

# LAVAR OCH LUFTKVALITÉ

– Uppföljning av lavfloran i Blekinge län 2008



Andreas Malmqvist  
Naturcentrum AB 2008



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	2
Inledning	3
Syften	3
Metodik	3
Trädslag och lokala betingelser	5
Fotodokumentation	5
Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar	6
Känslighetsvärde, K-värde	7
Kvävetal, N-tal	7
Täckningsgrad	8
Resultat	9
Känslighetsvärde och täckningsgrad	10
Medelkvävetal	11
Jämförelser med andra regioner	12
Diskussion	13
Medelkänslighetsvärde och täckningsgrad	13
Medelkvävetal	15
Litteraturförteckning	16
Bilaga 1. Analys av lavbilder – Data	16
Bilaga 2. Lavar och luftföroreningar	18

# SAMMANFATTNING

Denna rapport redovisar resultatet från en återinventering och uppföljning av lavfloran i Blekinge län på uppdrag av Blekinge luftvårdsförbund. Den första undersökningen genomfördes 2003 och under 2008 har en första återinventering genomförts. Under 2008 återbesöktes 26 träd fördela på sex olika och väl spridda lokaler i länet. En av lokalerna, Horsaryd, ligger i en mer föroreningsbelastad miljö vid Karlshamn, i anslutning till E22 och väg 29, medan övriga är spridda på landsbygden.

Syftet har varit att:

- undersöka och beskriva eventuella skillnader hos lavfloran i olika områden med varierande föroreningsbelastning.
- fungera som ett kontrollprogram för epifytiska lavar där återhämtning respektive försämringar övervakas.
- vid behov utgöra underlag för fysisk planering och för att se om vidtagna åtgärder mot luftföroreningar ger effekter i miljön och på lavfloran.

Resultatet visar inte på några stora förändringar jämfört med tidigare undersökningstillfälle. En viss förbättring har dock skett för lavfloran på de perifera tätortsträden vid Horsaryd (Karlshamn) vars genomsnittliga täckningsgrad ökat från 26% till 31%. Den ökade täckningsgraden kan bero på en allmän återhämtning av lavfloran i Karlshamnsområdet. Förbättringar har även visat sig genom en minskad kvävepåverkan på lavfloran på denna lokal. Vi kan inte se några tydliga skillnader på lavfloran i Horsaryd jämfört med träden på landsbygden trots att vi förväntat oss en större påverkan i anslutning till de trafikerade vägarna vid Karlshamn.

Samtliga undersökta träd, både i Horsaryd och på landsbygden, visar på en måttligt påverkad lavflora. Detta är tämligen förvånande när det gäller landsbygdsträden som i vanliga fall endast har en svag eller inte alls påverkad lavflora. Ett intressant och möjligen oroande resultat från undersökningen är att lavfloran på landsbygdsträden i Blekinge är tydligt mer utarmad jämfört med andra undersökta områden. Vad detta beror på vet vi inte. Möjligen har lavfloran tidigare varit kraftigt utarmad och återhämtningen efter den minskade föroreningsbelastningen de senaste årtiondena kanske går långsammare i regioner med relativt torrt och nederbördsfattigt klimat.

# INLEDNING

Många lavar är känsliga för luftföroreningar. Om lavarna har tydliga skador, om antalet arter är lågt eller om lavar helt saknas så är detta en allvarlig, negativ miljösignal. En starkt utarmad lavflora kan också signalera att skador eller påverkan kan förväntas även på andra organismer och biologiska system. Mer om lavar och luftkvalité finns att läsa i bilaga 2.

Projektet lavar och luftkvalité genomfördes för första gången 1986/1987 då en omfattande inventering genomfördes i ett flertal kommuner i Västsverige (Hultengren 1987, Hultengren & Stenström 1988). Därefter har omfattningen ökat och idag ingår ett stort antal kommuner, länsstyrelser, företag och andra intressenter i undersökningen. Efterhand har lokalerna återinventerats och vi har kunnat följa utvecklingen hos lavfloran på ett stort antal lokaler.

Denna undersökning med återinventeringar av lavfloran på träd i Blekinge län har genomförts på uppdrag av Blekinge luftvårdsförbund. Den genomfördes för första gången i Blekinge län år 2003 (Malmqvist 2003) och omfattade 30 träd fördelade på sex lokaler. Fältarbete, bildtolkning, analys av data och rapportering har utförts av Andreas Malmqvist Naturcentrum AB.

## Syften

- Att undersöka och beskriva eventuella skillnader hos lavfloran i olika områden med varierande föroreningsbelastning.
- Att fungera som ett kontrollprogram för epifytiska lavar där återhämtning respektive försämringar övervakas.
- Att vid behov utgöra underlag för fysisk planering och för att se om vidtagna åtgärder mot luftföroreningar ger effekter i miljön och på lavfloran.

## METODIK

Metoden omfattar träd i tre typer av miljöer med olika föroreningsbelastning: "Referensträd", "Perifera tätortsträd" och "Centrala tätortsträd". Referensträden utgörs av träd på landsbygden där den förväntade föroreningsbelastningen är låg (Figur 1). De används för att se om eventuella förändringar av lavfloran beror på storskalig extern påverkan. I Blekinge är de väl fördelade i länet och återfinns på fem lokaler i anslutning till redan befintliga platser för depositions-mätningar. Dessa är Kallgårdsmåla, Vång, Hjärtsjömåla, Björkefall, samt Ryssberget. Depositionsmätningar i Björkefall har dock upphört efter senaste lavundersökningen.

Träd i kategorin "Perifera tätortsträd" utgörs av träd i utkanter av större tätorter, utmed måttligt till hårt trafikerade vägar eller i andra föroreningsbelastade miljöer utanför centrala tätorter. (Figur 2). Vid undersökningen år 2003 benämndes dessa träd "vägträd" men kallas alltså nu för perifera tätortsträd. I denna undersökning återfinns de i Horsaryd i anslutning till E22 korsning med väg 29 norr om Stillerydshamnen och nordväst om Karlshamn stad. "Centrala tätortsträd" är främst träd i mycket föroreningsbelastade miljöer, ofta i tätbebyggda områden. Centrala tätortsträd ingår inte i denna studie.



Figur 1. Hjärtsjömåla, miljö för referensträd. Referensträden ska stå öppet och inte vara direkt utsatta för luftföroreningar från starkt trafikerade vägar, industrier mm.



Figur 2. De så kallade "Perifera tätortsträden" finns i tämligen föroreningsbelastade miljöer som till exempel städernas ytterkanter. På bilden syns vägen mot Oljehamnsvägen i Karlshamn.

Av de ursprungliga 30 träden har 3 träd avverkats eller blåst ner. Ett träd har dessutom blivit olämpligt eftersom det använts som ”anslagstavla”. Det innebär att 26 träd ingår i jämförelsen med resultatet från inventeringen år 2003. För att kompensera trädförlusten har 4 nya träd fotograferats för kommande uppföljningar. Samtliga lokaler har valts ut i samråd med Blekinge Luftvårdsförbund.

Tabell 1. Antal träd och trädslagsfördelning på de träd som jämförs mellan år 2003 och 2008. Siffrorna inom parentes visar träd och trädslagsfördelning efter 2008 års kompletteringar av träd som avverkats eller på annat sätt saknas jämfört med år 2003. De kompletterade träden (4 stycken) analyseras inte i denna studie utan först vid kommande uppföljningar.

Trädtyp	Antal träd	Björk	Ek
1. Perifera tätortsträd (Horsaryd)	4 (5)	2 (3)	2 (2)
2. Referensträd	22 (25)	14 (16)	8 (9)
<b>Totalt</b>	<b>26 (30)</b>	<b>16 (19)</b>	<b>10 (11)</b>

## Trädslag och lokala betingelser

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

Vid studier av kvävepåverkan är det av stor vikt att träden har så likartad bark som möjligt. Lavarerna på träd med näringsrik bark är olika de som finns på träd med näringsfattig bark. Samma trädslag, t ex björkar, har däremot en mycket förutsägbar lavflora.

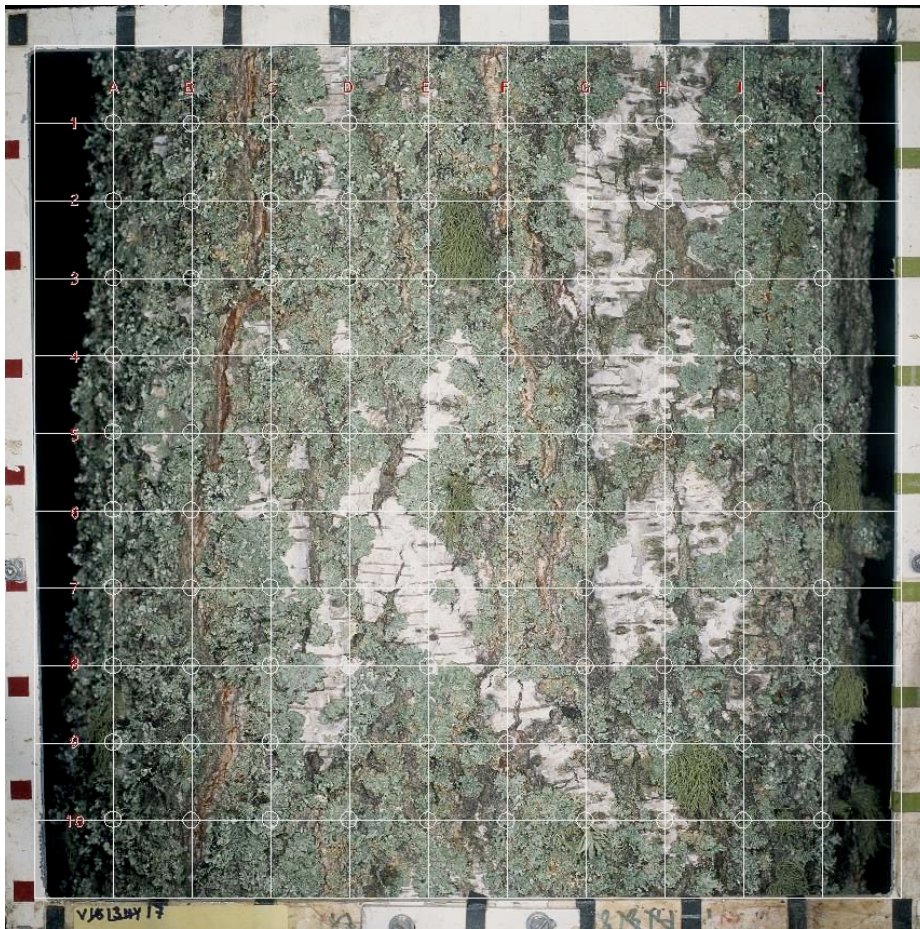
Detta har stor betydelse om undersökningen baseras på ett slumpmässigt urval träd som vid en kommande uppföljning jämförs med ett nytt slumpmässigt urval av träd. Det är dock av mindre betydelse när man återupprepar jämförelser av samma träd, vilket är fallet i denna studie. Vi har eftersträvat träd med medelrik – fattig bark som finns hos ek och björk.

## Fotodokumentation

Vid inventeringstillfället har provträden fotograferats. Fotopunkten på trädstammen har märkts med en skruv och samma punkt har varit utgångspunkt vid båda fototillfällena. Fotografierna från 2003 är tagna med en Olympus kompaktdigitalkamera (5,0 megapixel). Vid återinventeringen 2008 har provträden fotograferats med digital systemkamera Nikon D80 (10,2 megapixel) med ett objektiv med brännvidd 24 mm (AF Nikkor 24mm, 1:2.8 D). Framför kameran finns en 40 x 40 cm ram monterad, vilken har placerats mot trädstammen vid fotograferingen. Denna ram avgränsar den yta på trädstammen som analyseras med avseende på lavar. En mer noggrann beskrivning av fotoram mm finns i Hultengren & Stenström (1988).

## Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar

Vid den första undersökningen 2003 utvärderades lavfloran genom att inventera samtliga lavar på trädstammarna från 0,5 till 2,0 m höjd (Malmqvist 2003). I den nu aktuella studien analyseras istället lavfloran från fotografier som utgör ett utsnitt av trädstammarna (se fotodokumentation ovan) från åren 2003 och 2008. Denna metod är mer noggrann men gör samtidigt att skalan för medelkänslighetsvärde och medelkvävetal förskjuts och att värdena i rapporten från 2003 inte stämmer överens med värdena från fotografierna. Därför har samtliga fotografier från 2003 nu analyserats på samma sätt som fotografierna från 2008. Vid analysen användes ett bildhanteringsprogram (CANVAS X) där 100 cirklar placerades jämt fördelat över respektive bild (Figur 3). Kamerans ram, vilken syns i bildens ytterkanter, används för att kalibrera bildens storlek och för att avgränsa den yta som ska analyseras.



Figur 3. Genom att återkommande fotografera samma utsnitt av stammen kan lavfloran utveckling följas. Över de 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 gulgrå).

När en lav hamnar inom en cirkel noteras arten. Samtliga förekommande arter räknades om de med säkerhet kunde bestämmas till art eller i vissa fall släkte. Om flera arter syns i en ring räknas den art som täcker störst areal (dominerar).

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 antalet cirklar i bilden (100 st). Summan är alltså inget absolut ytmått



utan ett mått på artens relativa frekvens, men vi har valt att kalla detta för täckningsgrad. Summan kan också användas till att beräkna en eller flera arters minskning eller ökning från första till andra fototillfället genom att jämföra antalet träffar för respektive art.

## 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)

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 (k/träff) som utgör ett genomsnitt av de träffade (punkter) lavarnas känslighetsvärde. I känslighetsvärdet tas också hänsyn till de olika arternas frekvens på stammen. Värde kallas då medelkänslighetsvärde och används för att beskriva hur påverkad lavfloran på den aktuella trädstammen är (Tabell 3).

Tabell 3. Luftföroreningarnas påverkan på lavfloran jämfört med känslighetsvärde (k/träff).

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

## Kvävetal, N-tal

För att undersöka kväverika luftföroreningars påverkan på lavarna tilldelades alla arter ett kvävetal, N-tal (tabell 4). Indelningen är baserad på uppgifter i Wirth (1980). 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 på hur kvävegynnade lavar gynnas eller missgynnas. Vid höga halter av kväveföroreningar ökar kvävegynnade lavararter. I tätortsmiljön är det i huvudsak biltrafi-

ken som bidrar med kväveföreningar medan gödsel och näringsrikt damm från åkrar främst ger näring åt lavarna på landsbygden.

Tabell 4. Olika lavar tilldelas ett kvävetal mellan 0 och 3, 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 kväveföreningar 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 fattigbarksträd av mer kvävegynnade lavar därför att barken eller dess yta berikats med kvävehaltiga partiklar. Kvävetalen på fattigbarksträd avspeglar därför halten kväve i luften.

På rikbarksträd är kvävetalet ungefär lika högt i förorenad som i frisk luft (Hultengren och Larsson 1993). Det beror på att många rikbarkslavar är kvävegynnade (ex: rosettlavar *Physcia spp.*, dagglavar *Physconia spp.*, och väggglavar *Xanthoria spp.*, m fl). Om en jämförelse skall göras mellan olika lokalers medelkvävetal är det därför viktigt att känna till vilka trädslag som undersöks. Detta behöver vi dock inte ta någon hänsyn till i denna undersökning eftersom samma exakt samma träd som undersöktes vid första tillfället också undersöktes vid återinventeringen.

## Täckningsgrad

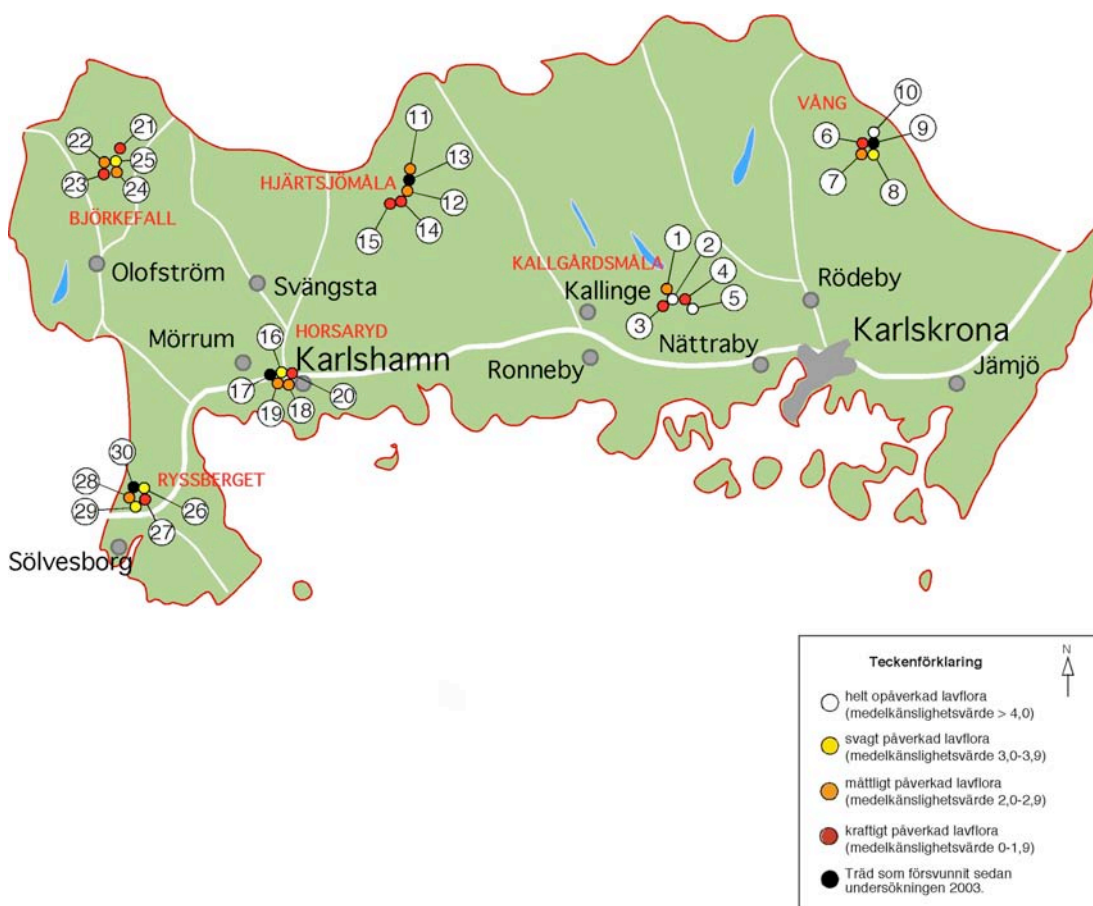
Lavflorans täckningsgrad på trädstammarna är ett rent kvantitativt mått och en kompletterande analys till framför allt medelkänslighetsvärdet. Medelkänslighetsvärdet tar inte hänsyn till hur mycket av trädstammen på bilden som lavarna täcker. Det innebär att en uppsättning lavar som ger ett medelkänslighetsvärde på 3,5 på en trädstam får samma värde även om hälften av förekomsterna försvinner, så länge förhållandet mellan arterna är detsamma.

Summan av alla ”räknade” arter ger en uppfattning om frekvensen (täckningsgraden) av samtliga eller olika lavar på bilden. Enbart en art kan förekomma i varje ring. Det innebär att summan av alla förekommande lavar på en bild inte kan överstiga antalet ringar i bilden (100). Summan är alltså inget absolut ytmått utan ett mått på den relativa frekvensen hos enskilda arter eller som ett mått på lavflorans utbredning på bilden generellt. Vi har valt att kalla detta mått för täckningsgrad. I denna undersökning har vi fokuserat på hela lavflorans täckningsgrad och inte på enskilda arter.

# RESULTAT

Vid presentation av resultaten har de sex lokalerna delats in i två grupper där fyra träd vid Horsaryd utgör perifera tätortsträd (vägträd i förra rapporten, Malmqvist 2003) och de resterande 22 träden utgör referensträd. Samtliga presenterade resultat baseras på fotografierna om inget annat nämns.

De undersökta träden i Blekinge län uppvisar en måttligt påverkad lavflora. Det finns data som talar för en viss förbättring för de perifera tätortsträden samtidigt som annan data från referensträden indikerar försämringar för lavfloran generellt. Ett trädets medelkänslighetsvärde kan som tidigare nämnts delas in i olika kategorier beroende på föroreningspåverkan (Tabell 3). De undersökta trädens geografiska fördelning i länet samt vilken medelkänslighetskategori de hamnar i redovisas på karta (Figur 4). Data för respektive träd återfinns i bilaga 1.



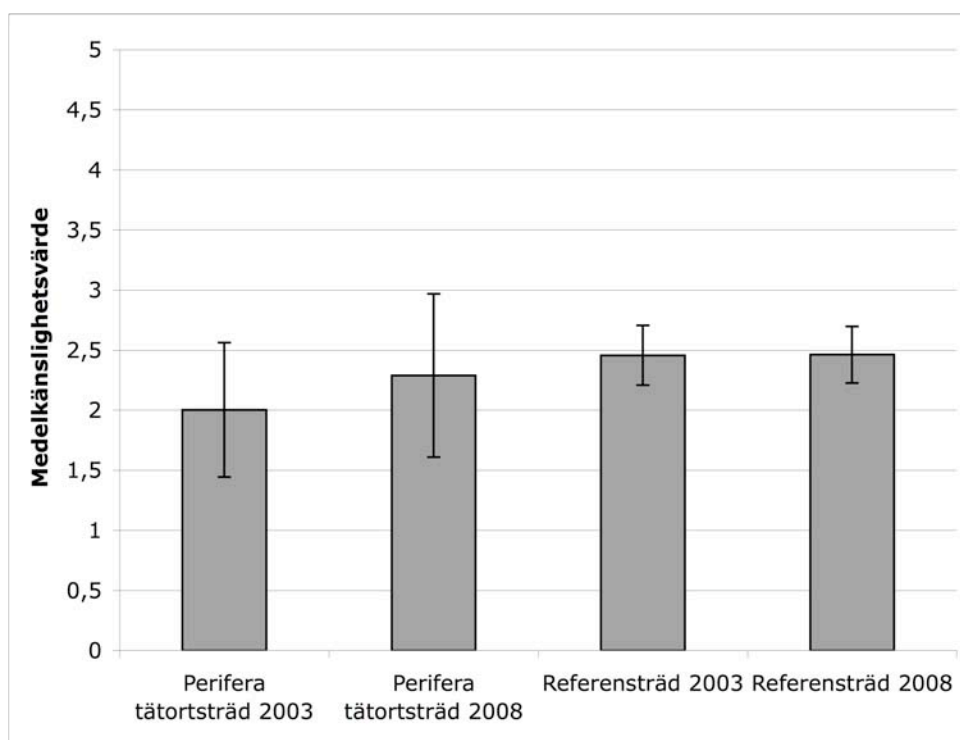
Figur 4. Geografisk fördelning av de undersökta träden i Blekinge samt medelkänslighetskategori för perifera tätortsträd (träd 26-30) respektive referensträd (övriga 22 träd) i samband med undersökningen 2008.

## Känslighetsvärde och täckningsgrad

När föroreningshalten ökar minskar antalet lavar och deras utbredning. De perifera tätortsträden i utkanten av Karlshamn förväntas vara mer påverkade av föroreningar (främst från biltrafiken) jämfört med referensträden på landsbygden och därför ha ett lägre medelkänslighetsvärde. Även om diagrammet (Figur 5) kan ge sken av en viss skillnad i medelkänslighet mellan de perifera tätortsträden och referensträden 2008 är denna skillnad inte statistiskt säkerställd (ANOVA  $p \gg 0,05$ ).

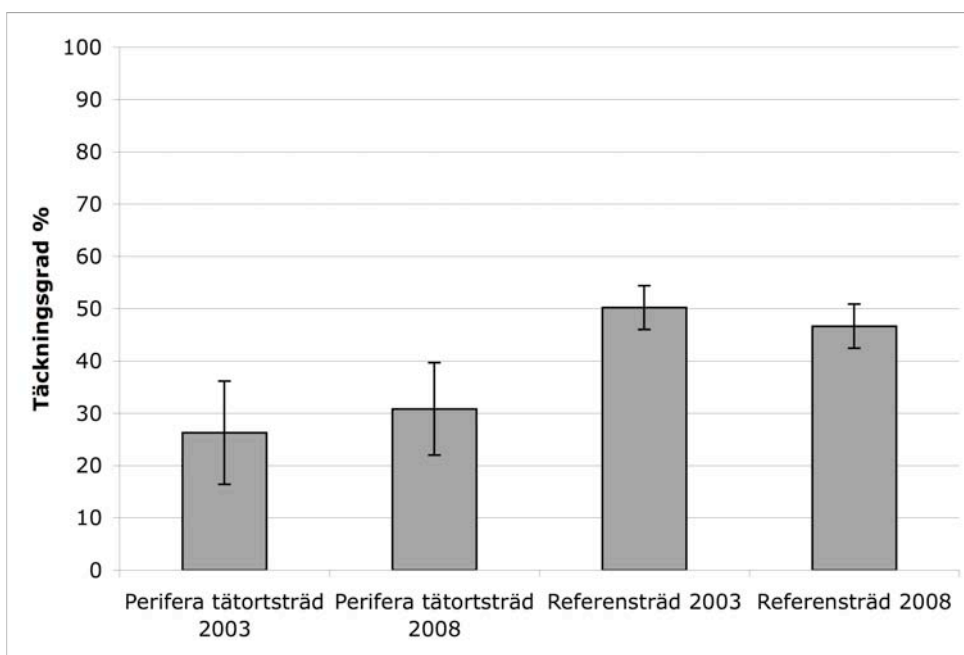
De perifera tätortsträden 2008 har ett medelkänslighetsvärde på 2,28 (Figur 5) vilket innebär en måttligt påverkad lavflora (Tabell 3). Lavfloran har ett högre medelkänslighetsvärde 2008 än 2003 men skillnaderna är små och det statistiska underlaget är alltför litet för att några slutsatser om förändringar ska kunna dras.

Medelkänslighetsvärdet för referensträden 2008 ligger strax under 2,5 (Figur 5) vilket det även gjorde 2003. Det indikerar, liksom för de perifera tätortsträden, att lavfloran är måttligt påverkad. Träd med en svagt eller helt opåverkad lavfloran ska ha ett medelkänslighetsvärde över 3 (Tabell 3).



Figur. 5. Medelkänslighetsvärdet 2003 och 2008 för perifera tätortsträd (4 träd) respektive referensträd (22 träd). Staplarna visas med standardfel.

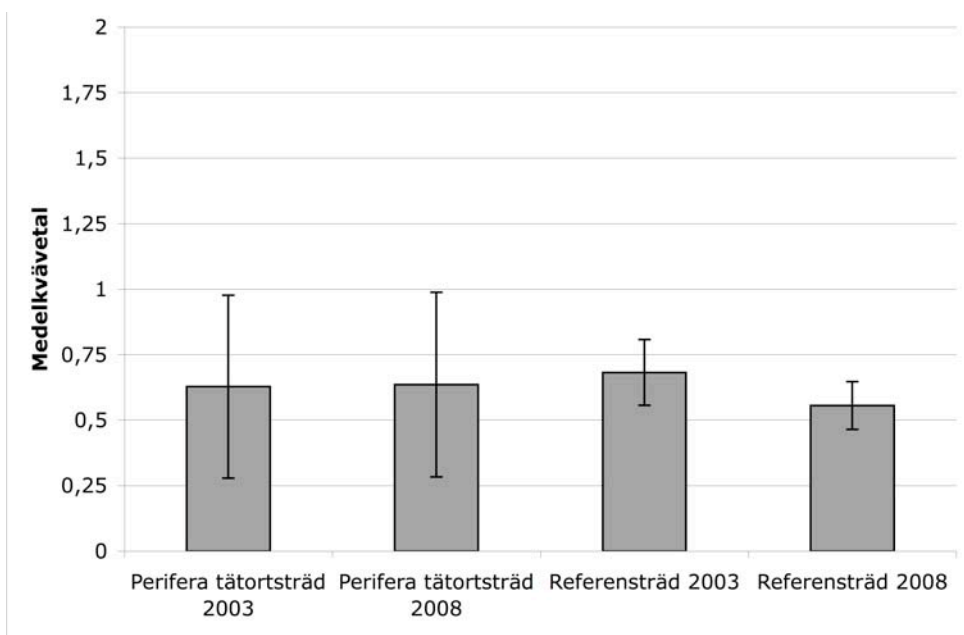
Det finns inte någon statistisk säkerställd skillnad i lavfloras täckningsgrad mellan de perifera tätortsträden och referensträden. För referensträden ligger täckningsgraden ungefär på samma nivå 2008 som vid undersökningen 2003 (Figur 6). En svag förbättring (t-test  $p < 0,05$ ) har dock skett för lavfloran på de perifera tätortsträden vars genomsnittliga täckningsgrad ökat från 26% till 31% (Figur 6).



Figur 6. Täckningsgrad 2003 och 2008 på perifera tätortsträd (4 träd) och referensträd (22 träd). Staplarna visas med standardfel.

## Medelkvävetal

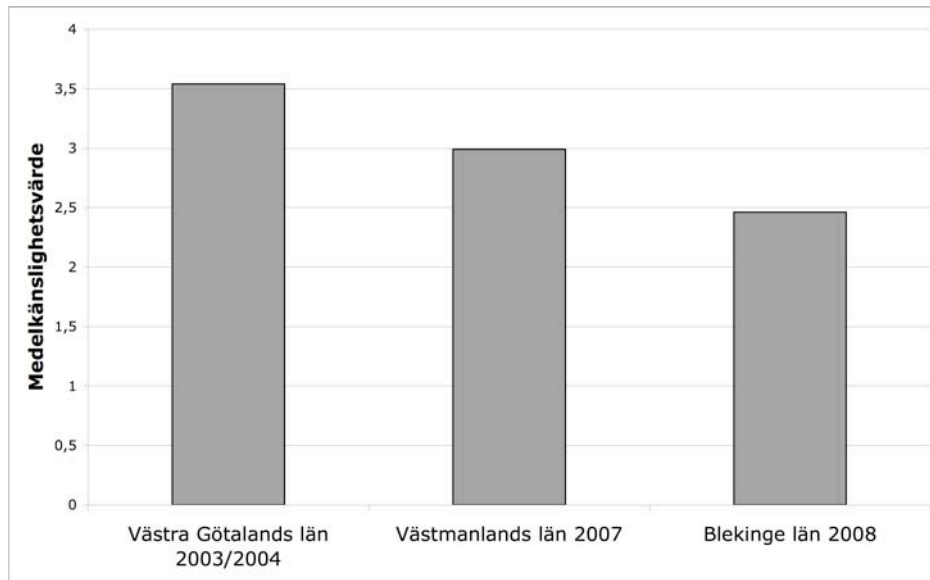
Medelkvävetalet visar hur kvävegynnade lavar gynnas eller missgynnas. Om utsläpp av kväveföreningar ökar kommer kvävegynnade lavar att öka i utbredning på bekostnad av andra arter. Det finns en indikation till ökning av medelkvävetalet för de perifera tätortsträderna mellan 2003 och 2008 men skillnaderna ryms inom felmarginalen. För referensträderna finns dock statistiskt signifikanta resultat som visar att medelkvävetalet blivit lägre (t-test  $p < 0,05$ ) med en minskning från 0,68 till 0,56 (Figur 7).



Figur 7. Medelkvävetalet 2003 och 2008 på perifera tätortsträd (4 träd) och referensträd (22 träd). Staplarna visas med standardfel.

## Jämförelser med andra regioner

Under 2000-talet har tre större undersökningar inom projektet "Lavar och luftföroreningar" som omfattar större regioner genomförts. Förutom Blekinge län har en inventering av sex kommuner i Västra Götalands län genomförts (Hultengren & Malmqvist 2004) liksom en inventering i Västmanlands län (Malmqvist 2008 manus).



Figur 8. Medelkänslighetsvärden på referensträd i Blekinge, Västra Götalands län och Västmanlands län (22+22+44 träd). Obs! Undersökningarna är genomförda under olika år.

En jämförelse av dessa undersökningar visar att lavfloran på referensträden i Blekinge län verkar vara mer påverkad än i de andra undersökta regioner (Figur 8). Skillnaden mot Västra Götalands län är signifikant (ANOVA  $p < 0,05$ ) medan skillnaderna gentemot Västmanlands län inte helt uppnår signifikans (ANOVA  $p = 0,064$ ). Samma tendenser sågs vid den tidigare undersökningen i Blekinge (Malmqvist 2003). När det gäller täckningsgrad och medelkvävetal kan inte några tydliga skillnader mot de andra lokalerna ses.

# DISKUSSION

Blekinge ligger i den östra delen av den region i södra Sverige som historiskt drabbats hårdast av luftföroreningar (bl a Nettelblad m fl 2006). Halterna av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) har dock kontinuerligt minskat i hela Sverige sedan 1980-talet. Efter en inledande kraftig minskning av halterna har det därefter skett en utplaning från mitten av 1990-talet (Sjöberg m fl 2006). Även kväveoxiderna (NO<sub>x</sub>) minskade under denna period. I samband med minskningen av svaveldioxid kunde tydliga förbättringar också påvisas hos lavfloran i Västra Götaland (bl. a. Gralen 2000).

## Medelkänslighetsvärde och täckningsgrad

Svavelnedfallet i Blekinge har visat på en kraftig minskning sedan 1986 med en utplaning sedan början av 2000-talet (Nettelblad m fl). Trots detta har ingen tydlig förändring av lavfloras medelkänslighetsvärde mellan 2003 och 2008 kunnat påvisas, varken för referensträden eller de perifera tätortsträden intill väg E22. Möjligen har en förbättring av lavfloran skett redan före den första lavundersökningen i Blekinge 2003. Med tanke på att medelkänslighetsvärdet på referensträden fortfarande är påtagligt lågt (ju lägre värde desto större påverkan på lavfloran) jämfört med andra undersökta områden hade det ändå varit väntat med en förbättring mellan 2003 och 2008.

Det finns ingen uppenbar förklaring till det låga medelkänslighetsvärdet och den uteblivna förbättringen. Lavar är beroende av vatten för sin tillväxt (bl a Wirth 1995) och en möjlig förklaring kan vara att Blekinge ligger i en tämligen nederbördsfattig region. Lavfloras återhämtning från tidigare perioder med hög föroreningsbelastning kan därför gå långsammare jämfört med mer nederbördsrika regioner som exempelvis Västkusten.

Trafikmätningar visar att trafikbelastningen på E22 är mycket stor i Blekinge med ca 10 000 fordon/årsmedeldygn (Tegnér 2007). Dessutom har antalet fordon på E22 genom Blekinge ökat med 34% från 1993 till 2006. På grund av detta förväntas de perifera tätortsträden i delområdet Horsaryd intill E22 (Figur 4) ha ett lägre medelkänslighetsvärde (dvs högre påverkan) samt en mindre täckningsgrad av lavar jämfört med referensträden på landsbygden. Detta indikerar också resultatet men skillnaderna är inte tillräckligt stora för att vara statistiskt säkerställda. Ett större antal provträd på lokalen vid Horsaryd kunde möjligen ha givit ett mer tydligt resultat. Ett träd har dessutom avverkats vilket innebär att resultatet från Horsaryd nu endast baseras på fyra träd.

Påverkan på lavfloran brukar vara som störst utmed vägar som kantas av höga byggnader där luften blir mer eller mindre stillastående. Då exponeras lavfloran av högra halter luftföroreningar under en längre tid. Vid Horsaryd är väg E22 tämligen vindexponerad och troligtvis sker ganska omgående en stor utspädning av biltrafikens luftföroreningar vilket kan vara en förklaring till att påverkan inte skiljer sig signifikant från referensträden. Träden vid Horsaryd står på ett avstånd av mellan 100 och 200 m från kraftigt trafikerad vägar (antingen E22 eller väg 29) vilket möjligtvis inte är tillräckligt nära för att vi ska kunna se någon tydlig påverkan på lavfloran utan att öka antalet undersökta träd.

Undersökningar av lavfloran i västra Götalands län och Västmanlands län de senaste åren har visat på oroväckande och en ej förväntade försämringar av lavfloras täckningsgrad (Malmqvist 2001, Andersson m fl 2004, Hultengren & Malmqvist 2004). Det har främst varit referensträden på landsbygden som visat på tydligast förändringarna med många

döende eller döda lavbålar. Liknande tillbakagångar av lavfloran har även noterats i Norge och där misstänks de senaste årens mycket kraftiga höstregn vara orsaken (Gauslaa 2002). Tillbakagången av lavar var där mycket drastisk och verkade främst drabba bladlavar och skorplavar. En tendens till minskning av täckningsgraden syns även på referensträden i Blekinge men förändringen är inte statistiskt säkerställd. På vissa träd har tillbakagången varit mycket påtaglig, men det finns samtidigt träd med kraftig tillväxt av lavfloran (Figur 9). Möjligen är minskningen inte så tydlig i Blekinge på grund av mer måttliga nederbörds mängder.

Den ökade täckningsgraden på träden i Horsaryd kan troligtvis tillskrivas en allmän återhämtning av lavfloran i området. Möjligen ser vi nu en långsam en återhämtning efter tidigare utsläpp och deposition av luftföroreningar i Karlshamnsområdet.



Figur 9. Skillnader i täckningsgrad mellan de båda undersökningstillfällena. Överst syns minskad täckningsgrad på träd 24 mellan (vänster år 2003, höger år 2008). Bilderna nederst visar på en ökad täckningsgrad på träd 14 (vänster år 2003, höger år 2008).



## Medelkvävetal

I stadsmiljöer är det främst luftburna kväveföreningar från trafik och andra föroreningskällor som påverkar kvävehalterna i luftmiljön. På landsbygden är påverkan från jordbruket ofta stor med utsläpp från stallar, påverkan från gödselspridning samt spridningar av näringsberikat ”damm” från åkermark. Depositionsmätningar i Blekinge mellan 1986/87 och 2006/07 visar inga tydliga trender för kvävedeposition i Blekinge, något som också gäller för övriga Götaland (Pihl Karlsson m fl 2008). På referensträden ser vi dock en minskning av andelen kvävegynnade lavar vilket resulterat i en sänkning av medelkvävetalet mellan 2003 och 2008. Om detta är en tillfällig förändring eller en mer långsiktig återstår att se. För de perifera tätortsträden finns ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan 2003 och 2008. Skillnader i påverkan mellan de undersökta åren är troligtvis så liten att vi inte kan detektera den. Kunskapsläget är ganska dåligt när det gäller hur giftiga kväveoxiderna egentligen är för lavar, men de utgör troligtvis ett hot nu när svaveldioxidhalterna minskat kraftigt.

# 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.
- Gralén, H. 2000. Lavar och luftföroreningar. Förändringar av lavfloran på trädstammar i tätorter och industriområden i Västra Götalands län. Länsstyrelsen i Västra Götalands län 2000:2.
- Hultengren, S. 1987: Lavarna och luften på Dal och i Trestad. Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1987:9.
- 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. Lavarna 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.
- Nettelblad, A., Westling, O., Akselsson, C., Svensson, A. & Hellsten, S. 2006. Luftföroreningar i skogliga provtytor – Resultat till och med september 2005. IVL Svenska miljöinstitutet AB.
- Pihl Karsson, G., Nettelblad, A., Akselsson, C., Karlsson, P. E., Kronnäs, V. & Malm, G. 2008. Övervakning av luftföroreningar i Blekinge 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 Nederbörds-kemiska nätet 2004 & 2005. För Naturvårdsverket. IVL.
- Tegnér, G. (red.) 2007. Upprusting av E22 till fyrfältsväg. Slurrapport. WSP.
- Wirth, V. 1980: Flechtenflora. Stuttgart.
- Wirth, V. 1995. Die Flechten Baden-Württembergs (Teil 1 & 2). Ulmer Verlag, Stuttgart.

# BILAGA 1. ANALYS AV LAVBILDER – DATA

Trädnr	Trädtyp	x-koordinat	y-koordinat	Träd	Känslighets- värde 2003	Känslighets- värde 2008	Kvävetal 2003	Kvävetal 2008	Täcknings- grad (%) 2003	Täcknings- grad (%) 2008
1	Referensträd	6238111	1478350	björk	3,1	2,63	0,43	0,34	30	19
2	Referensträd	6238073	1478444	ek	4,27	4,55	0,04	0,14	67	64
3	Referensträd	6238054	1478420	björk	1,82	1,77	0,79	0,88	19,8	15,29
4	Referensträd	6238110	1478604	björk	0,13	0,74	2,84	2,07	56,1	58,11
5	Referensträd	6237712	1479212	ek	4,75	4,22	0,5	0,73	4	32
6	Referensträd	6250643	1494345	björk	2,06	1,97	0,48	0,48	42,5	41,25
7	Referensträd	6249885	1494556	björk	2,11	2,11	0,47	0,46	53,5	50
8	Referensträd	6250352	1495344	ek	3,53	3,2	0,47	0,5	34	25
9	Referensträd	UTGÅTT	–	–	–	–	–	–	–	–
10	Referensträd	6250845	1495272	ek	4,41	4,75	0,43	0,45	51	51
11	Referensträd	6247574	1448254	björk	2	2,05	0,5	0,49	83,6	78,05
12	Referensträd	6247352	1448145	björk	2,53	2,27	0,33	0,06	65,4	48,81
13	Referensträd	UTGÅTT	–	–	–	–	–	–	–	–
14	Referensträd	6244624	1446501	björk	2	1,93	0,5	0,45	40,5	70
15	Referensträd	6244612	1446502	björk	2	1,98	0,5	0,49	38,8	45,56
16	Perifert tätortsträd	6229600	1437951	ek	3,27	3,74	0,64	0,52	52	53
17	Perifert tätortsträd	UTGÅTT	–	–	–	–	–	–	–	–
18	Perifert tätortsträd	6228688	1439026	björk	2,5	2	0,08	0	6	13
19	Perifert tätortsträd	6229096	1438471	ek	1,53	2,86	0,18	0,38	17	21
20	Perifert tätortsträd	6229704	1438838	björk	0,71	0,55	1,61	1,64	30,1	36,26
21	Referensträd	6252082	1423931	björk	1,3	1,86	1,38	0,55	54,4	35
22	Referensträd	6250351	1422432	björk	2,16	2,11	0,3	0,22	50	27
23	Referensträd	6250265	1422387	björk	2	1,96	0,5	0,48	59,4	74,75
24	Referensträd	6250267	1422828	björk	2,05	2	0,49	0,5	82	40,23
25	Referensträd	6250291	1422821	ek	2,12	2,42	0,5	0,5	34	24
26	Referensträd	6218530	1425108	ek	3,32	3,48	0,6	0,5	50	31
27	Referensträd	6218422	1425115	björk	0,72	0,58	1,4	1,25	74,2	55,21
28	Referensträd	6218370	1424998	ek	2,26	2,09	0,92	0,23	56,4	66
29	Referensträd	6218333	1424998	ek	3,4	3,48	0,63	0,45	57,8	75
30	Referensträd	UTGÅTT	–	–	–	–	–	–	–	–
31	Referensträd	6247380	1448197	björk	Nytt träd, ersätter träd 13.					
32	Referensträd	6252428	1495034	ek	Nytt träd, ersätter träd 9.					
33	Perifert tätortsträd	6227370	1439289	björk	Nytt träd, ersätter träd 17.					
34	Referensträd	6218762	1425446	björk	Nytt träd, ersätter träd 30.					

# BILAGA 2. 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 kolonisatorer på nyligen blottade bergytter skapar lavarna successivt förutsättningar för andra växters invandring genom att till viss del påskynda vittring och upplösning av bergets ytlager.

I förhållande till vanliga ”högre växter” anses lavarna vara enklare uppbyggda, och brukar räknas till de s.k. bälväxterna, 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 fruktkropps bildning 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, busklikkt eller hängande växtsätt, och är ofta finflikiga och/eller trådfina.

I Sverige finns ca 600 olika busk- och bladlavlar och ca 1 500 olika skorplavlar. 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 nåtts 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 bållytan är i förhållande till bålvolymen, desto känsligare är laven. Sålunda är utpräglat 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 skorplavlar, av vilka flarnlav *Hypocenomyce scalaris*, stadskantlav *Lecanora conizaeoides*, blågrå mjöllav *Lepraria incana* och trädgrönelav *Scoliciosporum chlorococcum* är mest kända, påträffas rikligt i förorenade storstadsområden. Dessutom påträffas trädgrönelager *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 möjligen 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 lavarnas förekomst, vilket ofta innebär att andelen kvävegynnade lavar ökar. Detta kan i viss mån störa utvärderingen av en inventering då lavarna p.g.a. "dammgödning" ibland uppträder på fel substrat.

I områden med höga halter av kväveföroreningar 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 iakttagas i större städer där trafikens utsläpp av kväveoxider gör att kvävegynnade och föroreningståliga 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 algkomponentens 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 riktiga 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 ädellövträden 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.

### **Litteraturförteckning**

- 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. *Lazarus* 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.
- Hallingbäck, T. 1991: Luftföroreningar och gödsling - ett hot mot blågrönalger och lavar med blågrönalger. Svensk Bot. Tidskr. 85: 87-105.
- 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 lichens dans la vallée de la Romance (Isère). Pollut. Atmos. 10: 95-99.
- Moberg, R. 1986: Lavar med svenska namn. Svensk Bot. Tidskr. 79: 221-236.
- 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 photosynthesis 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.
- Wirth, V. 1980: Flechtenflora. Stuttgart.