorter/byar med förväntad låg föroreningsbelastning.

1.1.1 Urval av träd

De skillnader i lavfloras sammansättning som finns mellan olika förorenade områden, vad gäller artsammansättning och frekvens, beror med stor sannolikhet på varierande föroreningsbelastning. Olika lavar har också varierande krav på substrat, ljus, fuktighet etc. och skillnader i uppträdandet hos olika arter kan därför bero på växtplatsernas olika förutsättningar. Därför är det viktigt att de undersökta träden har så lika ekologiska grundförutsättningar som möjligt. Det är emellertid svårt att helt och hållet bli av med dessa avvikelser/störningar.

Vid studier av kvävepåverkan är det av stor vikt att träden har så likartad bark som möjligt. Vi har eftersträvat träd med medelrik – fattig bark som ek och björk. Lavarterna på träd med näringsrik bark är olika de som finns på träd med näringsfattig bark. Samma trädslag har däremot en mycket förutsägbar lavflora. Detta har stor betydelse om undersökningen baseras på ett slumpmässigt urval träd som vid en kommande uppföljning jämförs med ett nytt slumpmässigt urval av träd. Det är dock av mindre betydelse när man återupprepar jämförelser av samma träd, vilket är fallet med träden från 2001 och 2007. Urvalet från 1995 skiljer sig genom att endast ha 47 av sina 60 träd gemensamma med de senare uppföljningarna vilket också medför att resultatet inte är helt jämförbart.

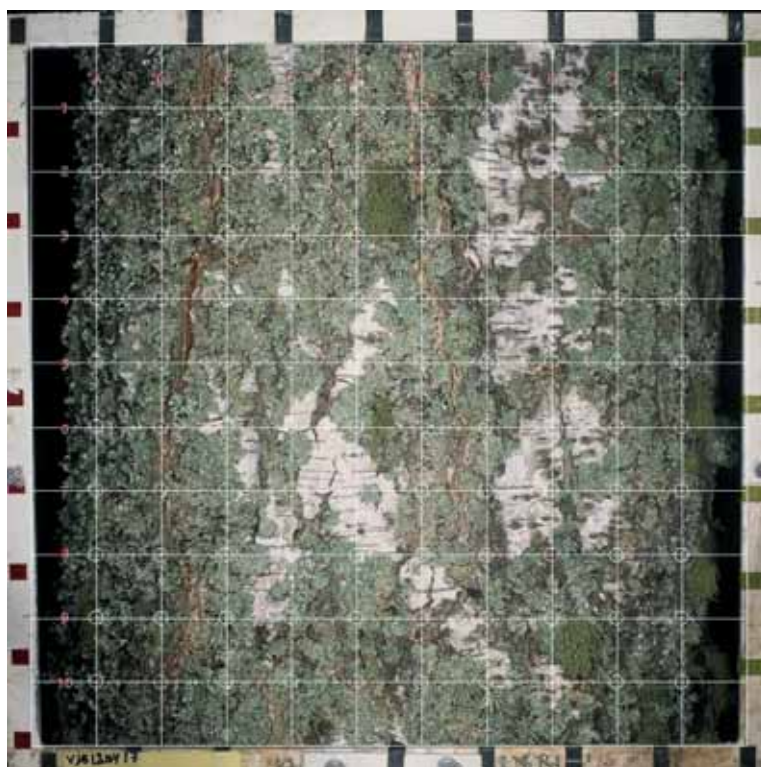
1.1.2 Fotodokumentation

Fotopunkten på trädstammen är märkt med en skruv som har varit utgångspunkt vid samtliga fototillfällen. År 1995 och 2001 är träden fotograferade med positiv färgfilm (diafilm). Kameran som använts är en Hasselbladskamera med ett objektiv med brännvidd 80 mm och en mellanring 16 mm. På kameran är en ram (40x40 cm) monterad som placerats mot trädstammen vid fotograferingen. En noggrann beskrivning finns i Hultengren & Stenström (1988).

Vid återinventeringen 2007 har samma metod använts men Hasselbladskameran har bytts ut mot en digitalkamera, Nikon D70 med ett objektiv med brännvidd 24 mm (AF Nikkor 24mm, 1:2.8 D). Trots annan brännvidd ger denna utrustning i stort sett samma bildutsnitt av trädstammen som Hasselbladskameran. Diabilder och högupplösta digitalbilder förvaras hos Naturcentrum AB, Stenungsund.

1.1.3 Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar

Vid analysen placeras 100 cirklar jämt över respektive bild (Figur 3). Ramen, vilken syns i bildens ytterkanter, används för att kalibrera bildens storlek. I denna undersökning har fotografierna från 2001 (skannade diabilder) och 2007 analyserats från en datorskärm medan bilderna från 1995 är analyserade med hjälp av en diaprojektor mot en filmduk. Några stickprov för jämförelser mellan de båda analysmetoderna visade på små resultatkillnader.



Figur 3. Över bilderna läggs ett raster med 100 cirklar. Den art som dominerar i cirkeln noteras. Den vanligaste arten på bilden är blåslav *Hypogymnia physodes* (grågrön) men det syns också några exemplar av kort skägglav *Usnea subfloridana* (hängande).

När en lav hamnar inom cirkeln räknas det som en träff. Samtliga förekommande arter på bilderna räknades om de med säkerhet kan bestämmas till art eller i vissa fall släkte. Om flera arter syns i ringen räknas den art som täcker störst areal.

Summan av alla ”räknade” lavar ger en uppfattning om frekvensen (täckningsgraden) av de olika lavarna på bilden. Det innebär att summan av alla förekommande lavar på en bild inte kan överstiga de 100 cirklar som placerats över bilden. Summan är alltså inget absolut ytmått utan ett mått på artens relativa frekvens, men vi har valt att kalla detta för täckningsgrad.

1.1.4 Känslighetsvärde, K-värde

De olika lavarna har tilldelats ett känslighetsvärde (K-värde) efter hur föroreningskänsliga de är (tabell 2). Känslighetsvärdet anges enligt den skala som tagits fram i samarbete med Naturvårdsverkets miljökontrollprogram, PMK (Hultengren m fl 1992). Poängskalan omfattar K-värden mellan 0 och 9. Ju högre K-värde en art har, desto känsligare är den för luftföroreningar.

Tabell 2. Känslighetstabell baserad på K-värde (känslighetsvärde) enligt Hultengren m fl 1992.

K-värde	Känslighet
9	mycket känsliga arter
8	"
7	"
6	"
5	känsliga arter
4	"
3	tåliga arter
2	"
1	mycket tåliga, eller föroreningsgynnade arter
0	"

Jämförelser mellan medelkänslighetsvärden för olika områden och trädslag låter sig göras eftersom den ingående artstockens känslighetsvärden bestämmer slutvärdet och de använda känslighetsvärdena är relativt oberoende av trädslaget. Känslighetsvärden utgör ”dödstal” för olika lavar. Varje träd får ett känslighetsvärde som utgör ett genomsnitt av de träffade lavarnas känslighetsvärde (k/träff). I känslighetsvärdet tas också hänsyn till de olika arternas frekvens på stammen.

Värdet kallas medelkänslighetsvärde och användas för att beskriva hur påverkad lavfloran på det aktuella trädet är (Tabell 3).

Tabell 3. Medelkänslighetsvärde och grad av påverkan på lavfloran baserat på Wirth 1995.

Medelkänslighetsvärde	Luftföroreningarnas påverkan på lavfloran
>4	Helt opåverkad lavflora
>3-3,9	Svagt påverkad lavflora
>2-3	Måttligt påverkad lavflora
1-2	Kraftigt påverkad lavflora
<1,0	Mycket kraftigt utarmad lavflora

1.1.5 Kvävetal, N-tal

Utifrån tilldelade kvävetal, N-tal (tabell 4, efter Wirth 1995) kan kväverika luftföroreningars påverkan på lavar undersökas. Andelen kvävegynnade lavar på ett träd beror på såväl barkens näringsvärde (rikbarksträd har högre N-tal än fattigbarksträd) som på halten av kväverika föroreningar i luften. Kvävetalet (N/träff) visar om kvävegynnade lavar gynnas eller missgynnas. Vid höga halter av kväveföroreningar ökar kvävegynnade lavararter. I tätortsmiljön är det i huvudsak biltrafiken som bidrar med kväveföroreningar medan gödsel och näringsrikt damm från åkrar ger näring åt lavarna på landsbygden.

Tabell 4. Olika lavar har tilldelats ett kvävetal mellan 0 och 3 (efter Wirth 1995), beroende på om de anses missgynnade eller gynnade av kvävepåverkan.

N-tal	Kategori
3	mycket kvävegynnad
2,5	tämligen kvävegynnad - mycket kvävegynnad
2	tämligen kvävegynnad
1,5	något kvävegynnad - tämligen kvävegynnad
1	något kvävegynnad
0,5	ej kvävegynnad - något kvävegynnad
0	ej kvävegynnad / kväveskyende

På fattigbarksträd, som t ex björk, blir ofta kvävetalet lågt i en opåverkad miljö och högt i en miljö med hög halt kväveföroreningar i luften. Det beror på att lavar som naturligt förekommer på fattigbark har låga kvävekrav eller skyr kväve. Vid höga halter av kväve i luften koloniserar dock även fattigbarksträd av mer kvävegynnade lavar. Kvävetalen på fattigbarksträd avspeglar därför halten kväve i luften. På rikbarksträd är kvävetalet ungefär lika högt i förorenad som i ren luft (Hultengren och Larsson 1993). Det beror på att många rikbarkslavar är kvävegynnade (ex: rosettlavar *Physcia spp.*, dagglavar *Physconia spp.*, och vägglavar *Xanthoria spp.*, m fl). Om en jämförelse skall göras mellan olika träd medelkvävetal är det därför viktigt att känna till vilka trädslag som undersöks. Detta behöver vi dock inte ta någon hänsyn till vid jämförelser mellan åren 2001 och 2007 eftersom exakt samma träd undersökts vid båda tillfällena. Jämförelser med träden från 1995 är mer osäkra eftersom träduppsättningen ändrats (se i Metod).

1.1.6 Täckningsgrad

Lavfloras täckningsgrad är ett rent kvantitativt mått och en kompletterande analys till framför allt medelkänslighetsvärdet. Medelkänslighetsvärdet tar inte hänsyn till hur mycket av trädstammen på bilden som lavarna täcker utan är ett värde på förhållandet mellan olika arter. Det innebär att en trädstam får samma medelkänslighetsvärde även om hälften av förekomsterna försvinner, bara förhållandet mellan arterna är detsamma.

Enbart en art kan förekomma i varje cirkel på fotografierna. Det innebär att summan av alla förekommande lavar på ett fotografi inte kan överstiga antalet cirklar som är 100 per fotografi. Summan är alltså inget absolut ytmått utan ett mått på den relativa frekvensen hos enskilda arter eller ett mått på lavfloras utbredning på bilden generellt. Vi har valt att kalla detta mått för täckningsgrad. I denna undersökning har vi fokuserat på lavfloras generella täckningsgrad och inte på enskilda arter.

1.2 Resultat

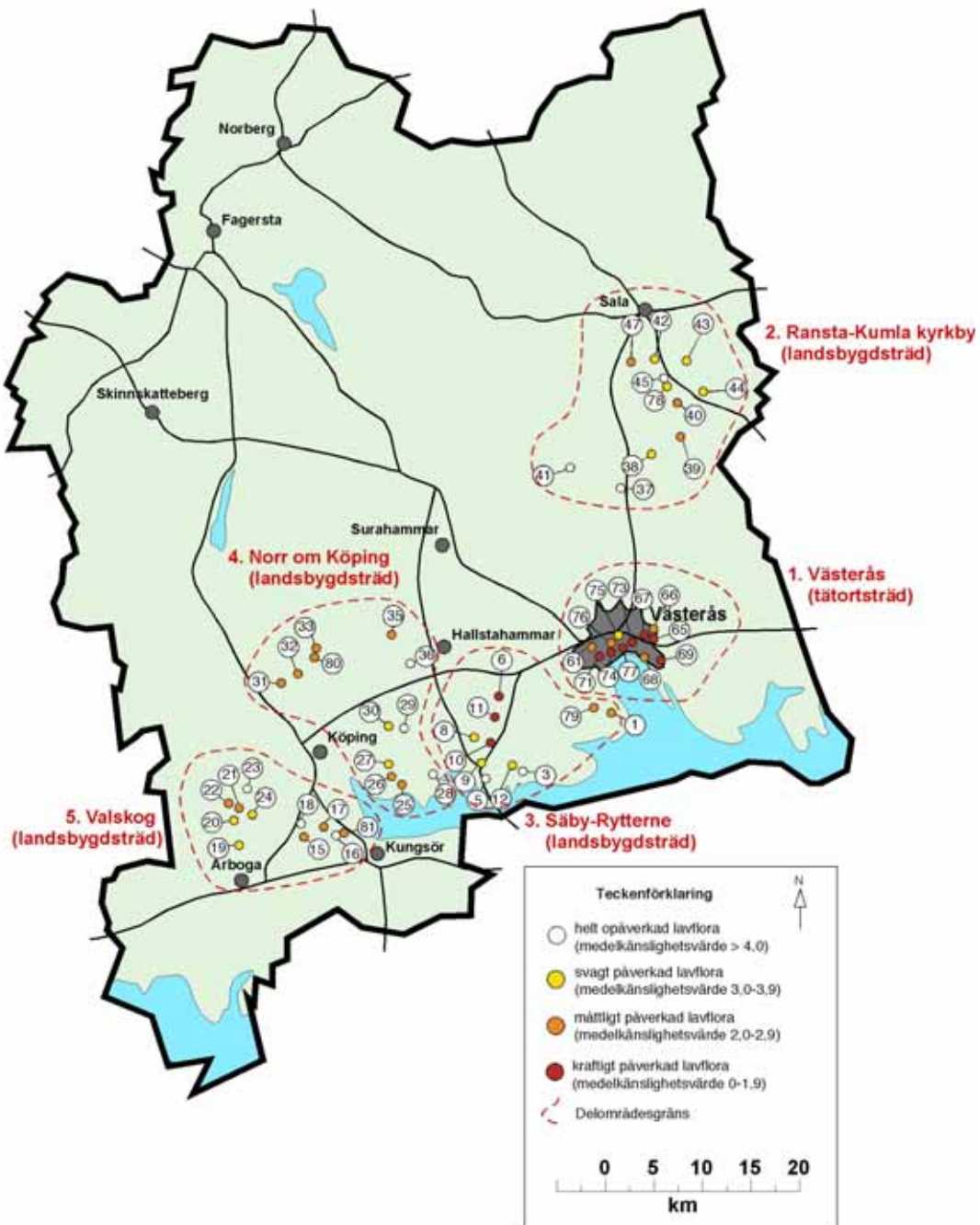
1.2.1 Medelkänslighetsvärde och täckningsgrad

Västerås tätort kan förväntas ha de högsta föroreningshalterna. Lavfloran på tätortsträden i Västerås tätort (delområde 1) har också det klart lägsta medelkänslighetsvärdet och träd med kraftigt påverkad lavflora är tydligt överrepresenterade (Figur 4). Medelkänslighetsvärdet för tätortsträden ligger strax över 1,6 och indikerar att lavfloran är kraftigt påverkad (Tabell 3).

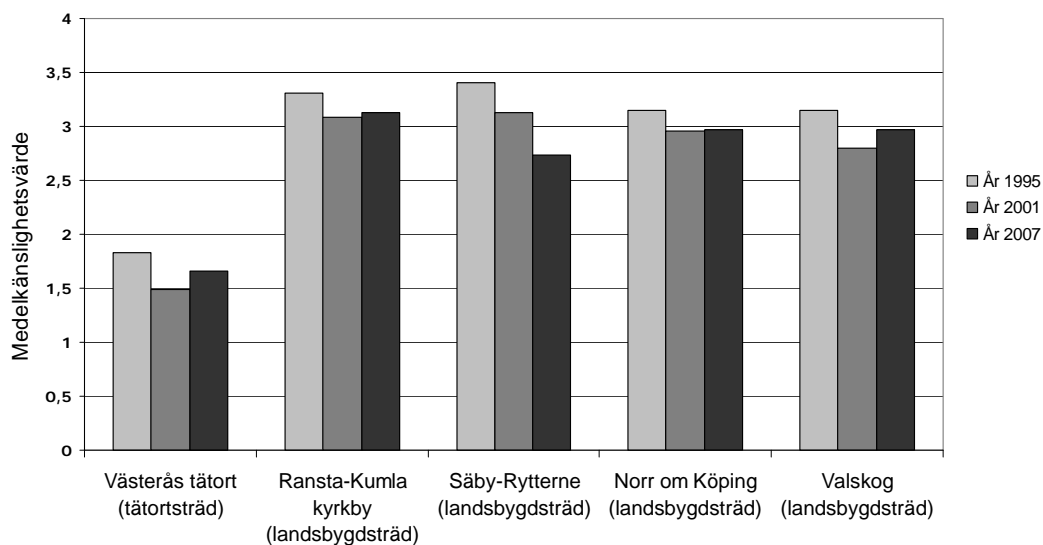
Avgaser från trafik och andra utsläpp påverkar lavfloran negativt så att endast vissa föroreningsståligna arter kan överleva i stadsmiljön. Förutom en hög föroreningsbelastning i städer generellt så blir den förorenade luften mer eller mindre stillastående utmed vägar omgivna av byggnader och lavarna exponeras därmed under en längre tid för höga halter föroreningar.

Medelkänslighetsvärdena för de olika delområdena på landsbygden är relativt likartat och visar på en måttlig till svagt påverkad lavflora. Det lägsta värdet (mest

föroreningar) finns på träden i delområdet ”Säby-Rytterne” och det högsta (minst föroreningar) i delområdet ”Ransta-Kumla kyrkby” (Figur 5), men skillnaderna är inte statistiskt säkerställda.

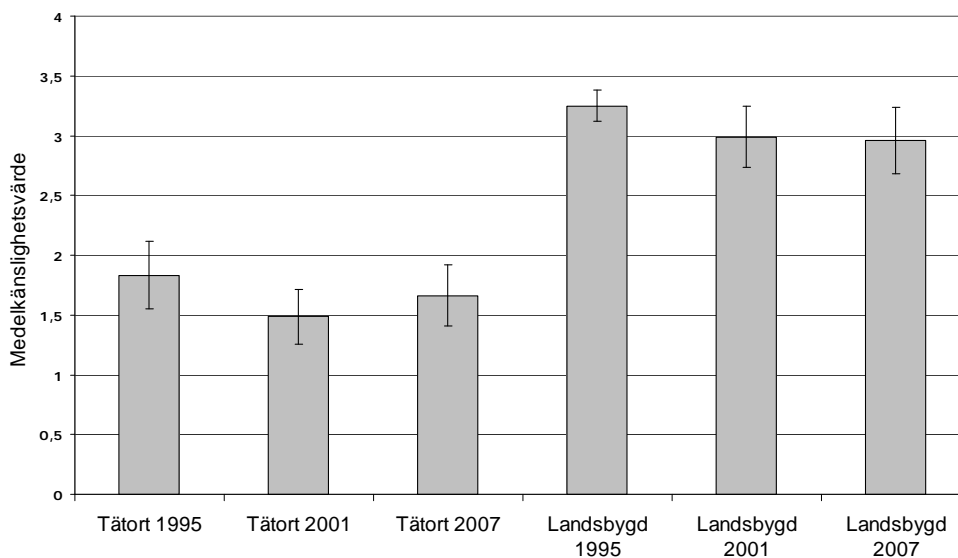


Figur 4. Medelkänslighetsvärden på de undersökta träden i Västmanlands län 2007.



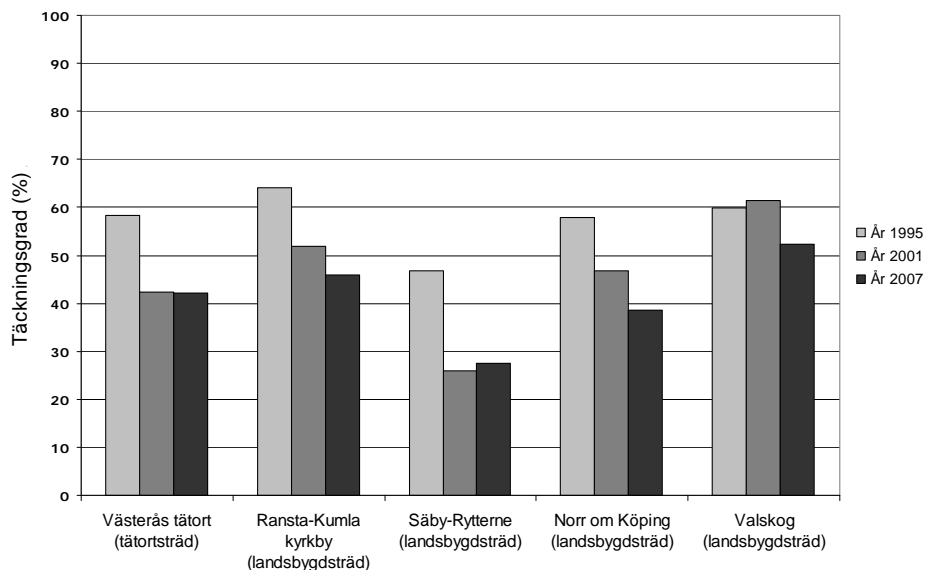
Figur 5. Medelkänslighetsvärden för samtliga delområden. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare avverkats eller blåst ner. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart.

En jämförelse av medelkänslighetsvärdet mellan tätortsträden och samtliga landsbygdsträd visar på en slående skillnad (ANOVA, $p < 0,05$) (Figur 6). Landsbygdsträdens värde på 2,95 indikerar en måttligt, på gränsen till svagt påverkad lavflora. Skillnaden mellan tätort och landsbygd är ungefär lika stor alla år och den försämring hos både tätorts- och landsbygdsträd som noterades mellan 1995 och 2001 verkar nu ha avstannat.

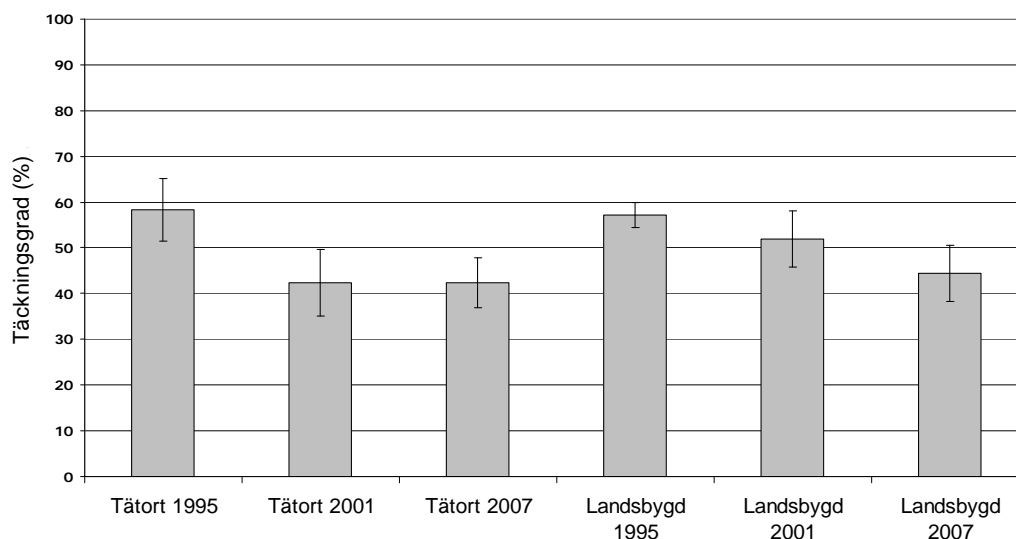


Figur 6. Medelkänslighetsvärden. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare varit avverkade eller nerblåsta. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart. Staplarna visas med standardfel.

Täckningsgraden har mellan 2001 och 2007 minskat i alla delområden på landsbygden utom i ett (Figur 7). Förändringarna är dock små och inte statistiskt säkerställda. I Västerås tätort ligger täckningsgraden på samma nivå som år 2001. Om landsbygdsträden slås samman är den minskande av täckningsgraden däremot påtaglig (t-test, $p < 0,05$) (Figur 8). Minskningen är förvånande eftersom det inte har skett någon motsvarande minskning av medelkänslighetsvärdet.



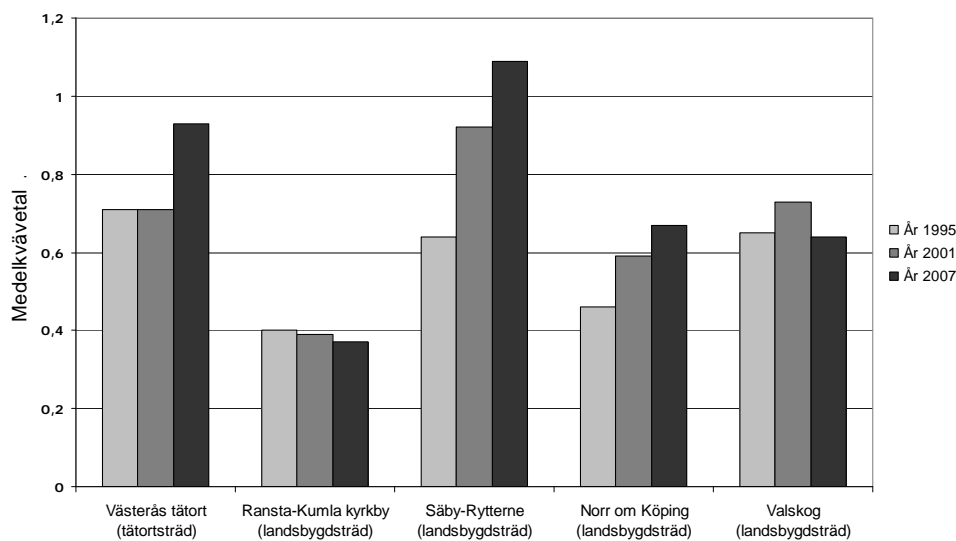
Figur 7. Täckningsgrad för respektive delområde. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare varit avverkade eller nerblåsta. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart.



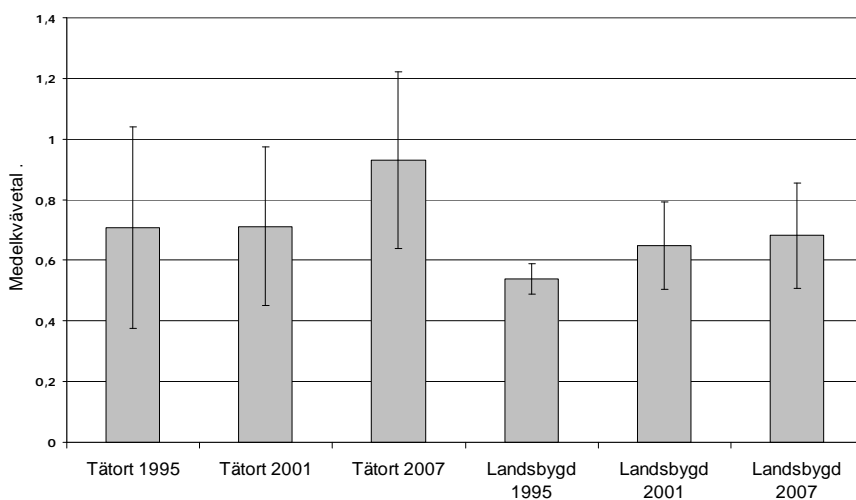
Figur 8. Täckningsgrad. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare varit avverkade eller nerblåsta. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart. Staplarna visas med standardfel.

1.2.2 Medelkvävetal

Medelkvävetal är ett mått på andelen kvävegynnade lavar. Tre av delområdena på landsbygden (delområde 3, 4 och 5 i figur 4) ligger i en jordbruksintensiv region väster om Västerås medan delområdet "Ransta-Kumla kyrkby" är beläget i mer skogsrika trakter. Delområdena i den jordbruksintensiva regionen har som grupp signifikant högre medelkvävetal än delområdet "Ransta-Kumla Kyrkby" (ANOVA $p < 0,05$) (Figur 9). Tätortsträden i Västerås har också ett tämligen högt medelkvävetal (Figur 10) men det skiljer sig inte från landsbygdsträden. Det förhöjda värdet hos tätortsträden mellan 2001 och 2007 är inte statistiskt säkerställt.



Figur 9. Medelkvävetal för respektive delområden. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare varit avverade eller nerblåsta. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart.

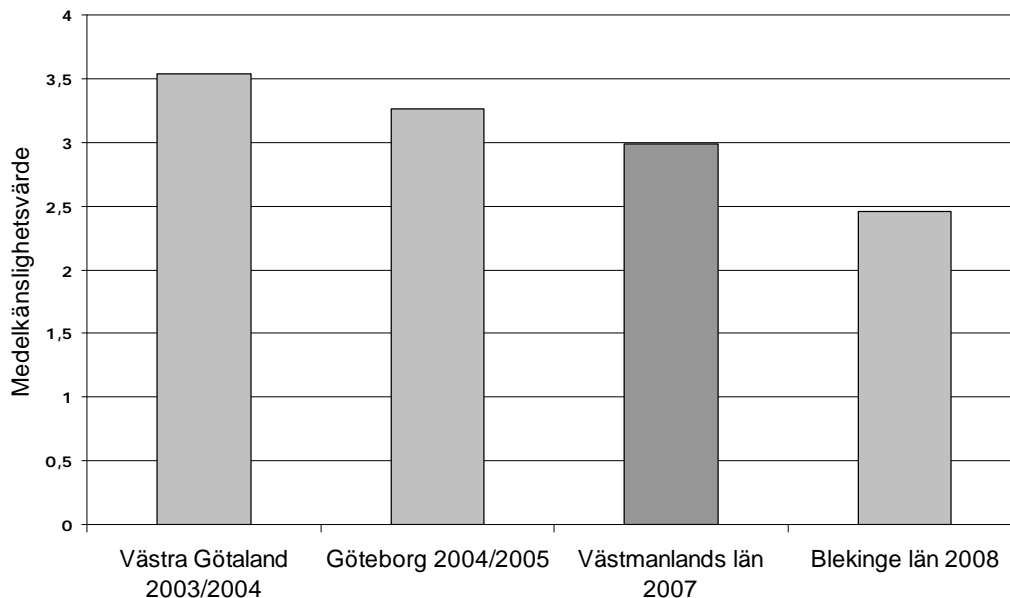


Figur 10. Medelkvävetal. Värdet från 1995 är framtaget med en annan bildtolkningsmetod och omfattar några träd som senare avverats eller blåst ner. Resultatet från 1995 är därför inte helt jämförbart. Staplarna visas med standardfel.

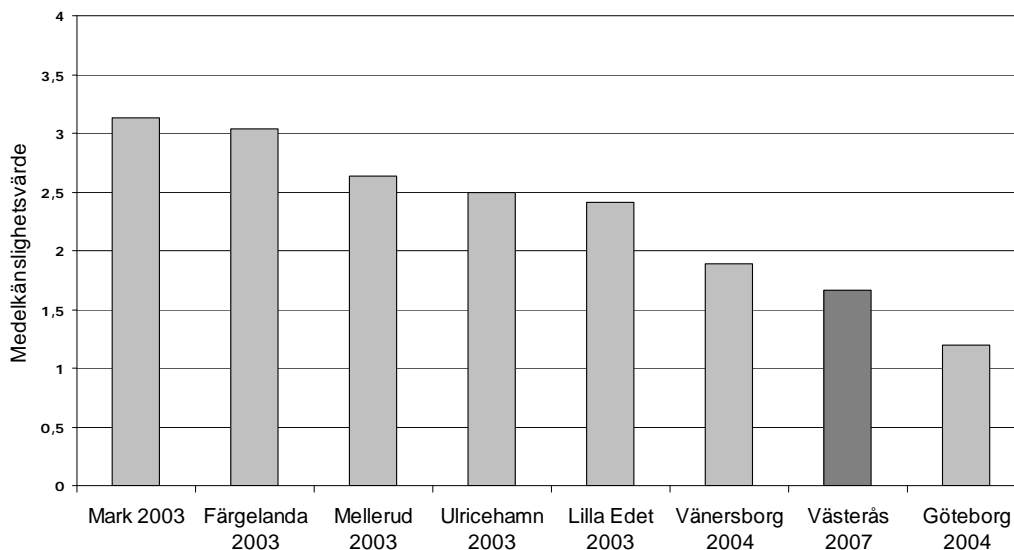
1.2.3 Jämförelser med andra regioner och städer

Under 2003 och 2004 genomfördes två undersökningar inom projektet "Lavar och luftföroreningar" som omfattar större regioner. Blekinge län inventerades 2003 och sex kommuner i Västra Götalands län inventerades 2003-2004 (Malmqvist 2003, Hultengren & Malmqvist 2004). Dessutom genomfördes en undersökning i Göteborg 2004 (Andersson, Hultengren & Malmqvist 2004).

En jämförelse med andra undersökningar indikerar att lavfloran på landsbygdsträden i Västmanlands län är något mer påverkad än motsvarande träd i Göteborgsområdet liksom undersökta träd i sex andra kommuner i Västra Götalands län (Figur 11). Lavfloran verkar dock vara mindre påverkad än i Blekinge län. När det gäller tätortsträden tillhör medelkänslighetsvärdena i Västerås de lägst noterade och endast Göteborg uppvisar lägre (Figur 12).



Figur 11. Jämförelse av medelkänslighetsvärden på landsbygdsträd i Västmanlands län med landsbygdsträd i andra undersökningsområden. Totalt ingår 99 (22+11+44+22) träd i jämförelsen.



Figur 12. Jämförelse av medelkänslighetsvärden på tätortsträd i Västerås med tätortsträd i andra tätorter/städer.

1.3 Diskussion

1.3.1 Medelkänslighetsvärde

Det för lavar farliga ämnet svaveldioxid (SO_2) har minskat stadigt i hela Sverige sedan lavar- och luftföroreningsundersökningarna startade 1986. Minskningen har efter en inledande kraftig minskning planat ut från mitten av 1990-talet (Sjöberg m fl 2006). Även kväveoxiderna (NO_x) tenderar att minska något under perioden. I samband med minskningen av svaveldioxid följde kunde flera år av förbättringar för lavfloran ses på Västkusten (bl. a. Gralen 2000). Mätningar i Västmanlands län visar också på kraftig minskning av svavelnedfall sedan början av 1990-talet medan någon generell trend för kvävenedfallen inte ännu kan ses (Pihl Karlsson m fl 2008).

Den försämring av lavfloran i Västmanland som uppmärksammades vid uppföljningen 2001 (Malmqvist 2001) har avstannat. För tätortsträden har medelkänslighetsvärdena och täckningsgraden stabiliserats eller möjligen ökat vilket är positivt. Lavfloran i tätorten är dock fortfarande kraftigt påverkad av luftföroreningar och är bland de mest utarmade jämfört med andra undersökta städer. Även för landsbygdsträden har minskningen av medelkänslighetsvärde upphört sedan förra uppföljningen. Medelkänslighetsvärdet indikerar idag en måttligt på gränsen till svagt påverkad lavflora. Det är inte fastställt vad som låg bakom den tydliga försämring som noterades vid uppföljningen 2001.

1.3.2 Täckningsgrad

De senaste åren har lavfloran i flera undersökningar visat på oroväckande och ej förväntade försämringar av framför allt täckningsgraden (Malmqvist 2001, Andersson, Hultengren & Malmqvist 2004, Hultengren & Malmqvist 2004). I många fall är det lavfloran på landsbygdsträden som visat på de tydligaste förändringarna

som syns tydligt genom att många lavbålar är döende eller döda (Bilaga 3). Den försämrade täckningsgraden uppmärksammades först i samband med uppföljningen i Västmanlands län 2001 då de förväntade förbättringarna för lavfloran uteblev både i tätorten och på landsbygden. Istället minskade såväl medelkänsligheten som täckningsgraden (Malmqvist 2001). Samma fenomen har påvisats vid andra undersökningar i Göteborg och sex andra kommuner i Västra Götalands län de senaste åren (Andersson, Hultengren & Malmqvist 2004, Hultengren & Malmqvist 2004).

Täckningsgraden av lavar fortsätter nu att minska på landsbygdsträden i Västmanlands län. Det har tidigare antagits att försämringarna i Västmanlands län inte skulle ha med långväga transporterade föroreningar att göra (Malmqvist 2001). Detta kan förvisso stämma men efter liknande försämringar även på andra håll bör problemet åtminstone vara storskaligt och inte av regional karaktär.

Liknande tillbakagångar av lavfloran har även noterats i Norge (Gauslaa 2002). Tillbakagången av lavar var där mycket drastisk och verkade främst drabba bladlavar och skorplavar. Både föroreningståliga och föroreningskänsliga arter drabbades varför luftföroreningar inte antogs vara orsaken. Som orsak framhålls istället de kraftiga höstregn (311 mm i november jämfört med 79 mm ett normalår) som drabbade det aktuella området under oktober-november år 2000. Under denna period började lavarna visa på vitalitetsförsämringar och redan någon månad senare hade många arter fått omfattande skador. Under samma period (oktober-november 2000) föll i Västerås 241 mm jämfört med en normalnederbörd på 102 mm (uppgifter från SMHI). Intressant att notera är att detta var året före den kraftiga minskningen uppmärksammades i Västmanlands län (Malmqvist 2001). Ovanligt stor nederbörd noterades även under samma period 2006 då det föll 208 mm. Ökad regnmängd kan medföra ökade svampangrepp på lavarna, något som dock inte noterades i Norge och inte heller på de analyserade bilderna från Västmanlands län. Kraftiga regn antas också kunna ha en direkt negativ fysikalisk påverkan på lavarna (Gauslaa 2002).

Marknära ozon är ett av få ämnen där en ökning, om än svag, av bakgrundshalter på nationell basis har skett de senaste åren (Sjöberg m fl 2006). Ozon ett ämne som kan vara skadligt för lavar (Nash & Sigal 1979). En ökning av marknära ozon skulle möjligen kunna påverka lavfloran brett, d v s att både föroreningståliga och föroreningskänsliga arter påverkas negativt. Någon ökning av medelhalten av ozon syns dock inte i Västerås stad eller på de lokaler som mäter bakgrundshalter i Västmanlands län (data från Länsstyrelsen i Västmanland).

1.3.3 Medelkvävetal

Medelkvävetalet är ett mått på andelen kvävegynnade lavar. I stadsmiljöer är det ofta trafik och dylikt som bidrar med luftburna kväveföreningar medan jordbruket, bl a via näringsberikat ”damm” från åkermarken, bidrar på landsbygden. Det finns inga tydliga förändringar av medelkvävetalet mellan de olika åren. För delområdena ”Säby-Rytterne” och ”Norr om Köping” finns dock tendenser till ökan-

de värden 1995-2007. Om detta är tillfälliga förhöjningar får fortsatta undersökningar visa.

Tre av delområdena på landsbygden (delområde 3, 4 och 5. Figur 4) ligger i en jordbruksintensiv region väster om Västerås. Dessa har som grupp signifikant högre medelkvävetal än delområde "Ransta-Kumla kyrkby", som skiljer sig från de övriga genom att vara beläget i en trakt som inte är lika jordbruksintensiv. Det är troligtvis just skillnaderna i omgivande markanvändning som resulterar i olika kvävebelastning.

Tätortsträden i Västerås har också ett tämligen högt medelkvävetal men det skiljer sig inte från landsbygdsträden. Som ovan nämnts är det troligtvis trafiken som står för det största bidraget.

2 Övervakning av rödlistade lavar

Vid återinventeringen eftersöktes de träd och den stenhäll med hotade arter som valdes ut som övervakningsobjekt av Naturcentrum AB i samråd med Länsstyrelsen i Västmanlands län 1995. Huvuddelen av dessa återinventerades 2001 förutom några träd som hade försvunnit (blåst ner eller dött) samt ett par träd som inte kunde återfinnas.

2.1 Syfte

Syftet är att övervaka förändringar av populationer av särskilt intressanta arter av lavar som förekommer inom länet.

Urvalet har gjorts utifrån följande kriterier:

- Extremt sällsynta arter med enstaka spridda förekomster i Sverige.
- Arter som har sin huvudsakliga svenska utbredning i eller kring länet.
- Arter som har randpopulationer inom länet.

HOTKATEGORIER

(Gärdenfors m.fl. 2005)

RE Försvunnen	– En art är Försvunnen när det är ställt utom rimligt tvivel att den sista individen som är potentiellt kapabel till reproduktion inom landet (regionen) har dött eller försvunnit från landet (regionen).
CR Akut hotad	– En art tillhör kategorin Akut hotad när den löper en extremt stor risk att dö ut i vilt tillstånd inom en mycket nära framtid.
EN Stark hotad	– En art tillhör kategorin Starkt hotad om den inte uppfyller något av kriterierna för Akut, men ändå löper mycket stor risk att dö ut i vilt tillstånd i en nära framtid.
VU Sårbar	– En art tillhör kategorin Sårbar om den inte uppfyller något av kriterierna för Akut hotad eller Starkt hotad, men ändå löper mycket stor risk att dö ut i vilt tillstånd i ett medellångt tidsperspektiv.
NT Missgynnad	– En art tillhör kategorin Missgynnad om den inte uppfyller något av kriterierna för Akut hotad, Starkt hotad eller Sårbar, men är nära att uppfylla kriterierna för Sårbar.
DD Kunskapsbrist	– Till denna kategori förs arter om vars utbredning och /eller populationsstatus man inte har tillräckliga kunskaper för att vare sig göra en direkt eller indirekt bedömning av utdöenderisken. Enligt tillämpningsreglerna bör det dock finnas misstankar om att arten kan vara hotad eller t. o. m. försvunnen.

2.2 Metod

Ett antal aktuella förekomster av rödlistade arter valdes 1995 ut i samråd mellan Naturcentrum AB och Länsstyrelsen i Västmanlands län (Hultengren & Danielsson 1996). De vetenskapliga och svenska namnen liksom hotkategorier följer Gärdenfors m. fl. (2005). För att studera förändringar av populationerna har de

utvalda arterna fotograferas på trädstammar. Kalkkranslaven *Phaeophyscia cons-tipata*, som växer på klippor, har till skillnad från de övriga individräknats.

Metoden utarbetades i samband med arbetet i Västmanlands län och är av pilot-studiekaraktär. Lokalerna och träden återbesöktes 2007-09-26 och samma yta på träden som fotograferades 1995 och 2001 fotograferades åter. Fotograferingsme-toden är densamma som används inom lavar och luftprojektet (se detta för utförligare beskrivning). Fotografierna från samtliga fotograferingstillfällen har jämförts för att studera eventuella förändringar.

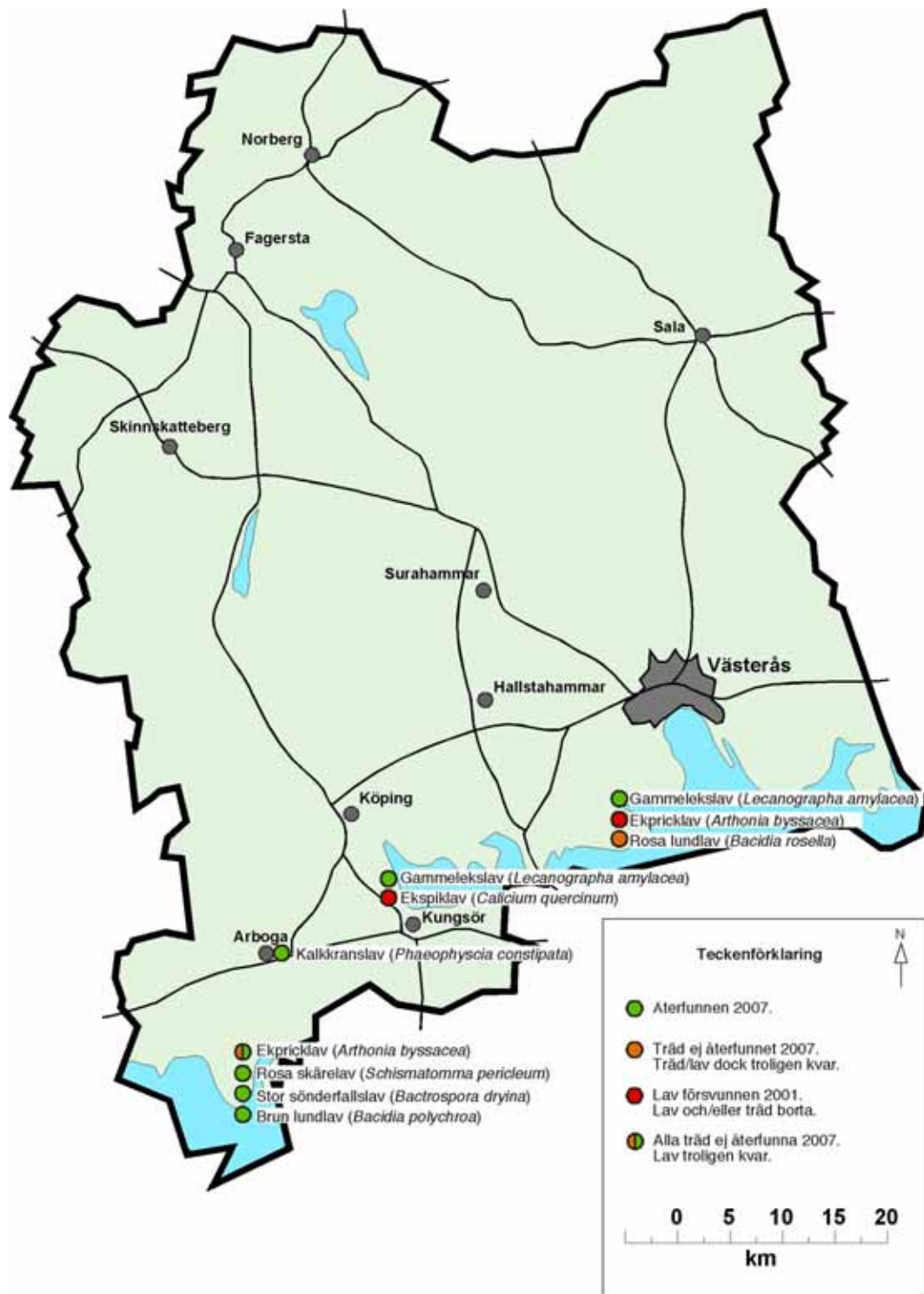
Vid jämförelserna har framför allt förändringar i arternas utbredning noterats men även andra förändringar som mängden fruktkroppar eller om trädet blivit skadat. Välavgränsade arter, vars bålar har kunnat mätas med linjal, har följts upp mer noggrant än arter med mer otydliga bålar som istället fått bedömas mer subjektivt. Individräkning har genomförts från två översiktsskildrar på en population av den stenlevande arten kalkkranslav *P. constipata*. De digitala bilderna liksom äldre diabilder förvaras hos Naturcentrum AB, Stenungsund.

2.3 Resultat och diskussion

Lokalerna för de rödlistade arterna är belägna i södra delen av länet och vid återinventeringen återfanns samtliga utom 2 träd (Figur 13). Metoden lämpar sig bäst för arter med en välavgränsad bål. De utvalda arterna fungerar i det avseendet bra med undantag av ekpricklav *Ahrtonia byssacea* och rosa skärelav *Schismatomma pericleum* som med sina ljusa bålar är svåra att skilja från bark och andra lavar. Det innebär att små förändringar är svåra att observera. Jämfört med tidigare in-venteringar har förändringarna hos de flesta arterna varit små (Tabell 5).

Samtliga arter förutom kalkkranslaven verkar ha en mycket långsam tillväxt, ofta så långsam att förändringar kan vara svåra att upptäcka under en sexårsperiod. Mest påtagliga blir förändringar där träd dött eller blivit skadade. Sedan första inventeringstillfället 1995 har två av de undersökta träden påverkats i sådan om-fattning att de fotograferade lavarerna har försvunnit. De arter som försvunnit är ekspik *Calicium quercinum* på en alm (Jägaråsen) och ekpricklav *A. byssacea* och gammelekslav *Lecanographa amylacea* på en ek (Tidö). Dessa var försvunna re-dan vid första uppföljningen (Malmqvist 2001).

Sedan 1995 har 18 populationer av rödlistade lavararter följts (Tabell 5). Tre av dessa har som tidigare nämnts försvunnit. Av de kvarvarande är 5 oförändrade, 3 ökande och 3 minskande (Tabell 5). Statusen för fyra populationer av rosa lund-lav *Bacidia rosella* är okänd då de två träden inte kunde återfinnas.



Figur 13. Status för rödlistade lavar i uppföljningsprogrammet.

Ekpricklav *Arthonia byssacea*

Den i huvudsak eklevande ekpricklaven förekommer sällsynt i Sverige. Västmanlands län sammanfaller med artens huvudutbredningsområde. Bilderna på ekpricklav *A. byssacea* är generellt svåra att tolka. Vissa partier har ökat mellan 1995 och 2007 men det finns samtidigt partier som är mer svårtolkade.

Brun lundlav *Bacidia polychroa*

Den mycket sällsynta arten brun lundlav är rödlistad som starkt hotad (EN) (Gärdenfors 2005) och den har sina flesta förekomster på Öland och i Mälardalen. Inga synbara förändringar har skett sedan 2001. Möjligen finns idag något fler fruktkroppar idag än 1995.

Stor sönderfallslav *Bactrospora dryina*

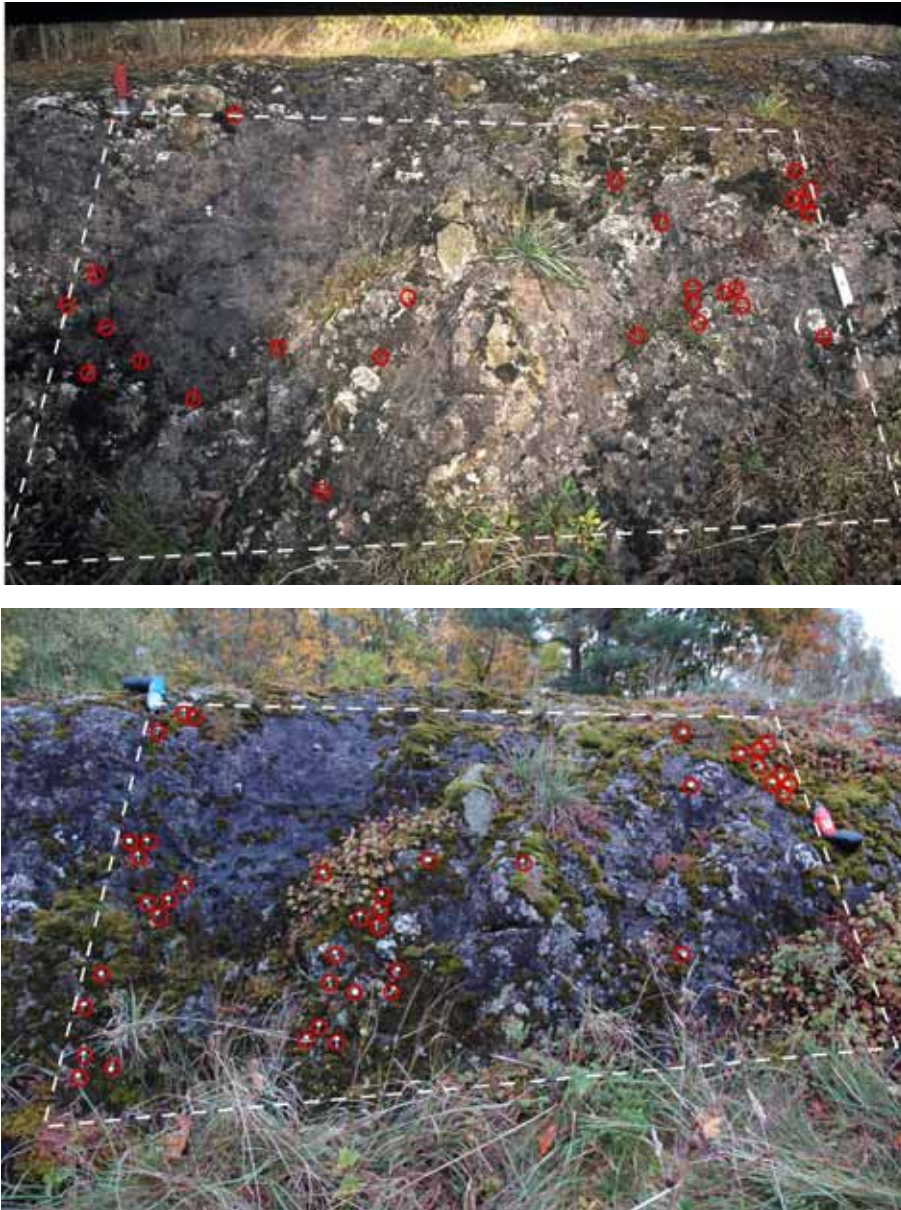
Stor sönderfallslav *B. dryina* har endast ett fåtal aktuella lokaler i landet. Den är rödlistad som starkt hotad (EN) (Gärdenfors 2005). En av fotoplatserna som inte hittades vid förra uppföljningen kunde nu återfinnas och visade en svag minskning av utbredningen jämfört med 1995. Möjligen beror detta på att trädet står mörkt och att igenväxning gett minskat ljusinsläpp de senaste åren. Den andra förekomsten visar inte på några synbara förändringar.

Gammelekslav *Lecanographa amylacea*

Populationerna av gammelekslav har haft en svag tillväxt. Tillväxten har de senaste tolv åren varit 2-4 mm i diameter på några av de bålur där en tillväxt kunnat mätas. Det ger en årlig tillväxt på ca 0,25 mm. Detta kan synas som lite men det kan också vara en normal tillväxt för arten. Gammelekslaven är en lämplig art för denna typ av uppföljning. Eventuellt skulle antalet träd med gammelekslav som följs upp vara fler så att artens situation i länet kunde följas.

Kalkkranslav *Phaeophyscia constipata*

De tydligaste förändringarna finns hos populationen med kalkkranslav. Kalkkranslaven förekommer endast på ett fåtal lokaler i landet och den är rödlistad som starkt hotad (EN) (Gärdenfors 2005). Lokalen finns vid Koberg i utkanten av Arboga och till skillnad från de andra undersökta arterna växer den på en sydvänd, kalkhaltig klippvägg. Laven, som är en bladlav, växer bland mossa och de enskilda bålurarna är tämligen lätta att hitta och räkna in. Två avsnitt på hällen har inventerats och kalkkranslaven har mellan 1995 och 2007 ökat från 38 till 67 individer. En jämförelse av foton från 2001 och 2007 visar att populationen är dynamisk och de enskilda individerna överlever troligtvis inte länge på en och samma plats (Figur 14). Pågående igenväxning har medfört att både mossorna och kärlväxterna har ökat sin utbredning på klippan. Mossornas ökade utbredning är än så länge positivt för kalkkranslaven men en ökad igenväxning är på sikt ett hot för arten.



Figur 14. En av fotorutorna på den kalkrika hällen med kalkkranslav *Phaeophyscia cons-tipata*. Enskilda individ är markerade i fält och därefter digitalt med röda ringar. Överst 2001, nederst 2007. Laven har uppenbart en stor populationdynamik, troligen som ett resultat av hög omsättning hos mossan som kalkkranslaven gärna växer bland.

Rosa skärelav *Schimatomma pericleum*

Rosa skärelav växer framför allt på äldre ekar i öppet till halvöppet läge och Västmanlands län ligger inom artens huvudutbredningsområde. Den är rödlistad som missgynnad (NT) (Gärdenfors 2005). Fotografierna är svårtolkade eftersom bålarna är små och saknar tydlig avgränsning mot omgivande lavar. Inga tydliga förändringar kan noteras men möjligen har den minskat i utbredningen.

Tabell 5. Resultat av övervakningen. Hotkategorier enligt Gärdenfors (2005).

Art	Hot	Foto	Förändring 1995-2001	Förändring 2001-2007	Kommentar
<i>Arthonia byssacea</i>	VU	S. Hammaren, ek 2:A	Osäker	Minskning	Fotoplats återfunnen. Jämförd med foto från 1995.
<i>Arthonia byssacea</i>	VU	S. Hammaren, ek 2:B	Ökning	Oförändrad	Svårtolkat.
<i>Arthonia byssacea</i>	VU	Tidö slott, ek 2:A	Försvunnen	Försvunnen	Trädet barkflått, arten borta!
<i>Bacidia polychroa</i>	EN	S. Hammaren, asp 1:A	Oförändrad	Oförändrad	Utbredning som tidigare.
<i>Bacidia rosella</i>	NT	Tidö Slott, lönn 1:A	Minskning	Osäker	Träd ej återfunnet
<i>Bacidia rosella</i>	NT	Tidö Slott, lönn 1:B	Minskning	Osäker	Träd ej återfunnet
<i>Bacidia rosella</i>	NT	Tidö Slott, lönn 2:A	Oförändrad	Osäker	Träd ej återfunnet
<i>Bacidia rosella</i>	NT	Tidö Slott, lönn 2:B	Oförändrad	Osäker	Träd ej återfunnet
<i>Bactrospora dryina</i>	EN	S. Hammaren, ek 2:A	Osäker	Minskning	Fotoplats återfunnen. Jämförd med foto från 1995.
<i>Bactrospora dryina</i>	EN	S. Hammaren, ek 2:B	Ökning	Oförändrad	Svårtolkat
<i>Calicium quercinum</i>	VU	Jägaråsen alm 1:A	Försvunnen	Försvunnen	Trädet dött. Arten borta!
<i>Lecanographa amylacea</i>	VU	Tidö slott, ek 1:A	Ökning	Ökning	Viss tillväxt. Bålarnas tillväxt är 1-2 mm i diameter.
<i>Lecanographa amylacea</i>	VU	Tidö slott, ek 1:B	Ökning	Oförändrad	
<i>Lecanographa amylacea</i>	VU	Tidö slott, ek 2:A	Försvunnen	Försvunnen	Trädet barkflått. Arten borta!
<i>Lecanographa amylacea</i>	VU	Jägaråsen, ek 1:A	Ökning	Ökning	Viss tillväxt. Bålarnas tillväxt är 1-2 mm i diameter.
<i>Phaeophyscia constipata</i>	EN	Koberg. Individräkning. Foto 1: 19 bålar	Ökning Foto 1: 26 bålar	Ökning Foto 1: 41 bålar	Relativt enkel att följa upp
<i>Phaeophyscia constipata</i>	EN	Koberg. Individräkning. Foto 2: 19 bålar	Ökning Foto 2: 33 bålar	Minskning Foto 2: 28 bålar	Relativt enkel att följa upp
<i>Schismatomma periculum</i>	NT	S. Hammaren, asp 1:A	Oförändrad	Oförändrad	Möjligen en viss tillbakagång. Svårtolkat.

Många av arterna verkar klara sig bra och det största hotet är nog minskad ljusstillgång, ofta i samband med igenväxning, vilket kan leda till att både lavarna och träden tar skada. Brist på lämpliga efterträdare till dagens grova ädellövträd kan också vara ett problem i vissa fall. Skötseln av lokaler med hotade rödlistade och andra sällsynta arter är därför mycket viktig. Flera av arterna har troligtvis etablerats i ett mer öppet landskap som därefter slutit sig. Genom att hålla öppet runt befintliga träd antingen genom betes- eller slätterhävning eller genom röjning kan många av arterna troligtvis gynnas. Denna typ av åtgärd skulle med stor sannolikhet även gynna andra organismer inte minst bland insekterna. Det är också viktigt att redan i dag se ut eller röja fram efterträdare till dagens värdefulla träd.

3 LITTERATURFÖRTECKNING

- Andersson, M., Hultengren, S. & Malmqvist, A. 2004. Lavar och Luftkvalitet. Förändringar av lavfloran på trädstammar i Göteborg mellan 1999 och 2004. Naturcentrum AB.
- Gauslaa, Y. 2002. Die back of epiphytic lichens in SE Norway – can it be caused by high rainfall in late autumn? *Graphis scripta* 13:33-35.
- Gärdenfors, U. (red.) 2005. Rödlistade arter i Sverige 2005. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hultengren, S. 1987: Lavar och luften på Dal och i Trestad. Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1987:9.
- Hultengren, S & Danielsson, I. 1996. Tillståndet för den epifytiska lavfloran i Västmanlands län 1995. Program- och metodikförslag för övervakning av epifytiska lavar i Västmanland. Länsstyrelsen i Västmanlands län, rapport 1996:1.
- Hultengren, S. Martinsson P-O. & Stenström, J. 1992: Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar. Naturvårdsverket Rapport 3967. Solna.
- Hultengren, S. & Larsson, M-O. 1993. *Lavarna och luften på Dal och i Trestad samt i Ulricehamn. Lavfloras utveckling från 1986 till 1992*. Länsstyrelsen i Älvsborgs län. 1993:4. Vänersborg.
- Hultengren, S. & Stenström, J. 1988. Lavar och luften i Ulricehamnsområdet. Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1988:2.
- Malmqvist, A. 2001. Uppföljning av den epifytiska lavfloran i Västmanland 1995-2001. Länsstyrelsen i Västmanlands län 2001:14.
- Malmqvist, A. 2003. Lavar och luftkvalité. Lavundersökning i Blekinge län 2002-2003. Länsstyrelsen i Blekinge län.
- Malmqvist, A. & Hultengren, S. 2004. Lavar och Luftkvalité. En uppföljning av lavfloran på trädstammar i sex kommuner i Västra Götalands län. Naturcentrum AB.
- Nash, T. H. III & Sigal, L. L. 1979: Gross photosynthetic response of lichens to short term ozone fumigations. *The Bryologist* 82: 280-285.
- Pihl Karsson, G., Nettelblad, A., Akselsson, C., Hellsten, S., Karlsson, P. E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Västmanlands län – mätningar och modellering. Resultat till och med september 2007. IVL Svenska miljöinstitutet.

Sjöberg, G., Pihl Karlsson, G., Svensson, A. och Blomgren, H. 2006. Nationell Miljöövervakning inom EMEP och Luft- och Nederbördskemiska nätet 2004 & 2005. För Naturvårdsverket. IVL.

4 BILAGA 1 LAVAR OCH LUFTFÖRORENINGAR

Ur: Hultengren, S. Martinsson P-O. & Stenström, J. 1992: Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar. Naturvårdsverket Rapport 3967. Solna.

Lavar - funktion och levnadssätt

Lavarna är utåt sett enhetliga växter, ungefär som man uppfattar arter inom de flesta andra grupper. En noggrannare analys visar dock att lavarna är sammansatta av två helt olika organismer. Laven består nämligen av en svampdel (mykobiont) och en eller flera algdelar (fykobionter/fotobionter) som utvecklat ett avancerat och mer eller mindre ömsesidigt utnyttjande av varandras funktioner.

Algerna är autotrofa, d.v.s de har förmågan att bygga upp kolhydrater ur oorganiska ämnen genom fotosyntes, men är känsliga för uttorkning och stark solstrålning. Svamparna är heterotrofa, d.v.s. de är helt beroende av färdiga organiska ämnen. Till skillnad från algerna har de förmågan att utstå uttorkning, och kan genom inlagring av speciella pigment skydda sig mot stark solstrålning. I lavarna kombineras svampens och algens olika egenskaper i ett framgångsrikt samarbete.

Man påträffar lavar i praktiskt taget alla typer av miljöer från havsnivån upp till flera 1 000-tals meter över havet, och i alla världsdelar på jorden. Lavarna kan också växa på och i många olika typer av underlag. Följande exempel visar något av den ekologiska spännvidden; i skalet på havstulpaner i strandkanten, på sten och kala klippor av både sura och basiska bergarter, på bark och ved på levande såväl som på döda träd och buskar, på marken, på levande blad, kring svavelkällor i vulkaniska områden, på artificiella substrat som plåt, asfalt och betong m.m. Som första kolonisateurer på nyligen blottade bergytter skapar lavarna successivt förutsättningar för andra växters invandring genom att till viss del påskynda vittering och upplösning av bergets ytlager.

I förhållande till vanliga ”högre växter” anses lavarna vara enklare uppbyggda, och brukar räknas till de s.k. bålväxterna, d.v.s. de som inte är differentierade i rot, stam och blad. Lavarnas fortplantning sker hos många arter främst på vegetativ väg genom fragmentering och/eller via särskilda spridningskroppar s.k. soredier och isidier. I fragmenten finns både alg och svamp representerade. Fykobionten och mykobionten förökar sig dessutom oberoende av varandra. Hos samtliga lavararter förökar sig algdelen, vilken utgörs av encelliga organismer, genom delning. Hos svampdelen förekommer också, med få undantag (s.k. imperfekta lavar), sexuell fortplantning via sporer. Svamparnas sporer bildas i särskilda fruktkroppar av varierande utseende och byggnad. Hos många arter är dock fruktkroppsbildning mycket sällsynt.

Man brukar dela in lavarna, utgående från deras yttre byggnad, i skorplavar, bladlavar respektive busklavar. Skorplavarna kännetecknas av att de växer så tätt tilltryckt mot underlaget att de knappast går att lossa. Bladlavarna är som namnet antyder platta, bladlika och växer mer eller mindre tätt liggande mot underlaget,

men går vanligen lätt att ta loss. Busklavarna slutligen, utgör en grupp som varierar starkt i utseende, men har det gemensamt att de har ett mer eller mindre yvigt, förgrenat, busklik eller hängande växtsätt, och är ofta finflikiga och/eller trådfina.

I Sverige finns ca 600 olika busk- och bladlavor och ca 1 500 olika skorplavor. För världen som helhet känner man till drygt 15 000 olika lavararter.

Lavarna är beroende av ren luft

Lavarna har visat sig vara av utomordentligt stort värde vid bedömningar av olika slag. Många av våra ca 2 000 arter har visat sig ha mycket specifika krav på sin omgivning, och har därmed mycket att berätta om sina respektive växtplatser. De är s.k. ”indikatorarter”. Olika lavar kan med fördel användas som indikatorer på olika skogsbestånds ålder, fuktighetsförhållanden, växtgeografiska läge, markbonitet, m.m. Sist men inte minst bör deras stora värde som indikatorer på förorenad luft framhållas.

Att lavar reagerar negativt på luftföroreningar av olika slag är ett sedan länge välkänt faktum. Redan på 1800-talet gjordes sådana iakttagelser på ett flertal ställen i Västeuropa, bl.a. Manchester (Grindon 1858), Jardin du Luxembourg, Paris (Nylander 1866) och München (Arnold 1891-1901). Under den påföljande hundraårsperioden har ett stort antal lav- och luftföroreningsinventeringar och karteringar genomförts. Dessa undersökningar har successivt byggt upp kunskapen om sambandet mellan höga luftföroreningshalter och lavdöd.

Mekanismer

De flesta lavar är mycket föroreningskänsliga. Det finns många förklaringar till detta. En av dem står att finna i deras sköra och exklusiva dubbelliv. Utbytesmekanismerna mellan alg och svamp är lättstörda. Redan vid måttlig föroreningsbelastning kan klorofyll, koldioxidfixering, respiration och vattenbalans påverkas i sådan grad att hela organismen dör. Svaveldioxiden anses vara skadligast. Den absorberas av laven och bildar svavelsyrlighet som i sin tur angriper det livsviktiga klorofyllet. Detta bryts sedan ner till ett brunt och överksam pigment, phaeophytin.

En annan förklaring till den stora föroreningskänsligheten är lavarnas passiva upptag av näringsämnen. Den vätska och de ämnen som hamnar på lavens yta (bålen) absorberas relativt ospecifikt. Även giftiga och oönskade ämnen kan tas upp och ackumuleras i lavbålen och när en viss gräns nåts så dör laven. Dessutom tillväxer lavarna långsamt, inte mer än någon eller några millimeter om året. Det innebär att stora lavbålar under lång tid utsätts för olika ämnen från omgivningarna.

De olika lavarnas bålform avgör till viss del hur känslig respektive art är. Generellt kan man säga att ju större bålvolymen är i förhållande till bålvolymen, desto känsligare är laven. Sålunda är utpräglade busklikta lavar, som t.ex. tagellavar *Bryoria*

spp. och skägglavar *Usnea spp.*, känsligare för luftföroreningar än lavar med mer bladlik form. De allra tåligaste arterna finner man bland skorplavarna. Vissa lavar är till och med gynnade av luftburna föroreningar. Ett antal trädväxande skorplavar, av vilka flarnlav *Hypocenomyce scalaris*, stadskantlav *Lecanora conizaeoides*, blågrå mjölllav *Lepraria incana* och trädgrönelav *Scoliciosporum chlorococcum* är mest kända, påträffas rikligt i förorenade storstadsområden. Dessutom påträffas trädgrönealger *Desmococcus spp.*, frilevande grönalger, rikligt på trädstammar och andra ytor i större städer och andra förorenade områden. Dessa organismer gynnas troligen av storstadsluftens kemiska höga halter av kväveföroreningar, men också av minskad konkurrens från sådana lavar som saknas i förorenad luft.

Ämnen som är giftiga för lavar

Den äldre litteraturen framhåller sot från förbränning av olika slag som den viktigaste orsaken till att lavarna dör i närheten av större föroreningskällor. Detta anger Nylander (1866) från Paris och Sernander från Stockholm (1926). Stoftutsläpp började minska för ganska länge sedan p.g.a. att de är relativt lätta att åtgärda.

De senaste decennierna har svaveldioxiden pekats ut som huvudorsak till lavdöd. Svaveldioxid-halterna i luften har sjunkit kraftigt sedan 1970-talet och är nu så låga att de inte har någon större negativ inverkan på lavfloran. Utsläpp av kväveoxider från fr.a. vägtrafiken har stadigt ökat under samma period. Kulmen nåddes i slutet av 1980-talet och har sedan dess minskat. Kväveoxider har troligen tagit över svaveldioxidens roll som den nu viktigaste orsaken till lavdöd.

Ett stort antal författare har jämfört aktuella svaveldioxidhalter med den befintliga lavfloran. Några undersökningar som bör nämnas i sammanhanget är inventeringen i Stockholm (Skye 1968), i England och Wales (Hawksworth & Rose 1976), i Spanien (Crespo et al. 1981), och den från Göteborgsområdet (Arvidsson & Skoog 1984). Tilläggas bör dock att höga svaveldioxidhalter ofta följs av förhöjda halter också av andra luftföroreningar, varför man kan förvänta sig att få god korrelation med flera föroreningar som släpps ut från tätorter eller industrier. I många undersökningar handlar det alltså om statistiska samband snarare än att säkra orsakssamband klarlagts.

Många undersökningar har påvisat ett tydligt samband mellan luftens svaveldioxidinnehåll och lavfloras hälsotillstånd och sammansättning. Man vet också att andra föroreningar som fluorider, zink, kadmium och koppar har en negativ inverkan. Ett flertal undersökningar har visat samband mellan höga fluorhalter och lavdöd (LeBlanc et al. 1972, Gilbert 1972 samt Martin & Jacquard 1968, Eriksson 1966). Skalor har presenterats där olika arter visat sig försvinna i olika zoner kring fluoridutsläpp. Fluoridutsläpp orsakar definitivt lavdöd men är relativt ovanliga i Sverige.

Höga halter av kväveföreningar i luften ger också mycket tydliga förändringar av lavfloran. På näringsrika substrat som ädellövträdsbark förekommer ett antal arter

som inte trivs på mer näringsfattiga substrat. Dessa arter är mer eller mindre beroende av kväveinnehållande näringsämnen. Tillförseln av näringsämnen från omgivningarna, t.ex. dammpartiklar från en väg eller åker kan också påverka lavar- nas förekomst, vilket ofta innebär att andelen kvävegynnade lavar ökar. Detta kan i viss mån störa utvärderingen av en inventering då lavarna p.g.a. ”damm- gödsling” ibland uppträder på fel substrat.

I områden med höga halter av kväveföreningar förekommer kvävegynnade lavar på substrat som normalt inte erbjuder tillräckliga mängder näring. Ökad tillgång på kväve innebär här att arten trots allt överlever på sitt ”ovana” underlag, t.ex. rikbarksarter på fattigbarksträd, grönalger på husväggar etc. Detta fenomen kan iaktas i större städer där trafikens utsläpp av kväveoxider gör att kvävegynnade och föroreningstålga lavar förekommer på substrat som arterna normalt inte lever på. Ökade halter av ammoniakkväve i jordbruksområden kan också ge upphov till att kvävegynnade arter koloniserar nya substrat. Kväveoxidernas giftighet för lavar vet man ännu inte så mycket om, men är troligen viktig nu när svaveldioxidhalterna minskat kraftigt.

Även ozon har visat sig påverka vissa lavar genom att ha en försvagande effekt på algekompontens fotosyntes. Påverkan av ozon har visat sig hos bl.a. skrynkellav *Parmelia sulcata* (Nash & Sigal 1979) och getlav *Flavoparmelia caperata* (Ross & Nash 1983). Däremot har ozonprov på lunglav inte visat någon påverkan på vare sig fotosyntes eller kvävefixering (Sigal & Johnston 1986). Detta försök visade dock att kvävefixeringen upphörde vid en sänkning från pH 5,6 till pH 2,6 och att fotosynteshastigheten då minskade med upp till 90%. Den försurade nederbörden kan alltså även den skada vissa lavar.

Hur visar sig skador på lavar och lavvegetation?

Lavarna eller lavvegetationen indikerar yttre påverkan av luftföroreningar genom:

- Vitalitetsnedsättning: Visar sig i form av dvärgväxt, deformationer, ökad mottaglighet för infektioner m.m.
- Fertilitetsnedsättning: Den sexuella förökningen genom sporer från fruktkroppar minskar vid ökad föroreningsbelastning. Arter som normalt sett är rikt fertila påträffas sällan eller aldrig med fruktkroppar i förorenade miljöer. Ett exempel är stadskantlaven *Lecanora conizaeoides*, som på landsbygden uppträder i en övervägande fertil form. I de allra mest föroreningspåverkade områdena dominerar en steril, sorediös form av laven (Degelius 1986).
- Substratbyte: Genom att växtsubstratet i vissa förorenade områden under lång tid påverkats av sura ämnen har detta förändrats så att helt andra arter än de för substratet normala påträffas. I starkt förorenade stadsmiljöer har ofta ädel- lövträden en lavflora som normalt hör hemma på trädslag med sur bark som t.ex. björk, gran eller tall.

- Ökad frekvens av svampangrepp (av t.ex. lavdödarsvampen): Under senare år har lavdödarsvampen *Athelia arachnoidea* blivit allt vanligare, och dess karakteristiska vita fläckar/ringar på trädstammarna är kännetecknande för städernas epifytflora. Att svampen kan vara en bidragande orsak till städernas lavökningar är en hypotes som behandlats av Arvidsson (1979).
- Minskning av artantalet: Många vanliga men känsliga arter försvinner i anslutning till förorenade områden och utsläppskällor, vilket leder till att det totala artantalet minskar.
- Minskad täckningsgrad: De flesta arter minskar i täckningsgrad i anslutning till förorenade områden och utsläppskällor.
- Lavdöd: Känsliga arter dör redan i svagt förorenade områden, men i starkt förorenade miljöer försvinner också tåliga lavar. De olika arternas varierande känslighet för föroreningar gör det möjligt att konstruera lavskalor som i relativa mått anger graden av föroreningar.
- Missfärgning: När lavar skadas av luftföroreningar färgas de först röda och blir därefter vita innan de slutligen faller av sitt växtsubstrat. Det är troligt att de är döda redan när missfärgning kan iakttas.
- Ökning av tåliga/gynnade arter: vissa lavar är tåliga eller kanske till och med gynnade av vissa luftburna föroreningar och har således visat sig öka i frekvens i förorenade områden. Ökningen kan möjligen också förklaras genom att konkurrensen med andra arter minskar.

Referenser

- Arnold, F. 1891-1901: Zur Lichenenflora von München. 1-6. München.
- Arvidsson, L. 1979: Svampangrepp på lavar - en orsak till lavöken. *Svensk Bot. Tidskr.* 72: 285-292.
- Arvidsson, L. & Skoog, L. 1984: Svaveldioxidens inverkan på lavfloran i Göteborgsområdet. *Svensk Bot. Tidskr.* 78: 137-144.
- Crespo, A., Barrena, E., Sancho, L. G. & Bueno, A. G. 1981: Establecimiento de una red de valoración de pureza atmosférica en la provincia de Lugo (España) mediante bioindicadores liquenicos. *Lazaroa* 3: 289-311.
- Degelius, G. 1986: The Lichenflora of the island of Anholt, Denmark. *Acta Reg. Soc. Scient. et Litt. Gothoburg, Bot.* 3: 1-60. Göteborg.
- Eriksson, O. 1966: Lavar och luftföroreningar i Sundsvallstrakten. Växtbiologiska Institutionen, Uppsala Universitet (intern rapport).

- Gilbert, O. L. 1972: The Effect of Airborne fluorides. I: Ferry, B. W., Baddeley, M. S. & hawksworth, D.L. (utg.): Lichens and Air Pollution: 299-313. London.
- Grindon, L. H. 1859: The Manchester flora. W. White. London.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F. 1976: Lichens as pollution monitors. Studies in biology 66. London.
- Leblanc, F., Rao, D. N. & Comeau, G. 1972: Indices of atmospheric purity and fluoride pollution in Arvida, Quebec. Can. J. Bot. 50: 991-998.
- Marti, J. 1982: Sensitivity of lichen phycobionts to dissolved air pollutants. Can. J. Bot. 61: 1647-1653.
- Martin, J. F. & Jaquard, F. 1968: Influence des fumées d'usines sur la distribution des lichen dans la vallée de la Romance (Isère). Pollut. Atmos. 10: 95-99.
- Nash, T. H. III & Sigal, L. L. 1979: Gross photosynthetic response of lichens to short term ozone fumigations. The Bryologist 82: 280-285.
- Nylander, W. 1866: Les lichens du Jardin du Luxembourg. Bull. Soc. Bot. Fr. 13: 364-372.
- Ross, L. J. & Nash, T. H. III 1983: Effect of ozone on gross photosyntetis of lichens. Envir. exp. Bot. 23: 71-77.
- Sernander, R. 1926: Stockholms natur. Staden och vegetationen: 160-163. Uppsala.
- Sigal, L. L. & Johnston J. W. Jr 1986: Effects of Acidic rain and ozone on nitrogen fixation and photosynthesis in the lichen *Lobaria pulmonaria* (L) Hoffm. Env. Exp. Bot. Vol. 26: 59-64.
- Skye, E. 1968: Lichens and Air Pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. Acta Phytogeogr. Suec. 52.
- Wilson, R. & Ashmore, M. H. 1993: Cortical levels for air pollutants. Department of the Environment. London UK. Report from av UNECE workshop 1992.

5 BILAGA 2 ANALYS AV LAVBILDER – DATA

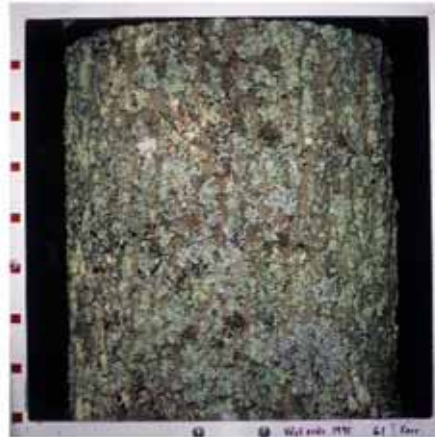
Träd nr	Trädtyp	Del-område	Känslighetsvärde 2001	Känslighetsvärde 2007	Kvävetal 2001	Kvävetal 2007	Täckningsgrad (%) 2001	Täckningsgrad (%) 2007
1	Landsbygdsträd	3	3,14	2,74	0,49	0,5	70	73
3	Landsbygdsträd	3	4,14	4,45	0,62	0,55	78	71
5	Landsbygdsträd	3	4	4,06	0,02	0,03	27	17
6	Landsbygdsträd	3	3,13	0	1,44	3	16	5
8	Landsbygdsträd	3	3,12	3,04	1,86	1,96	73	56
9	Landsbygdsträd	3	2,57	3,03	0,32	0,19	68	76
10	Landsbygdsträd	3	2,18	1,57	0,67	0,86	56	28
11	Landsbygdsträd	3	2,34	1,71	1,79	2,12	35	17
12	Landsbygdsträd	3	3,5	3,86	1,5	1,14	4	7
15	Landsbygdsträd	5	2	2,06	0,33	0,33	38	33
16	Landsbygdsträd	5	4,2	4,15	0,96	1,04	35	26
17	Landsbygdsträd	5	2,09	2	0,49	0,5	78	97
18	Landsbygdsträd	5	3,95	4,15	0,96	1,18	60	54
19	Landsbygdsträd	5	1,2	3,08	2,12	0,88	59,57	48
20	Landsbygdsträd	5	3,38	3,26	0,7	0,57	61	43
21	Landsbygdsträd	5	2,35	2,46	0,41	0,38	52	65
22	Landsbygdsträd	5	2,06	2,2	0,48	0,47	76,74	49,44
23	Landsbygdsträd	5	4,29	4	0,5	0,5	82,98	41
24	Landsbygdsträd	5	3,25	3,33	0,61	0,69	55	48
25	Landsbygdsträd	4	2,59	2,41	0,4	0,35	71,58	34
26	Landsbygdsträd	4	2,76	2,78	0,6	1,01	62	54
27	Landsbygdsträd	4	3,46	3,64	1,09	1,18	53,33	44
28	Landsbygdsträd	4	4,73	4,02	0,5	0,5	59	43
29	Landsbygdsträd	4	4,37	4,08	0,5	0,5	30	12
30	Landsbygdsträd	4	2,86	3,05	1,71	1,96	14	39
31	Landsbygdsträd	4	2,23	2,37	0,16	0,17	79,31	70
32	Landsbygdsträd	4	2,16	2,38	0,4	0,33	31,25	37,65
33	Landsbygdsträd	4	2,04	2,2	0,01	0,03	69	44
35	Landsbygdsträd	4	2,16	2,11	0,45	0,43	51	56
36	Landsbygdsträd	4	3,83	4,33	0,54	0,61	24	9
37	Landsbygdsträd	2	4,52	4	0,68	0,53	31	16
38	Landsbygdsträd	2	2,89	3,2	0,5	0,5	59,78	49
39	Landsbygdsträd	2	3,41	2,18	0,1	0,39	34	22
40	Landsbygdsträd	2	2,11	2,12	0,01	0	36,36	33,33
41	Landsbygdsträd	2	4,28	4,65	0,56	0,53	54	46
42	Landsbygdsträd	2	2,79	3,29	0,21	0,15	48,1	42,5
43	Landsbygdsträd	2	1,94	2,1	0,16	0,15	85,56	50
44	Landsbygdsträd	2	1,98	2,08	0,41	0,48	46	52
45	Landsbygdsträd	2	4,06	4	0,78	0,6	47	60
47	Landsbygdsträd	2	2,84	2,97	0,46	0,48	88,54	73
61	Tätortsträd	1	2,68	2,94	0,48	0,64	41,3	35
65	Tätortsträd	1	1,81	1,85	0,12	0	53,06	39

66	Tätortsträd	1	1,84	2	0,58	0,3	41,57	55
67	Tätortsträd	1	1,44	1,22	0,15	0,08	36	50
68	Tätortsträd	1	2	2	0	0	9	4
69	Tätortsträd	1	1,8	1,54	1,75	1,9	30	50
71	Tätortsträd	1	1,7	1,72	0,28	0,28	43	47
73	Tätortsträd	1	0	0,03	3	2,96	83,75	69
74	Tätortsträd	1	1,22	1,25	1,18	1,17	85	64,71
75	Tätortsträd	1	0	3	0	2	0	48,98
76	Tätortsträd	1	2	2	0	0	56,25	23
77	Tätortsträd	1	1,33	0,39	1	1,83	30	23
78	Landsbygdsträd	2	3,19	3,87	0,39	0,26	39,71	60
79	Landsbygdsträd	3	3,14	2,87	0,5	0,51	49	60
80	Landsbygdsträd	4	2,31	2,3	0,66	0,95	18,18	20
81	Landsbygdsträd	5	2,04	2	0,49	0,5	77	72

6 BILAGA 3 EXEMPEL PÅ FÖRÄNDRINGAR



Träd 6 1995. Täckningsgrad 44%



Träd 61 1995. Täckningsgrad 69%



Träd 6 2001. Täckningsgrad 16%



Träd 61 2001. Täckningsgrad 41%



Träd 6 2007. Täckningsgrad 5%



Träd 61 2007. Täckningsgrad 35%

**Ingår i Länsstyrelsen rapportserie
ISSN 0284 - 8813**

**Har du frågor, önskar fler exemplar m m, kontakta
Länsstyrelsen i Västmanlands län, 721 86 Västerås
Tel 021-19 50 00 | Fax 021-19 51 35 | E-post länsstyrelsen@u.lst.se
www.vastmanland.lst.se**