



NATURCENTRUM AB



# LAVAR OCH LUFTKVALITÉ

## BLEKINGE 2013

PÅ UPPDRAG AV  
BLEKINGE KUSTVATTEN OCH  
LUFTVÅRDSFÖRBUND  
2014

**Inventering, text och foto**

Naturcentrum AB 2014  
Strandtorget 3  
444 30 Stenungsund  
Tel. 0303-726160  
ncab@naturcentrum.se

**Projektansvarig:**

Andreas Malmqvist

**Fältarbete och rapport:**

Andreas Malmqvist & Jonas Lemel

**Beställare**

Blekinge läns kustvatten och luftvårdsförbund

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<i>Sammanfattning</i> .....	3
<i>Inledning</i> .....	4
Syften .....	4
<i>Metodik</i> .....	4
Trädslag och lokala betingelser .....	6
Fotodokumentation .....	7
Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar .....	7
Känslighetsvärde, K-värde .....	8
Kvävetal, N-tal .....	9
Täckningsgrad .....	10
Beräkningar och statistiska analyser .....	10
<i>Resultat</i> .....	11
Medelkänslighetsvärde .....	11
Medelkvävetal .....	12
Täckningsgrad och artantal .....	12
<i>Diskussion</i> .....	14
Medelkänslighetstal .....	14
Medelkvävetal .....	14
Täckningsgrad och artantal .....	15
<i>Litteraturförteckning</i> .....	16
<i>Bilaga 1. Lokaldata</i> .....	17
<i>Bilaga 2. Lavar och luftföroreningar</i> .....	18

# SAMMANFATTNING

Naturcentrum AB har under 2013 genomfört en återinventering av lavar på träd i Blekinge län. Inventeringarna har utförts på uppdrag av Blekinge läns kustvatten och luftvårdsförbund. Det huvudsakliga syftet har varit att med hjälp av lavar studera effekter och trender när det gäller luftföroreningar. En första inventering utfördes 2003 (Malmqvist 2003) med uppföljande inventering 2008 (Malmqvist 2008) och nu 2013. Under 2013 har materialet analyserats på ett nytt och mer vetenskapligt sätt vilket gör att jämförelser med andra områden ännu saknas.

*Lavar och luft:* Många lavar är känsliga för luftföroreningar, främst svaveldioxid. Under 1960- och 70-talen var halten svaveldioxid i luften mycket hög, främst i och kring större städer, och en omfattande lavdöd kunde då observeras även i Sverige. Genom att undersöka förekomsten av lavar på en plats kan man därför få en bild av luftföroreningsituationen. Halterna av svaveldioxid är idag förhållandevis låga.

*Lavar – indikatorer på förorenad luft:* För att kartera effekter av luftföroreningar med hjälp av lavar har indikatorvärden för känslighet och kvävepåverkan tagits fram. Utgående från dessa värden kan man få en bild av luftförorenings effekter i olika områden. Känslighetsvärdena visar förhållandet mellan lavar som är känsliga för luftföroreningar, och de som är mer toleranta. Ett kvävetal visar inslaget av kvävegynnade lavar och är alltså ett mått på kvävepåverkan. Täckningsgraden beskriver hur stor andel av den undersökta ytan på träden som är bevuxen med lavar och kan ses som ett komplement till medelkänslighetsvärdet. Även antalet arter registreras.

*Mer känsliga lavar på landsbygden:* Det finns en skillnad på lavfloran mellan landsbygden och den mer föroreningsbelastade miljön vid Horsaryd/Karlshamn. På landsbygden är medelkänslighetsvärdet högre vilket innebär en större andel föroreningskänsliga arter. Detta beror främst på omgivande och tämligen lokala utsläpp (industrier, båttrafik, bil- och lastbilstrafik mm). Den finns också en tendens till högre kvävetal i den föroreningsbelastade miljön men underlaget är för litet för säkra slutsatser.

*Fler arter på landsbygden:* Träden på landsbygden hyser signifikant fler arter än träden i den mer föroreningsbelastade miljön vid Horsaryd/Karlshamn. På landsbygden finns förutsättningar för både föroreningskänsliga arter och tåliga arter med många av de föroreningskänsliga arterna saknas i den mer föroreningsbelastade miljön.

*Inga stora skillnader över tid:* För landsbygdsträden har medelkänslighetsvärdena varit tämligen stabila under perioden (2003-2013) och dessa värden signalerar en ”svagt påverkad lavflora” enligt vår skala. Det finns dock tendenser till ett ökat antal arter på landsbygdsträden över tid, något som förhoppningsvis kan säkerställas vid kommande undersökningar.

# 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 fördelade på många platser i Sverige. 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 med uppföljning 2008 (Malmqvist 2003, 2008). Analysen har gjorts på ett annorlunda sätt än tidigare varför jämförelser med andra platser inte kan göras i dagsläget.

Några av träden från de tidigare undersökningstillfällena har avverkats eller blåst ner. För att kompensera detta har nya träd inventerats för kommande uppföljningar.

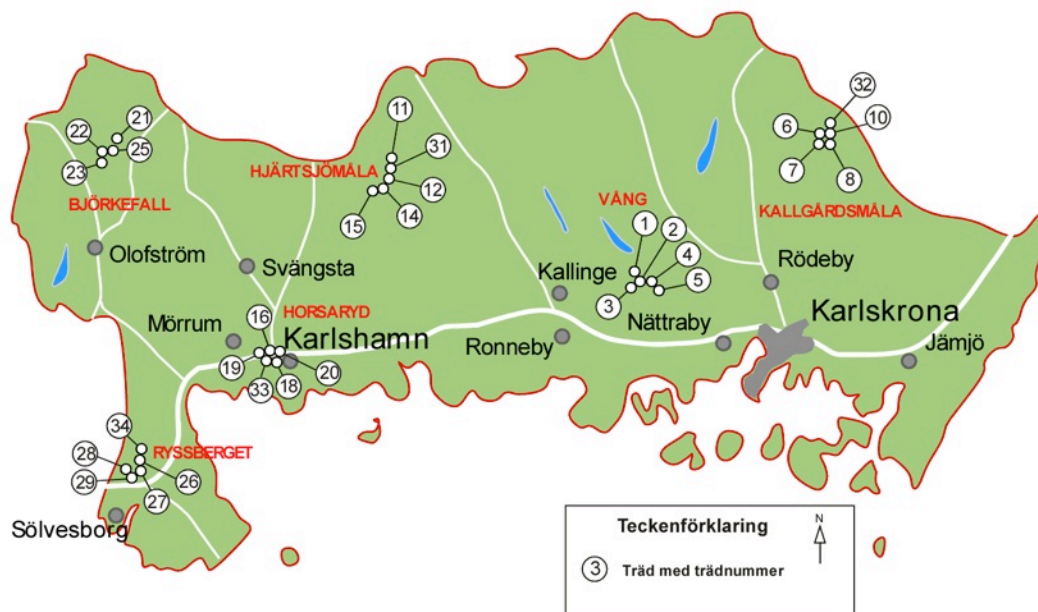
Fältarbete och bildtolkning och har utförts av Andreas Malmqvist AB medan den statistiska analysen har utförts av Jonas Lemel. Rapporten har sammanställts av Andres Malmqvist och Jonas Lemel, Naturcentrum AB

## 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

I grunden omfattar metodiken träd i tre typer av miljöer med olika föroreningsbelastning: "Landsbygdsträd", "Perifera tätortsträd" och "Centrala tätortsträd". "Centrala tätortsträd" är främst träd i mycket föroreningsbelastade miljöer, ofta i tätbebyggda och trafikerade stadsmiljöer. Centrala tätortsträd ingår inte i denna studie. Landsbygdsträden återfinns på fem lokaler i anslutning till befintliga eller tidigare platser för depositions-mätningar medan de perifera tätortsträden finns vid Horsaryd/Karlshamn (Figur 1).



Figur 1. Karta över de undersökta trädens geografiska fördelning i Blekinge.

Landsbygdsträden utgörs av träd på landsbygden där den förväntade föroreningsbelastningen är låg (Figur 2). De utgör en typ av referensträd och används för att se om eventuella förändringar av lavfloran beror på mer storskalig påverkan.



Figur 2. Hjärtsjömåla, miljö för landsbygdsträd. Träden ska stå öppet och inte vara direkt utsatta för luftföroreningar från starkt trafikerade vägar, industrier mm.

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 3). 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 (Figur X).



**Figur 3.** De ”Perifera tätortsträden” finns i mer föroreningsbelastade miljöer. På bilden syns trafik på Nya Tingsrydsvägen – Väg 29.

Av de ursprungliga 30 träden från 2003 finns 25 kvar 2013. Träd som har avverkats eller blåst ner har efterhand ersatts med nya träd till undersökningen. Fyra träd ersattes 2008 och ett träd ersattes under 2013. Samtliga lokaler har valts ut i samråd med Blekinge Luftvårdsförbund.

## 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 olika björkar, har däremot en ganska förutsägbar lavflora. Vi har endast inventerat ekar och björkar, träd med medelrik – fattig bark (Tabell 1). De framkallade diabilbilderna/digitala bilderna förvaras hos Naturcentrum AB, Stenungsund.

**Tabell 1.** Antal träd och trädslagsfördelning på de träd som jämförs mellan år 2003, 2008 och 2013.

År	Trädtyp	Antal träd	Varav björk	Varav ek
2003	Perifera tätortsträd (Horsaryd)	5	3	2
	Landsbygdsträd (Referensträd)	25	16	9
2008	Perifera tätortsträd (Horsaryd)	4	2	2
	Landsbygdsträd (Referensträd)	22	14	8
2013	Perifera tätortsträd (Horsaryd)	5	3	2
	Landsbygdsträd (Referensträd)	24	16	8

## Fotodokumentation

Vid inventeringstillfället har ett utsnitt av provträdens stam 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 har en 40 x 40 cm ram varit 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).

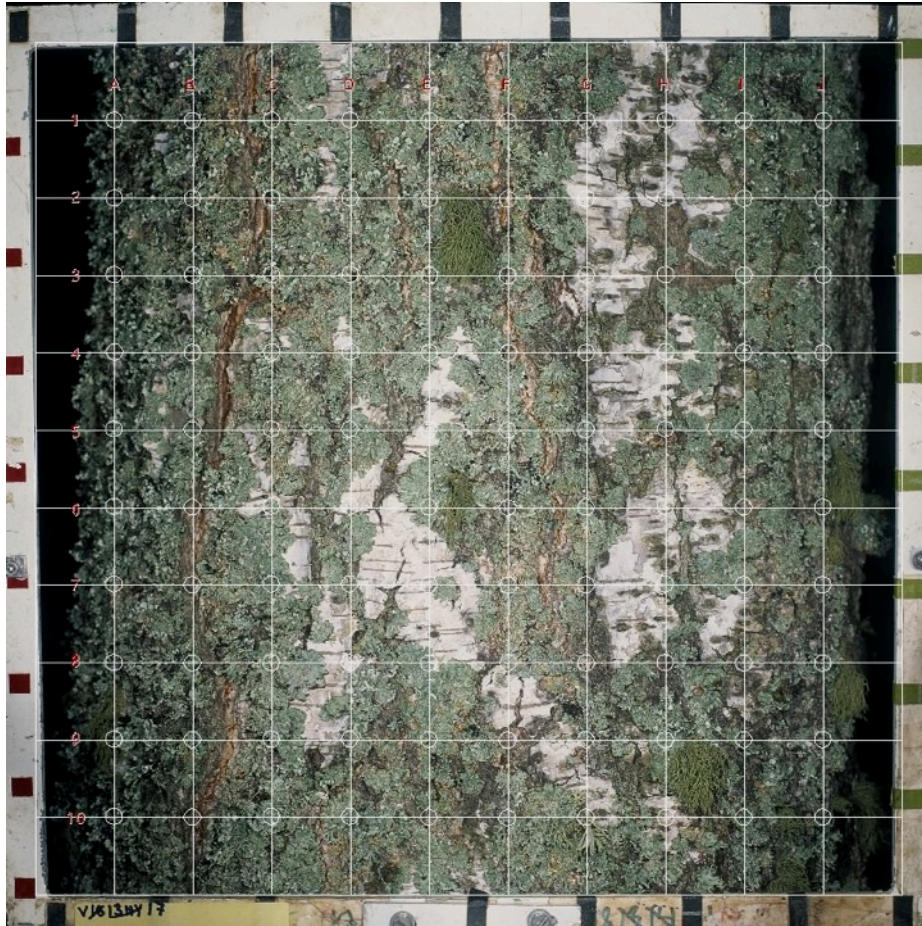
## Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar

Lavfloran på trädstammarna har för samtliga undersökta år analyserats utifrån fotografier. Vid analysen används ett bildhanteringsprogram där 100 cirklar placerades jämt fördelat över respektive bild (Figur 4). Kamerans ram, vilken syns i bildens ytterkanter, används för att kalibrera bildens storlek och för att avgränsa den yta som ska analyseras. Vid den första undersökningen 2003 utvärderades lavfloran genom att inventera samtliga lavar på trädstammarna från 0,5 till 2,0 m höjd (Malmqvist 2003). Fotografier togs dock även på trädstammarna 2003 och bilderna från detta år har vid de senare uppföljningarna analyserats på samma sätt som uppföljningarna 2008 och 2013.

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.





**Figur 4.** 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).

## 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 1 och 10. Ju högre K-värde en art har, desto känsligare är den för luftföroreningar.

**Tabell 2.** Känslighetstabell baserad på K-värde (känslighetsvärde)

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

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 de trädslag som används i denna undersökning. 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
>3-4	Svagt påverkad lavflora
>2-3	Påverkad lavflora
1-2	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 biltrafiken som bidrar med kväveföroreningar medan gödsel och näringsrikt damm från åkrar främst ger näring åt lavarna på landsbygden.

**Tabell 4. Olika lavar tilldelas ett kvävetal mellan 1 och 7, beroende på om de anses missgynnade eller gynnade av kvävepåverkan.**

N-tal	Kategori
7	mycket kvävegynnad
6	tämligen kvävegynnad - mycket kvävegynnad
5	tämligen kvävegynnad
4	något kvävegynnad - tämligen kvävegynnad
3	något kvävegynnad
2	ej kvävegynnad - något kvävegynnad
1	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 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 rimbarksträd är kvävetalet ungefär lika högt i förorenad som i frisk luft (Hultengren och Larsson 1993). Det beror på att många rimbarkslavar är kvävegynnade (ex: rosettlavar *Physcia spp.*, dagglavar *Physconia spp.*, och vägglavar *Xanthoria spp.*, m fl). Om en jämförelse skall göras mellan olika lokalers medelkvävetal är det därför viktigt att trädslag med liknande förutsättningar används i undersökningen.

## 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.

## Beräkningar och statistiska analyser

Medelkänslighetsvärdet (MK) och medelkvävevärdet (MN) är beräknade genom att för varje undersökt träd summera värdena för känslighet (K) respektive kväve (N) och dividera med antalet träffar. Arten i sig spelar här ingen roll utan bara dess värde. Trädets medelkänslighetsvärde och medelkvävetal har sedan använts i analyserna. Värdena har beräknats för samtliga träd i olika grupperingar t ex perifera tätortsträd, landsbygdsträd, trädslag och årtal.

Bearbetningarna av data har sedan utförts med GLM-analyser (Generalized Linear Model). Detta är en analysmetod som liknar linjär regression men som jämför många olika parameterdata samtidigt.

De statistiska analyserna baserar sig på de lavar som observerats med hjälp av metoden som beskrivs ovan, där de enskilda träden utgör ”samplingseenheterna”. Varje observerad lavart har ett känslighetstal (K) och ett kvävetal (N). Dessa används i analyserna på två olika sätt, antingen som rena medelvärden eller i kombination med de observerade arternas täckningsgrader.

För att kunna hitta eventuella samband mellan responsvariablerna (Y) och de olika förklarandevariablerna (X) analyserades datamaterialet med en Generell Linjär Modell (GLM), som är en kombination av varians- och regressionsanalyser. Denna visar om det finns statistiska skillnader mellan medelvärden och hur stor andel av variansen som de olika förklarandevariablerna bidrar med. Responsvariablerna utgörs sålunda av täckningsgrad, känslighetstal, kvävetal, känslighetsindex, kväveindex samt antalet observerade arter. Förklarandevariablerna består av typ = landsbygd eller perifera tätortsträd; zon = 1 – 7 där zonerna 4 och 7 är perifera tätorter och övriga zoner utgör landsbygdsområden, trädslag (ek och björk) samt inventeringsår (2003, 2008 och 2013) och deras samverkans-effekter.

Metoden (GLM) förutsätter att beroendevariablerna är normalfördelade. Dessa tillgodoses då analysen baserar sig på årsmedelvärden samt att F-testen är någorlunda robusta mot måttliga avvikelser från normalfördelningen.

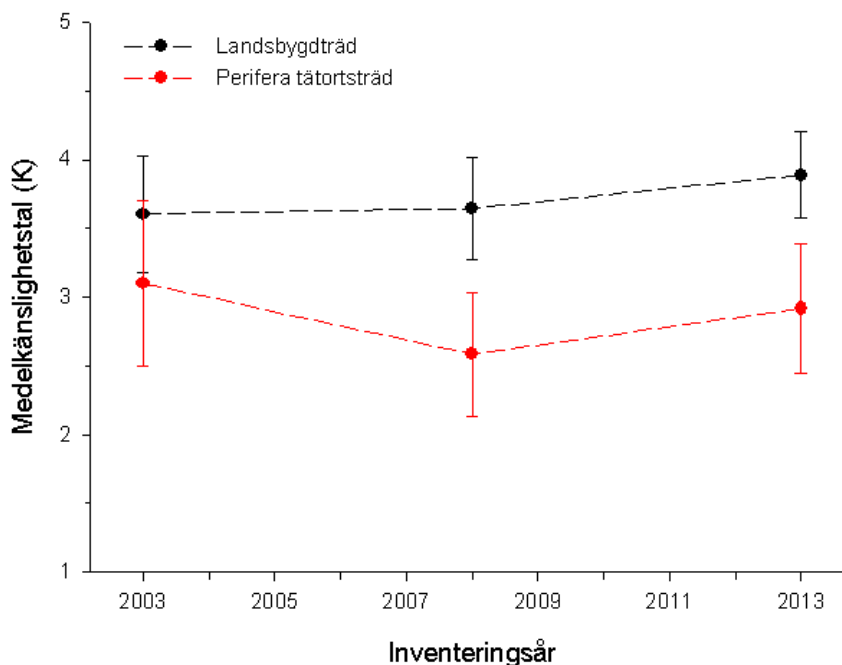
# RESULTAT

Vid presentation av resultaten har de sex lokalerna delats in i två grupper där träden vid Horsaryd utgör perifera tätortsträd och de resterande träden utgör landsbygdsträd. Samtliga presenterade resultat baseras på de fotograferade stamavsnitten. Man bör dock vara försiktig vid tolkningen av resultaten eftersom det finns ett beroende mellan känslighets-tal och kvävetal ( $r=-0,37$ ;  $p<0,001$ ). Det negativa sambandet innebär att om känslighetsta-len ökar så minskar kvävetalen.

## Medelkänslighetsvärde

Medelkänslighetsvärdet är ett mått på luftföroreningars påverkan på lavfloran. Ett högre värde innebär en större andel känsliga lavar och därmed en mindre påverkan från luftföroreningar. Analyser av medelkänslighetsvärdet visar att känsligare lavar är vanligare på trädstammar på landsbygden jämför med stammar i den mer föroreningsbelastade perifera tätorten (Figur 5). Det finns dock inga statistiskt signifikanta skillnader mellan åren. Möj-ligen kan en viss förbättring anas på både landsbygden och i den perifera tätorten mellan 2008 och 2013.

Träden på landsbygden har 2013 ett medelkänslighetsvärde på 3,89 vilket ligger på grän-sen mellan en svagt påverkad lavflora och en helt opåverkad lavflora (Tabell 3). De peri-ferä tätortsträden har 2013 ett medelkänslighetsvärde på 2,92 vilket i sin tur ligger i grän-sen mellan en påverkad och svagt påverkad lavflora (Tabell 3).

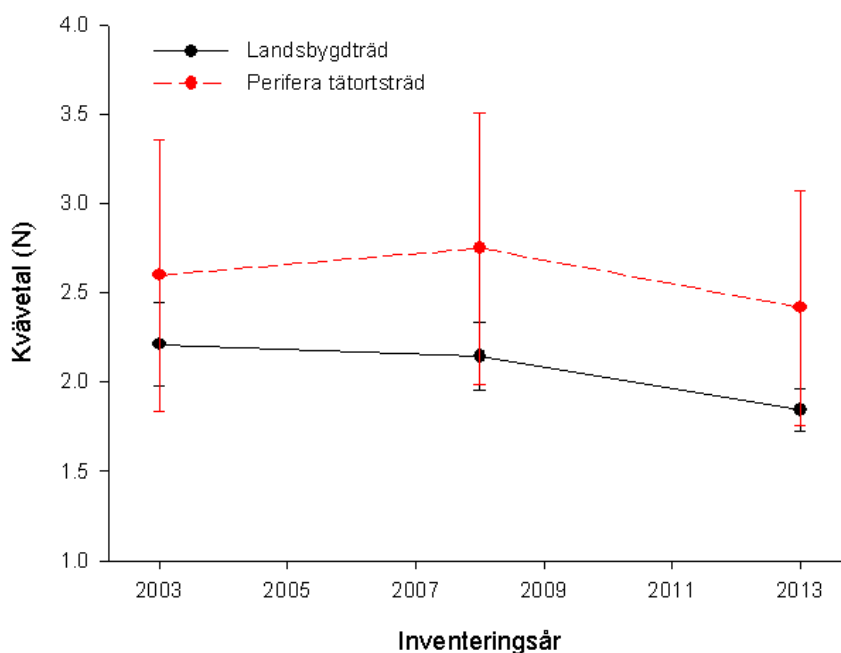


Figur 5. Medelkänslighetsvärde 2003 - 2013 för perifera tätortsträd och landsbygdsträden. Felstaplar visar standardfel (SE).

## Medelkvävetal

Medelkvävetalet visar hur kvävegynnade lavar gynnsats eller missgynnats. Kvävegynnade lavararter ökar i utbredning på bekostnad av andra arter om av kväveföreningar ökar. Landsbygden har 2013 ett medelkvävetal på 1,84 medan de perifera tätortsträden har ett medelkvävetal på 2,75. Analysen visar dock inte på några statistiska skillnader mellan perifer tätort och landsbygd och inte heller någon tydlig trend över åren (Figur 6).

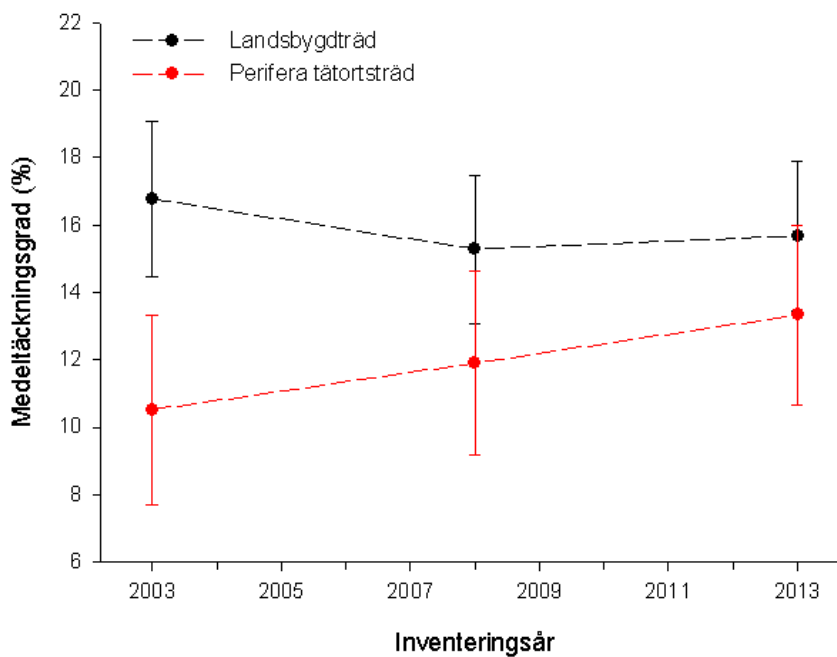
Det finns indikationer på fler kvävegynnade arter på de perifera tätortsträden samt tendenser till sjunkande medelkvävetal, åtminstone för landsbygdsträden. På grund av ett tämligen litet antal perifera tätortsträd finns en stor varians vilket medför svårigheter att statistiskt säkerställa resultatet.



Figur 6. Medelkvävetal 2003 - 2013 för perifera tätortsträd och landsbygdsträd. Felstaplar visar standardfel.

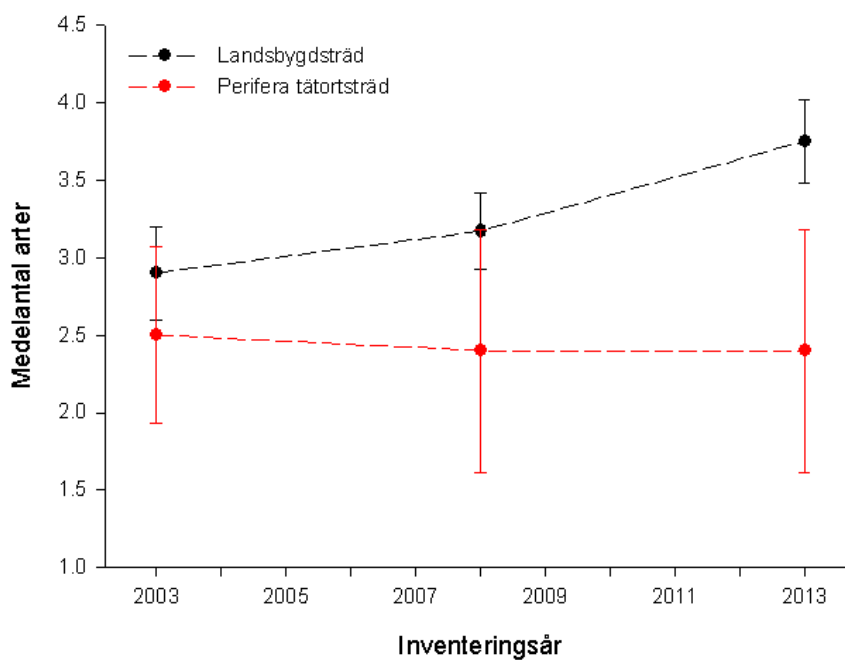
## Täckningsgrad och artantal

Hur stor andel av den undersökta stamytan som täcks av lavar (som kunnat artbestämmas) visas genom täckningsgraden. Täckningsgraden är tämligen stabil över tiden i båda miljöerna och det finns ingen statistisk säkerställd skillnad mellan de perifera tätortsträden och landsbygdsträden (Figur 7). Det finns dock en liten tendens till ökad täckningsgrad för de perifera tätortsträden.



**Figur 7.** Medeltäckningsgrad 2003 - 2013 för perifera tätortsträd och landsbygdsträd. Felstaplar visar standardfel (SE).

Undersökningen 2013 visar att det finns signifikant fler arter lavar på landsbygdsträden jämfört med de perifera landsbygdsträden. På landsbygdsträden har cirka 3,75 arter noterats medan bara knappt 2,5 arter noterats i snitt på de perifera tätortsträden (Figur 8). Det finns också en tendens till ökning av antalet arter på landsbygdsträden från 2003-2013 medan artantalen på de perifera tätortsträden ser mer stabila ut.



**Figur 8.** Genomsnittligt antal arter 2003 - 2013 för perifera tätortsträd och landsbygdsträd. Felstaplar visar standardfel (SE).

# DISKUSSION

Blekinge ligger i den östra delen av den region i södra Sverige en region som tidigare varit hårdast drabbad av luftföroreningar (bl a Nettelblad m fl 2008). Svavelnedfallet i Blekinge har visat på en kraftig minskning de senaste 30 åren. Mätningarna från det så kallade Krondroppsnätet (IVL) visar på en minskad svavelbelastning i Blekinge län från ca 20 kg/ha i mitten av 1980-talet till 2-3,5 kg/ha idag (Pihl Karlsson m fl 2012). Under perioden 1990-2010 har svavelutsläppen i Europa också minskat med cirka 80% enligt EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme). Motsvarande siffra för Sverige är 67%. I samband med minskningen av utsläppen av svaveldioxid har tydliga förbättringar av lavfloran i västra Sverige kunnat konstateras (Hultengren, Gralen & Pleijel 2004).

Även utsläppen av kväveoxiderna minskade under denna period med cirka 40% i Sverige men några påtagliga minskningar har inte kunnat påvisas vare sig i Sverige eller i Blekinge vid de mätningar som genomförts med bland annat krondropp (Pihl Karlsson m fl 2013, Pihl Karlsson m fl 2012). Det är fortfarande oklart varför det inte syns några minskningar vid mätningarna av kvävednedfallet.

## Medelkänslighetstal

Trots den påtagliga minskningen av svaveldioxid syns ingen tydlig förändring av lavfloras medelkänslighetstal mellan 2003 och 2013 varken för landsbygdsträden eller för de perifera tätortsträden intill väg E22. Den allra största minskning av svavelnedfall, både i Sverige och Blekinge, pågick till kring millennieskiftet 2000. Därefter har minskningstakten varit betydligt beskedligare även om svavlet fortfarande minskar (Pihl Karlsson m fl 2012). Sannolikt har en större återhämtning av lavfloran därför skett redan före den första lavundersökningen i Blekinge genomfördes 2003. Det finns svaga tendenser till öknings av medelkänslighetstalen för lavfloran men mätserien är ännu alltför kort och antalet träd, särskilt de perifera tätortsträden, för få för att några slutsatser ska kunna dras i detta skede. Medelkänslighetsvärdet är därmed tämligen stabilt vilket på små förändringar över tid.

Det finns en skillnad i påverkan på lavfloran mellan landsbygdsträden och de perifera tätortsträden. Lavfloran på landsbygdsträden har ett medelkänslighetsvärde som indikerar en ”svagt påverkad lavflora” enligt vår skala. Värdena ligger nära och en helt opåverkad lavflora och påverkan kommer i huvudsak från en idag tämligen liten bakgrundsbelastning. Lavfloran kan sannolikt ytterligare förbättras även om det får anses vara godtagbart redan nu. De perifera tätortsträden utmed E22 är dock mer påverkade och lavfloran har inte någon god status idag. Skillnaden i påverkan kommer sannolikt från en större belastning av närbelägna utsläppskällor såsom industrier och trafik.

## Medelkvävetal

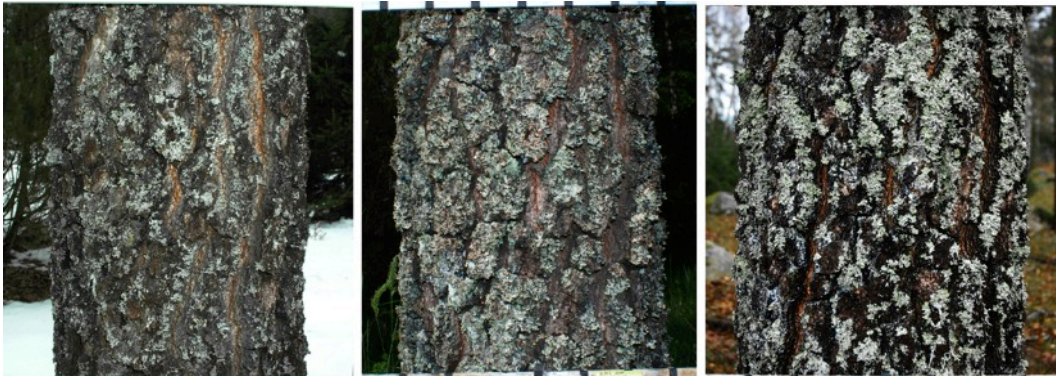
I och i anslutning till stadsmiljöer är det främst luftburna kväveföreningar från trafik, industrier och andra föroreningskällor som påverkar kvävehalterna i luftmiljön. På landsbygden är påverkan från jordbruket ofta stor med utsläpp från stallar, påverkan från gödselspridning samt spridningar av näringsberikat ”damm” från åkermark. Det finns också en kontinuerlig bakgrundsbelastning. Som tidigare nämnts visar depositions-mätningar i

Blekinge inga trender för ett minskat kvävedefall i Sverige eller Blekinge (Pihl Karlsson m fl 2012). Kunskapsläget är ganska dåligt när det gäller hur giftiga kväveföroreningarna egentligen är för lavar, men de kan vara ett hot nu när svaveldioxidhalterna minskat kraftigt. Mellan 2003 och 2008 finns tendenser till minskning av kvävetalen, dvs en minskning av andelen kvävegynnade lavar, på referensträden. Denna trend fortsätter även 2013 men minskningen är alltför liten för att den ska kunna säkerställas statistiskt. Det finns alltså indikationer att det går åt ”rätt” håll och förhoppningsvis kan fortsatta undersökningar ge mer tydliga svar.

## Täckningsgrad och artantal

Skillnader i täckningsgrad är ofta tydliga även för ett otränat öga (Figur 9) men täckningsgraden av lavar skiljer sig inte åt mellan landsbygdsträd och de perifera tätortsträden. Detta kanske inte heller är att förvänta stora skillnader eftersom även de mer föroreningståliga arterna breder ut sig på träden. I miljöer med liten föroreningsbelastning bör dock ett större antal arter med olika nischer tillsammans kunna täcka en större yta på trädstammen. I kraftigt förorenade miljöer kan man dock förvänta sig en påtaglig minskning av täckningsgraden eftersom det då handlar om att lavar helt och hållet försvinner i stället för att bytas ut mot mer föroreningståliga arter.

Det större antalet arter på landsbygdsträden visar att lavflora är mindre påverkad av luftföroreningar vilket även kunnat visas av ett högre medelkänslighetsvärde. På landsbygdsträden förekommer med andra ord ett antal arter som har svårt att konkurrera/klara sig i en mer föroreningsbelastad miljö.



Figur 9. Exempel på skillnader i täckningsgrad. Bilderna visar träd 14 fotograferat år 2003, 2008 och 2013 (vänster till höger). Täckningsgraden är betydligt större både 2008 (70%) och 2013 (61%) jämfört med 2003 (41%).



# LITTERATURFÖRTECKNING

- Hultengren, S., Gralén, H. & Pleijel, H. (2004). Recovery of the epiphytic lichen flora following air quality improvement in south-west Sweden. *Water, Air and Soil Pollution* 154, 203-211.
- Hultengren, S. Martinsson P-O. & Stenström, J. 1992. Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar. Naturvårdsverket Rapport 3967. Solna.
- Malmqvist, A. 2003. Lavar och luftkvalité. Lavundersökning i Blekinge län 2002-2003. Länsstyrelsen i Blekinge län.
- Malmqvist, A. 2008. Lavar och luftkvalité. Lavundersökning i Blekinge län 2008. Länsstyrelsen i Blekinge län.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E. Akselsson, C., & Ferm, M. 2012. Kvävedepositionen till Sverige - Jämförelse av depositionsdata från Krondropps nätet, Luft- och nederbörds kemiska nätet samt EMEP. IVL Rapport B 2030.
- Pihl Karlsson, 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.
- Wirth, V. 1980: Flechtenflora. Stuttgart.

# BILAGA 1. LOKALDATA

Trädnr	Trädtyp	x-koordinat	y- koordinat	Träd	Lokal
1	Landsbygdsträd	6238111	1478350	björk	Vång
2	Landsbygdsträd	6238073	1478444	ek	Vång
3	Landsbygdsträd	6238054	1478420	björk	Vång
4	Landsbygdsträd	6238110	1478604	björk	Vång
5	Landsbygdsträd	6237712	1479212	ek	Vång
6	Landsbygdsträd	6250643	1494345	björk	Kallgårdsmåla
7	Landsbygdsträd	6249885	1494556	björk	Kallgårdsmåla
8	Landsbygdsträd	6250352	1495344	ek	Kallgårdsmåla
10	Landsbygdsträd	6250845	1495272	ek	Kallgårdsmåla
11	Landsbygdsträd	6247574	1448254	björk	Hjärtsjömåla
12	Landsbygdsträd	6247352	1448145	björk	Hjärtsjömåla
14	Landsbygdsträd	6244624	1446501	björk	Hjärtsjömåla
15	Landsbygdsträd	6244612	1446502	björk	Hjärtsjömåla
16	Perifert tä- tortsträd	6229600	1437951	ek	Horsaryd
18	Perifert tä- tortsträd	6228688	1439026	björk	Horsaryd
19	Perifert tä- tortsträd	6229096	1438471	ek	Horsaryd
20	Perifert tä- tortsträd	6229704	1438838	björk	Horsaryd
21	Landsbygdsträd	6252082	1423931	björk	Björkefall
22	Landsbygdsträd	6250351	1422432	björk	Björkefall
23	Landsbygdsträd	6250265	1422387	björk	Björkefall
25	Landsbygdsträd	6250291	1422821	ek	Björkefall
26	Landsbygdsträd	6218530	1425108	ek	Ryssberget
27	Landsbygdsträd	6218422	1425115	björk	Ryssberget
28	Landsbygdsträd	6218370	1424998	ek	Ryssberget
29	Landsbygdsträd	6218333	1424998	ek	Ryssberget
31	Landsbygdsträd	6247380	1448197	björk	Hjärtsjömåla
32	Landsbygdsträd	6252428	1495034	ek	Kallgårdsmåla
33	Perifert tä- tortsträd	6227370	1439289	björk	Horsaryd
34	Landsbygdsträd	6218762	1425446	björk	Ryssberget

# 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 kolonisateurer 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 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 skorplavar. 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 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 mjöllav *Lepraria incana* och trädgrönelav *Scoliciosporum chlorococcum* är mest kända, påträffas rikligt i förorenade storstadsområden. Dessutom påträffas trädgröenalger *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). Skolor 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 lavararter ökar. Detta kan i viss mån störa utvärderingen av en inventering då lavarna p.g.a. ”dammgödsling” 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 iaktas 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 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 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: Estableci miento de una red de valoracion de pureza atmosferica en la provincia le Coruna (Espana) 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.
- Hallingbäck, T. 1991: Luftföroreningar och gödning - 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.