



LAVAR OCH LUFTKVALITÉ UNDERSÖKNING I BLEKINGE LÄN 2020



RAPPORT 2020-09-18

Andreas Malmqvist & Jonas Lemel

Uppdragsgivare

Blekinge läns kustvatten och luftvårdsförbund

Kontaktpersoner

Eva Steiner

e-post: eva.steiner@karlskrona.se

Tel: 0455-30 33 19

Kenneth Gyllensting

e-post: kenneth.gyllensting@karlskrona.se

Tel: 0455-30 32 83

Uppdragstagare

Naturcentrum AB

Strandtorget 3

444 30 Stenungsund

Projektledare:

Andreas Malmqvist

Tel. 010-220 12 05

andreas.malmqvist@naturcentrum.se

Fältinventering:

Andreas Malmqvist

Analys och rapport:

Andreas Malmqvist och Jonas Lemel

Omslagsbild: Foto av trädstam med inlagda analyscirklar.

Innehåll

Sammanfattning	4
Inledning	5
Syften	5
Metodik.....	5
Trädslag och lokala betingelser	7
Fotodokumentation.....	8
Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar.....	8
Känslighetsvärde.....	9
Kvävetal	11
Täckningsgrad.....	11
Beräkningar och statistiska analyser	11
Resultat.....	12
Medelkänslighetsvärde.....	12
Generell analys	12
Linjära samband - tidseffekter.....	13
Medelkvävetal.....	14
Generell analys	14
Linjära samband - tidseffekter.....	14
Täckningsgrad och artantal	15
Generell analys	15
Linjära samband - tidseffekter.....	16
Diskussion	17
Litteraturförteckning	18
Bilaga 1. Träddata	19
Bilaga 2. Lavar och luftföroreningar	22

Sammanfattning

Många lavar är känsliga för luftföroreningar, främst svaveldioxid. Lavar är därför en bra grupp att använda som indikatorer på olika luftföroreningsituationer. På uppdrag av Blekinge läns kustvatten och luftvårdsförbund har Naturcentrum AB under 2020 genomfört en återinventering av lavar på träd i Blekinge län som en del i det uppföljningsprogram kring lavar och luftföroreningar som finns. Det huvudsakliga syftet har varit att med hjälp av lavar studera effekter och trender när det gäller luftföroreningar. En första inventering utfördes 2003 med uppföljande inventering 2008 och 2013. Under 2020 har en mer omfattande analys gjorts av samtliga träd från alla år.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att luftkvalitén verkar ha förbättrats sedan den första undersökningen 2003. Effekten av förbättrad luftkvalitet syns främst på landsbygdsträden. Dessa finns i mer opåverkade miljöer och vi kan för dessa visa en signifikant minskad kvävepåverkad lavflora, en större täckningsgrad av lavar jämfört med de perifera tätortsträden samt indikation på ett större artantal.

För de perifera tätortsträden som står i en mer föroreningsbelastad miljö, kan vi se en ökning av lavarnas täckningsgrad medan motsvarande inte syns för landsbygdsträden. Detta tyder på en förbättrad luftkvalité för de perifera tätortsträden medan luftföroreningsnivå varit mer stabil på landsbygden.

Det ska också framhållas att luftföroreningarna hade sin största minskning för den första undersökningen av lavfloran genomfördes 2003. Därefter har föroreningarna legat på en mer stabil nivå i de miljöer som nu undersökts. Detta innebär att vi inte kunnat se några stora förändringar hos lavfloran under den tid som övervakningen pågått, vilket ändå måste ses som något positivt.

Inledning

Det är väl känt att 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 av Naturcentrum för första gången 1986/1987 då en omfattande inventering genomfördes i ett flertal kommuner i Västsverige (Hultengren 1987, Hultengren & Stenström 1988). Ett stort antal kommuner, länsstyrelser, företag och andra intressenter har därefter ingått i undersökningen. Efterhand har lokalerna återinventerats och utvecklingen hos lavfloran har kunnat följas och ge en indikation på luftkvaliténs utveckling. Många undersökningarna har efterhand visat på tydligt förbättrad luftkvalité på många platser, inte minst när det gäller surt nedfall och kvävepåverkan. Sedan början av 2000-talet har dock förbättringarna planat ut och tydliga förändringar av lavfloran har varit svårare att påvisa. Luftföroreningar av olika slag är dock fortfarande ett stort problem inte minst i stadsmiljö.

I Blekinge genomfördes den första undersökningen 2003 med två uppföljande undersökningar 2008 och 2013 (Malmqvist 2003, 2008 och Malmqvist och Lemel 2013). Den nu aktuella undersökningen 2020 är den tredje uppföljningen i Blekinge. Den har genomförts på uppdrag av Blekinge kustvatten och luftvårdsförbund.

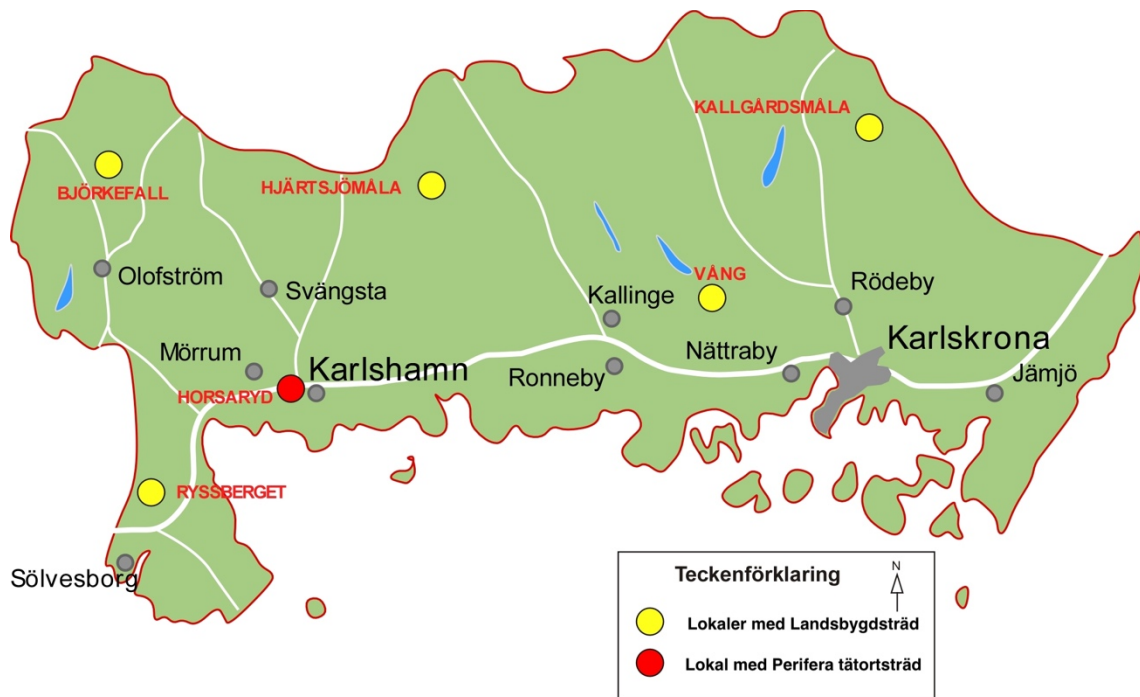
Fältarbete och bildtolkning och har utförts av Andreas Malmqvist AB medan den statistiska analysen har utförts av Jonas Lemel. Rapporten har sammanställts av Andreas Malmqvist och Jonas Lemel, Naturcentrum AB

Syften

- Att undersöka och beskriva eventuella skillnader hos lavfloran i två områden med förväntat olika 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 depositionsmätningar medan de perifera tätortsträden finns vid Horsaryd nära Karlshamn (Figur 1).



Figur 1. Landsbygdsträd och Perifera tätortsträd. Varje lokal omfattar upp till fem träd.

Landsbygdsträden utgörs av träd på landsbygden där den förväntade föroreningsbelastningen är lägre (Figur 2). De utgör en typ av referensträd som kan visa en kommuns eller ett läns mer storskaliga bakgrundsbelastning.



Figur 2. Björkefall i nordvästra Blekinge representerar en miljö med landsbygdsträd.

Träd i kategorin "Perifera tätortsträd" utgörs av träd i utkanter av större tätorter, utmed måttligt eller hårt trafikerade vägar eller i andra föroreningsbelastade miljöer utanför centrala tätorter (Figur 3). Hypotesen är att träd i dessa miljöer har en mer påverkad lavflora på grund av en högre föroreningsbelastning. Lavfloran skiljer sig ofta tydligt mellan Centrala tätortsträd och Landsbygdsträd medan skillnaderna mellan Perifera tätortsträd och Landsbygdsträd är mindre och ibland svåra att påvisa.

I undersökningen år 2003 benämndes de perifera tätortsträden för "vägräd". I denna nu aktuella undersökning finns perifera tätortsträd i Horsaryd i anslutning till E22 korsning med väg 29 norr om Stillerydshamnen och nordväst om Karlshamn stad (Figur 1 och 3).



Figur 3. De "Perifera tätortsträden" finns i anslutning till mer föroreningsbelastade miljöer som större vägar med mycket trafik. Bilden från trafikplats vid Horsaryd där E22 korsar väg 29.

Samtliga lokaler har valts ut i samråd med Blekinge Luftvårdsförbund. Träd som har avverrats eller blåst ner har efterhand kompletterats med nya träd till undersökningen.

Trädslag och lokala betingelser

Olika lavar har varierande ekologiska krav på substrat, ljus, fuktighet etc. och skillnader i uppträdandet hos olika arter påverkas i viss utsträckning av 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. Lavarterna 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 därför inte inventerat stammar på rikbarksträd utan endast ekar och björkar (se även under Kvävetal nedan). De framkallade diabilderna/digitala bilderna förvaras hos Naturcentrum AB, Stenungsund.

Fotodokumentation

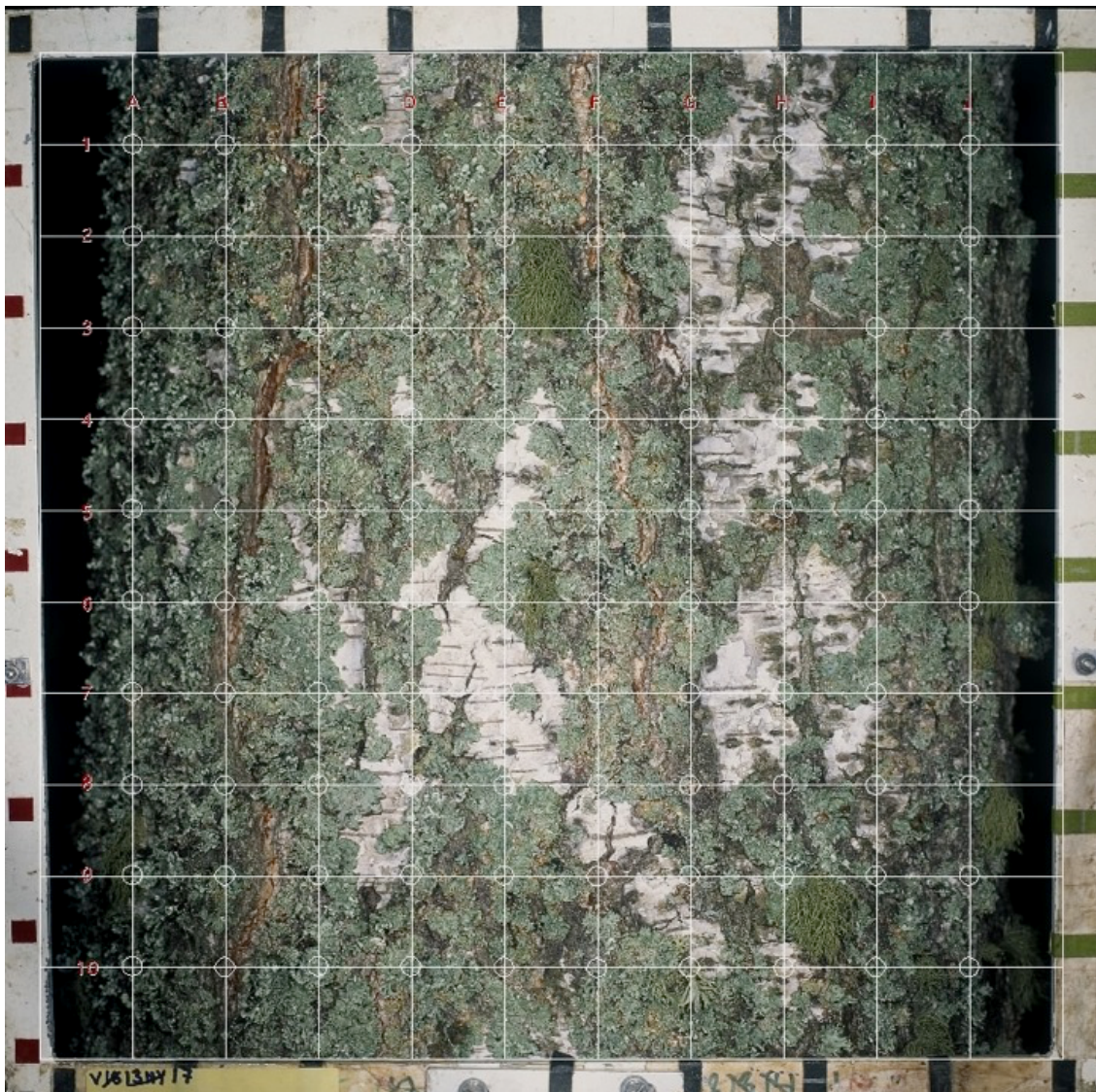
Vid inventeringstillfället har ett utsnitt av provträdens stam fotograferats. Fotopunkten på trädstammen har markerats och samma markering har varit utgångspunkt vid samtliga fototillfällen. Fotografierna från 2003 är tagna med en Olympus kompaktdigitalkamera (5,0 megapixel). Vid de efterföljande återinventeringarna 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 vid uppföljningarna. Bilder på träd från 2003 och som hade blåst ner eller avverkats vid uppföljningen 2008 analyserades dock inte om och ingår därför inte i detta material.

När en lav på fotot 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 de 100 cirklar som finns i bilden. 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

De olika lavarna har tilldelats ett känslighetsvärde efter hur föroreningskänsliga de är (Tabell 1). 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 värde en art har, desto känsligare är den för luftföroreningar.

Tabell 1. Känslighetstabell baserad på K-värde (känslighetsvärde)

Känslighetsvärde (k)	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. Känslighetsvärde utgör en sorts ”dödstal” för olika lavar. Varje träd får ett känslighetsvärde 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 medelkänslighetstal och används för att beskriva hur påverkad lavfloran på den aktuella trädstammen är (Tabell 2).

Tabell 2. Luftföroreningarnas påverkan på lavfloran jämfört med känslighetsvärde (k/träff).

Medelkänslighetstal	Luftföroreningarnas påverkan på lavfloran
>4	Helt opåverkad lavflora
>3-4	Svagt påverkad lavflora
>2-3	Påverkad lavflora
1-2	Utarmad lavflora

Kvävetal

För att undersöka kväverika luftföroreningars påverkan på lavarna tilldelades alla arter ett kvävetal. Indelningen är baserad i huvudsak på uppgifter i Wirth (1980) och går från 0 (kväveskyende lavar) till 3 (mycket kvävegynnade lavar). Andelen kvävegynnade lavar på ett träd beror på såväl barkens pH (rikbarksträd med högre pH ger en lavflora med högre kvävetal än ett fattigbarksträd) som på halten av kväverika föroreningar i luften. Lavfloras medelkvävetal visar i vilken utsträckning trädet hyser kvävegynnade eller kväveskyende lavar. Vid höga halter av kväveföroreningar ökar andelen 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.

På fattigbarksträd, som t ex björk, blir ofta medelkvävetalet lågt i en opåverkad miljö och högre 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 bättre 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 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

Lavfloras 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 exempelvis 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 lavfloras utbredning på bilden generellt. Vi har valt att kalla detta mått för täckningsgrad. I denna undersökning har vi fokuserat på hela lavfloras täckningsgrad och inte på enskilda arter.

Beräkningar och statistiska analyser

Till skillnad från tidigare uppföljningar omfattar den här uppföljningen även data från de träd som avverkats eller blåst ner. Detta ger ett större och mer robust material att analysera. Tidigare har "försvunna träd" helt ersatts av nya träd med nytt data, så är alltså inte fallet i denna analys. Det ska även tilläggas att kvävetalet fått en annan skala men med samma förhållande mellan de ingående arterna. Det medför att skalan på grafen för kvävetal ser annorlunda ut jämfört med tidigare.

Medelkänslighetstal och medelkvävetal 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 medelkänslighetstal och medelkvävetal har sedan använts i analyserna. Värden har beräknats för träd i de två grupperingarna perifera tätortsträd och landsbygdsträd.

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 "samplingsenheterna". Lavarna täckningsgrad och artantal har också analyserats.

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 alltså av känslighetstal, kvävetal, täckningsgrad samt antalet observerade arter. Förklarandevariablerna består av de två trädgrupperna: landsbygdsträd eller perifera tätortsträd samt inventeringsår (2003, 2008, 2013 och 2020) 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

Samtliga presenterade resultat baseras på de fotograferade stamavsnitten och återfinns i Bilaga 1. Man bör dock ha en viss försiktighet vid tolkningen av resultaten eftersom det finns ett starkt beroende mellan känslighetstal och kvävetal ($r=-0,37$; $p<0,001$). Det negativa sambandet innebär att om känslighetstalen ökar så minskar kvävetalen och på samma sätt omvänt.

För att kunna konstatera eventuella trender i tidsserier behövs som regel fler mättillfällen än de fyra mätningar som gjorts i den här studien. Det ska dock påpekas att flera trender går i förväntad riktning.

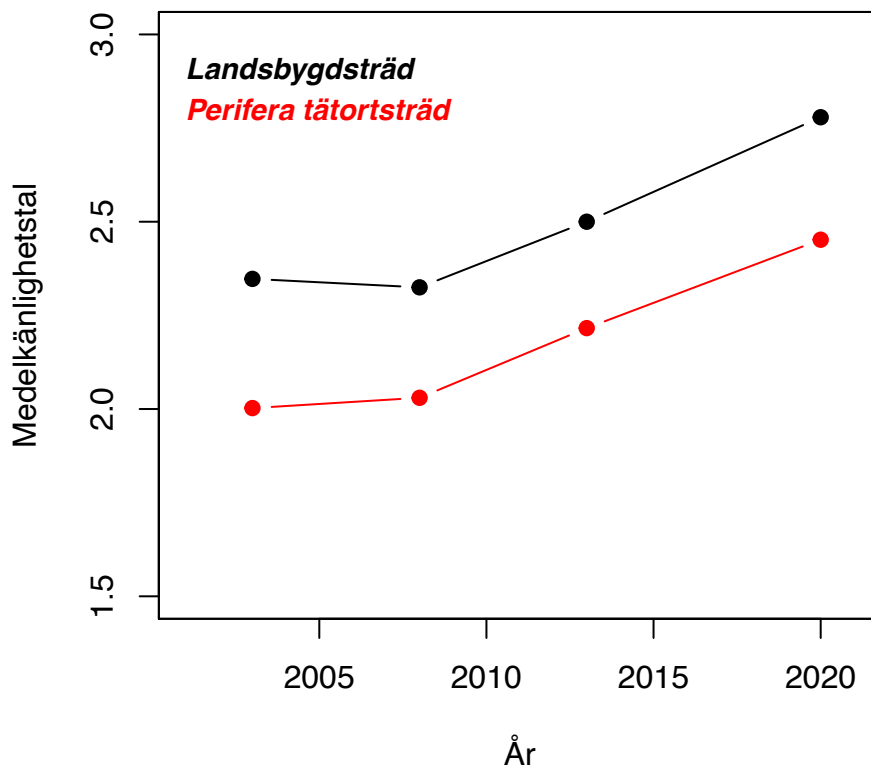
Medelkänslighetsvärde

Generell analys

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. Träden på landsbygden har 2020 ett medelkänslighetsvärde på 2,78 och de

perifera tätortsträden har värde på 2,45 vilket innebär en påverkad lavflora för båda kategorierna.

Medelkänslighetstalen uppvisar inte någon skillnad i varians mellan trädklasserna ($F = 0,7310419$, p -värde = $0,337227$). Skillnaden mellan medelvärde (Welsh medelvärdetest) för landsbygdsträd ($2,47$, $n = 88$) och tätortsnära träd ($2,18$, $n = 19$) är inte signifikant ($t = 0,8805254$; $df = 24,00688$; p -värde = $0,39$). Resultatet innebär att den observerade skillnaden i medelkänslighet mellan de perifera tätortsträden och landsbygdsträden (Figur 5) lika väl kan bero på slumpmässiga effekter.



Figur 5. Medelkänslighetsvärde 2003 - 2020 för perifera tätortsträd och landsbygdsträd.

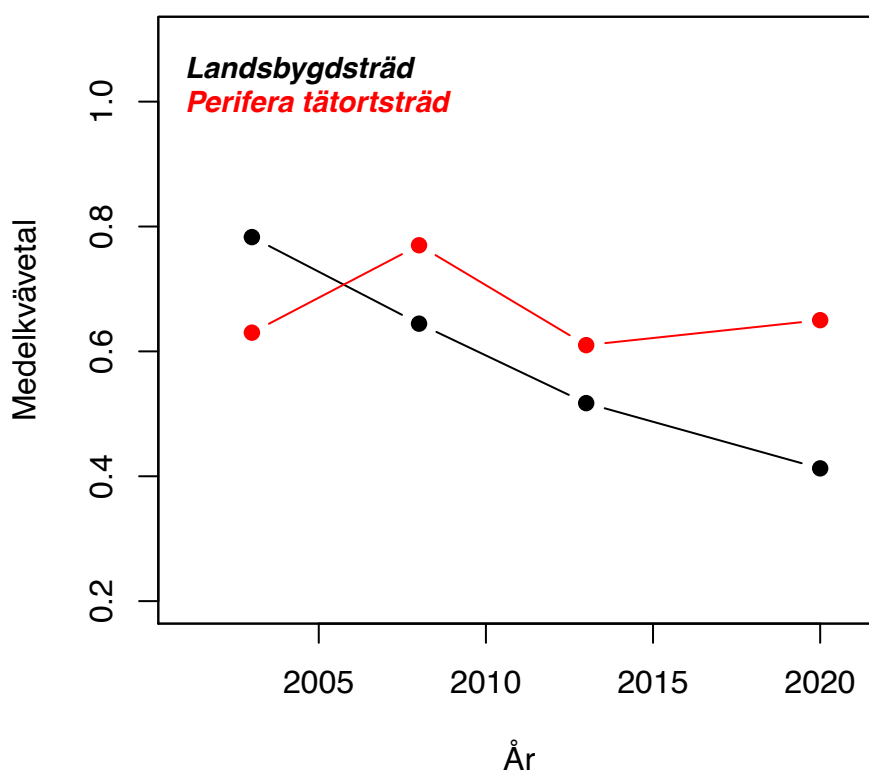
Linjära samband - tidseffekter

För medelkänslighetstalen går det inte att påvisa några effekter av vare sig tid (F -värde: $2,00215$ med 1 och 105 df ; p -värde: $0,16$) eller för kombinationen av trädklasstillhörighet och tid (F -värde: $1,56964$ on 2 and 104 DF , p -värde: $0,21301$). Båda miljöerna visar dock en generell förbättring i luftkvalitet (Figur 5) vilken säkerligen skulle kunna bevisas statistiskt med fler mättillfällen.

Medelkvävetal

Generell analys

Medelkvävetalet visar hur kväveföreningar påverkat lavfloras sammansättning. Kvävegynnade lavararter ökar i utbredning på bekostnad av andra arter om kväveföreningar ökar. I materialet finns ingen skillnad i variansen för landsbygdsträd respektive tätorts nära träd ($F = 1,01252$, p -värde = $0,96$). Likt känslighetstalen, går det inte att klarlägga någon skillnad mellan trädklassernas medelvärden (Welsh medelvärdestest) för medelkvävetalet ($0,60$ för landsortsträd och $0,67$ för tätortsnära träd: $t = -0,468348$; $df = 26,46857$; p -värde = $0,64$). Detta antyder detta att föroreningsnivån varit någorlunda stabil sedan undersökningen startade (Figur 6).



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

Linjära samband - tidseffekter

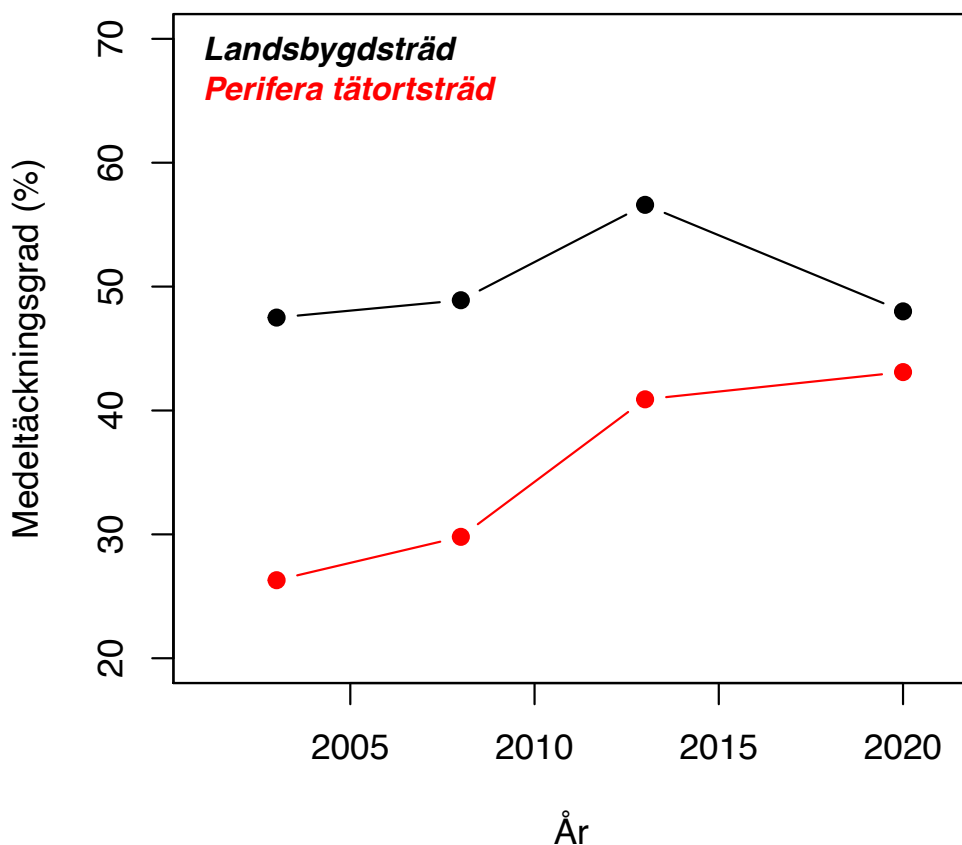
Medelkvävetalet generellt visar att det finns årseffekter (F -värde: $4,42289$ med 1 och 105 df ; p -värde: $0,038$). Läggs trädklassstillhörighet till i den linjära modellen borde man förvänta sig att sambandet mellan medelkvävetal och tid skulle stärkas, om vi utgår från att samma borde gälla båda för perifera tätortsträd och landsbygdsträd, men så är inte fallet (F -värde: $2,37699$ med 2 och 104 df ; p -värde: $0,1$). Emellertid stärks det linjära sambandet med minskande medelkvävetal för landsbygdsträden (lutningskoefficient: $-0,01849408$; t -värde: $-2,12817$; $p < 0,036$) (Figur 6). För de perifera tätortsträden kan inte motsvarande minskande trend ses, troligtvis beroende på en mer stabil kvävenivå över åren (Figur 6).

Täckningsgrad och artantal

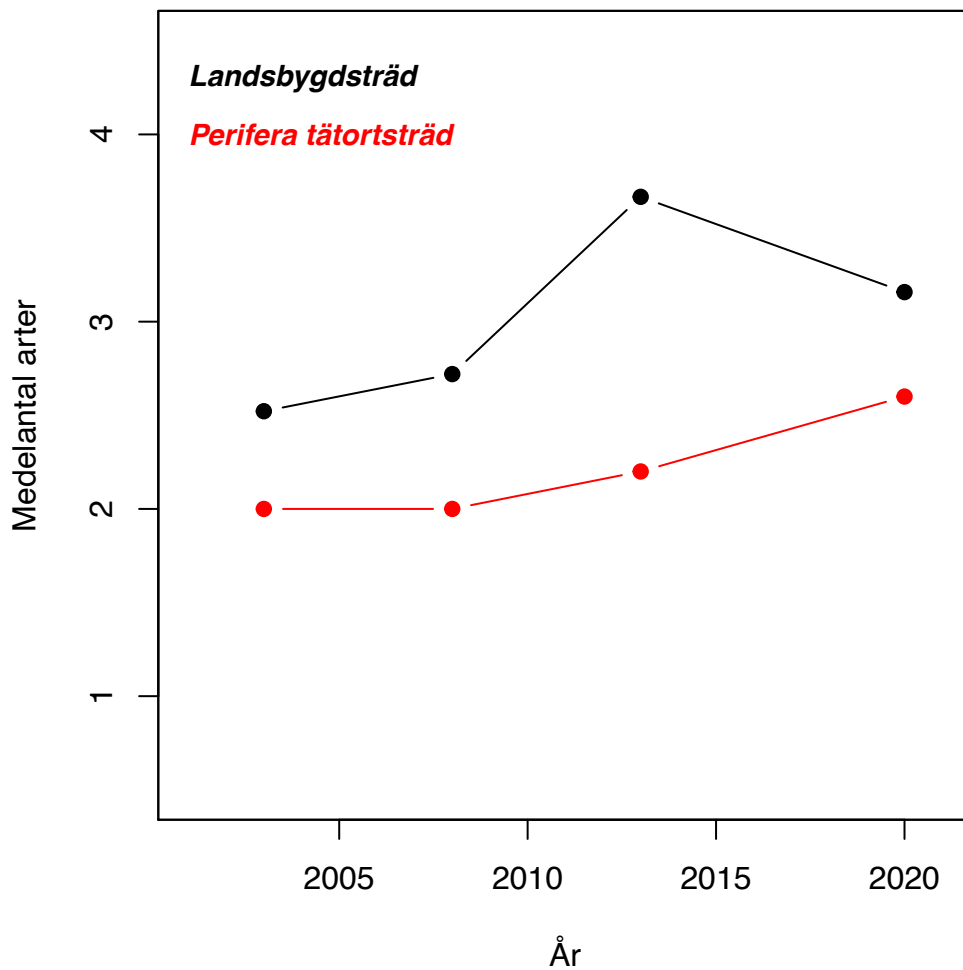
Generell analys

Hur stor andel av den undersökta stamytan som täcks av lavar (som kunnat artbestämmas) visas genom täckningsgraden. Analys av varianserna i lavarnas täckningsgrad på landsbygdsträd och tätortsnära träd visar att dessa inte är statistiskt olika ($F = 1,116189$, p -värde = 0.83). Detta innebär att Welch två-sampeltest kan användas för att analysera medelvärdena för landsbygdsträd (50,2 %, $n = 88$) och tätortsnära träd (35,5 %, $n = 19$). Skillnaden dem emellan är statistiskt säkerställd ($t = 3,030047$; $df = 27,3921$; p -värde $< 0,005$). Resultatet ger att den generella täckningsgraden av lavar är högre på landsbygdsträd i jämförelse med de tätortsnära träden (Figur 7).

För medelantalet lavararter (Figur 8) är variansen inte lika mellan tätortsnära träd och landsbygdsträd ($F = 4,26966$, p -value = 0,0011). Det finns dock en signifikant skillnad i artantalet mellan tätortsnära träd ($t = 3,43$; $df = 56,5$; p -value = 0,001). Förklaringsgraden är dock svag ($R^2 < 0,1$) vilket medför att denna skillnad trots allt blir osäker.



Figur 7. Medeltäckningsgrad för perifera tätortsträd och landsbygdsträd.



Figur 8. Genomsnittligt antal arter för perifera tätortsträd och landsbygdsträd.

Linjära samband - tidseffekter

Generellt finns ingen trend i medeltäckningsgrad över tid (F-värde: 0,639253 med 1 och 105 DF; p-värde: 0,426). Om trädklassstillhörighet läggs till i den linjära modellen, visar analysen att förändringen i medeltäckningsgrad över tid för perifera tätortsträd inte är slumpmässig (F-värde: 4,7765 med 2 och 104 df; p-värde: 0,01) med en ökning i medeltäckningsgrad från 26,3 % år 2003 till 43,1 % år 2020. För landsortsträden varierar täckningsgraden snarare slumpmässigt kring dess medeltäckningsgrad på 50,2 %.

Den linjära modellen för antalet arter över tid antyder en svag men statistiskt säkerställd ökning (lutningskoefficient: 0,044; t-värde: 2,05; p-värde: 0,043). Detta samband förstärks ytterligare när trädklassstillhörighet läggs till i modellen. I figur 8 kan man skönja det förväntade sambandet att lavfloran på tätortsnära träd, genom färre lavararter i genomsnitt, är mer belastade av luftföroreningar i jämförelse med landsbygdsträd.

Diskussion

Svavelnedfallet i Blekinge har visat på en kraftig minskning de senaste 30 åren. Mätningarna från det så kallade Krondropps nätet (IVL) visar på en minskad svavelbelastning i Blekinge län från ca 20 kg/ha i mitten av 1980-talet till drygt 2 kg/ha idag (Pihl Karlsson m fl 2020). Minskningen var som störst fram till början av 2000-talet. I samband med minskningen av utsläppen av svaveldioxid har tydliga förbättringar av lavfloran i västra Sverige kunnat konstateras (Hultengren, Gralen & Pleijel 2004).

Det finns två orsaker som gör det svårare att analytiskt påvisa förändringar i lavfloran relaterad till luftens kvalitet. I förhållande till 70- och 80-talen, då svåra försurningseffekter förekom, har luftkvaliteten förbättrats avsevärt. Detta innebär att år 2003 då mätningarna i Blekinge startade, hade lavfloran redan väsentligen återhämtat sig och mer eller mindre planat ut på en tämligen stabil nivå. I sak medför detta att utfallsrummen för känslighets- och kvävetalen redan till en stor del anpassats till en betydligt förbättrad luftkvalitet, vilket sin tur gör det betydligt svårare att upptäcka trender i lavfloras utveckling. Det andra problemet är av analytisk karaktär där landsbygdsträden representeras av 88 stammar fördelade på fem olika lokaler medan tätortsnära träd utgörs av 19 stammar på en lokal. Alltså utgör landsbygdsträden drygt 82 % av stickproven. Att resultaten för tätortsnära träd bygger på mätningar från en lokal är också ett problem eftersom det ökar risken för slumpartade effekter.

Vi kan dock konstatera att luftens kvalitet med avseende på lavfloran ändå verkar ha förbättrats sedan 2003 även om vi inte kan se någon förbättring avseende medelkänslighetsvärde. Effekten av förbättrad luftkvalitet syns på landsbygdsträd som generellt växer på platser utan tungt trafikerade vägar i närliggande omgivningarna. Vi kan för dessa träd visa en signifikant minskad kvävepåverkan på lavfloran. Undersökningen visar vidare en större täckningsgrad av lavar på landsbygdsträden jämfört med de perifera tätortsträden samt ett större artantal (dock med låg förklaringsgrad). Vi kan även se en ökning av lavarnas täckningsgrad på de perifera tätortsträden medan motsvarande inte syns för landsbygdsträden. Detta tyder på att nivån av luftföroreningar varit tämligen stabil på landsbygden sedan 2003 samtidigt som vi kan dra slutsatsen att luften förbättrats för de perifera tätortsträden med en signifikant förbättring av lavarnas täckningsgrad. Slutligen syns även en statistiskt säkerställd ökning av antalet lavararter i båda undersökta trädmiljöer.

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.
- Malmqvist, A. & Lemel, J. 2014. Lavar och luftkvalité. Blekinge 2013. Naturcentrum AB i pdf till Blekinge läns kustvatten- och luftvårdsförbund.
- Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E. & Akselsson, C. 2020. Försurning och övergödning i Blekinge län. Resultat från Krondroppsnätet till och med 2018/19. N C531.
- Wirth, V. 1980: Flechtenflora. Stuttgart.

Bilaga 1. Träddata

Träd	Lokal	Typ	År	Täckningsgrad	K	N	Antal lavar
1	Vång	Landsbygdsträd	2003	30	3,1	0,43	4
1	Vång	Landsbygdsträd	2008	19	2,95	0,5	2
1	Vång	Landsbygdsträd	2013	40	2,55	0,41	4
1	Vång	Landsbygdsträd	2020	31,6	3,03	0,39	3
2	Vång	Landsbygdsträd	2003	67	4,27	0,04	4
2	Vång	Landsbygdsträd	2008	64	4,55	0,14	6
2	Vång	Landsbygdsträd	2013	73	4,63	0,12	4
2	Vång	Landsbygdsträd	2020	73	4,74	0,05	5
3	Vång	Landsbygdsträd	2003	19,8	1,82	0,79	2
3	Vång	Landsbygdsträd	2008	15,3	1,77	0,88	2
3	Vång	Landsbygdsträd	2013	21,4	2,24	0,52	3
3	Vång	Landsbygdsträd	2020	21,1	3,32	0,29	3
4	Vång	Landsbygdsträd	2003	56,1	0,13	2,84	1
4	Vång	Landsbygdsträd	2008	58,1	0,74	2,07	1
4	Vång	Landsbygdsträd	2013	61,6	0,79	2,1	3
4	Vång	Landsbygdsträd	2020	77,8	2,04	1	3
5	Vång	Landsbygdsträd	2003	4	4,75	0,5	2
5	Vång	Landsbygdsträd	2008	32	4,22	0,73	4
5	Vång	Landsbygdsträd	2013	46	4,3	0,66	4
5	Vång	Landsbygdsträd	2020	39	4,44	0,55	3
6	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2003	42,5	2,06	0,48	2
6	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2008	41,3	1,97	0,48	2
6	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2013	92,7	2,28	0,44	4
6	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2020	58,2	2	0,5	1
7	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2003	53,5	2,11	0,47	3
7	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2008	50	2,11	0,46	3
7	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2013	60	2,83	0,27	7
7	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2020	60	2,21	0,33	5
8	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2003	34	3,53	0,47	3
8	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2008	25	3,2	0,5	3
8	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2013	29	3,34	0,55	6
8	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2020	15	3,8	0,57	4
10	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2003	51	4,41	0,43	4
10	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2008	51	4,75	0,45	4
10	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2013	42	4,79	0,48	3
10	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2020	22	5	0,5	1

Träd	Lokal	Typ	År	Täckningsgrad	K	N	Antal lavar
11	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2003	83,6	2	0,5	1
11	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2008	78	2,05	0,49	2
11	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2013	73	2	0,5	1
12	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2003	65	2,53	0,33	5
12	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2008	48,8	2,27	0,06	5
12	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2013	67,4	2,1	0,18	4
12	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2020	48,3	1,98	0,19	3
14	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2003	41	2	0,5	1
14	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2008	70	1,93	0,45	3
15	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2003	38,8	2	0,5	3
15	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2008	45,6	1,98	0,49	2
15	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2013	58,8	1,97	0,47	3
15	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2020	92,2	2	0,5	1
16	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2003	52	3,27	0,64	2
16	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2008	53	3,74	0,52	2
16	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2013	58	2,78	0,28	3
16	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2020	82	4,04	0,43	3
18	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2003	6	2,5	0,08	2
18	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2008	13	2	0	1
18	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2013	25	2	0	1
18	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2020	26	1,92	0	2
19	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2003	17	1,53	0,18	2
19	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2008	21	2,86	0,38	3
19	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2013	52	4,38	0,57	3
19	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2020	51	4,45	0,44	4
20	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2003	30,1	0,71	1,61	2
20	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2008	36,3	0,55	1,64	2
20	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2013	45,2	0,71	1,21	2
20	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2020	36,9	0,59	1,41	2
21	Björkefall	Landsbygdsträd	2003	54,4	1,3	1,38	1
21	Björkefall	Landsbygdsträd	2008	35	1,86	0,55	2
21	Björkefall	Landsbygdsträd	2013	63,7	2	0,47	1
21	Björkefall	Landsbygdsträd	2020	64,3	1,89	0,44	2
22	Björkefall	Landsbygdsträd	2003	50	2,16	0,3	5
22	Björkefall	Landsbygdsträd	2008	27	2,11	0,22	4
22	Björkefall	Landsbygdsträd	2013	48	1,77	0,16	6
22	Björkefall	Landsbygdsträd	2020	41,4	1,83	0,17	5
23	Björkefall	Landsbygdsträd	2003	59	2	0,5	1
23	Björkefall	Landsbygdsträd	2008	74,7	1,96	0,48	2
23	Björkefall	Landsbygdsträd	2013	77,1	2,14	0,47	4

Träd	Lokal	Typ	År	Täckningsgrad	K	N	Antal lavar
23	Björkefall	Landsbygdsträd	2020	52	2,4	0,46	3
24	Björkefall	Landsbygdsträd	2003	59	2	0,5	2
24	Björkefall	Landsbygdsträd	2008	74,7	1,96	0,48	1
25	Björkefall	Landsbygdsträd	2003	34	2,12	0,5	2
25	Björkefall	Landsbygdsträd	2008	24	2,42	0,5	2
25	Björkefall	Landsbygdsträd	2013	48	2,33	0,42	3
25	Björkefall	Landsbygdsträd	2020	28	2,39	0,38	3
26	Ryssberget	Landsbygdsträd	2003	50	3,32	0,6	3
26	Ryssberget	Landsbygdsträd	2008	31	3,48	0,5	3
26	Ryssberget	Landsbygdsträd	2013	44	2,93	0,44	4
26	Ryssberget	Landsbygdsträd	2020	55	3,2	0,47	4
27	Ryssberget	Landsbygdsträd	2003	74,7	0,72	1,4	2
27	Ryssberget	Landsbygdsträd	2008	55,2	0,58	1,25	1
27	Ryssberget	Landsbygdsträd	2013	47,9	0,67	1,08	2
28	Ryssberget	Landsbygdsträd	2003	56	2,26	0,92	3
28	Ryssberget	Landsbygdsträd	2008	66	2,09	0,23	4
29	Ryssberget	Landsbygdsträd	2003	57,8	3,4	0,63	4
29	Ryssberget	Landsbygdsträd	2008	75	3,48	0,45	4
30	Ryssberget	Landsbygdsträd	2003	11,1	0	3	0
30	Ryssberget	Landsbygdsträd	2008	13,8	0	3	0
31	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2008	84,5	2	0,48	2
31	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2013	87,2	2	0,48	2
31	Hjärtsjömåla	Landsbygdsträd	2020	60	2	0,49	2
32	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2008	64	1,69	0,27	4
32	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2013	60	1,77	0,33	4
32	Kallgårdsmåla	Landsbygdsträd	2020	25	1,44	0,16	3
33	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2008	25,5	1	1,32	2
33	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2013	24,5	1,21	1	2
33	Horsaryd	Perifera tätortsträd	2020	19,4	1,26	0,95	2
35	Björkefall	Landsbygdsträd	2013	47,3	3,07	0,31	5
35	Björkefall	Landsbygdsträd	2020	48,4	3,09	0,4	6

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

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

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

I Sverige finns ca 600 olika busk- och bladlavar 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 lavadöd.

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 utpräglad buskliga 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 *Scoliosporium chlorococcum* är mest kända, påträffas rikligt i förorenade storstadsområden. Dessutom påträffas trädgrönealger *Desmococcus* spp., frilevande grönalger, rikligt på trädstammar och andra ytor i större städer och andra förorenade områden. Dessa organismer gynnas troligen av storstadsluftens kemiska höga halter av kväveföroreningar, men också av minskad konkurrens från sådana lavar som saknas i förorenad luft.

Ämnen som är giftiga för lavar

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

De senaste decennierna har svaveldioxiden pekats ut som huvudorsak till lavdöd. Svaveldioxid-halterna i luften har sjunkit kraftigt sedan 1970-talet och är nu så låga att de inte har någon större negativ inverkan på lavfloran. Utsläpp av kväveoxider från fr.a. vägtrafiken har stadigt ökat under samma period. Kulmen nåddes i slutet av 1980-talet och har sedan dess minskat. Kväveoxider har 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 ädellövträdskorpar 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. "dammgödsling" ibland uppträder på fel substrat.

I områden med höga halter av kväveföreningar förekommer kvävegynnade lavar på substrat som normalt inte erbjuder tillräckliga mängder näring. Ökad tillgång på kväve innebär här att arten trots allt överlever på sitt "ovana" underlag, t.ex. rikbarksarter på fattigbarksträd, grönalger på husväggar etc. Detta fenomen kan iaktas i större städer där trafikens utsläpp av kväveoxider gör att kvävegynnade och föreningståliga 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 luftföreningar 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. lavdödersvampen): Under senare år har lavdödersvampen *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 luftföreningar 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 iaktas.

- 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 la Coruña (España) mediante bioindicadores liquenicos. Lazaroa 3: 289-311.
- Degelius, G. 1986: The Lichenflora of the island of Anholt, Denmark. Acta Reg. Soc. Scient. et Litt. Gothoburg, Bot. 3: 1-60. Göteborg.
- Eriksson, O. 1966: Lavar och luftföroreningar i Sundsvallstrakten. Växtbiologiska Institutionen, Uppsala Universitet (intern rapport).
- Gilbert, O. L. 1972: The Effect of Airborne fluorides. I: Ferry, B. W., Baddeley, M. S. & Hawksworth, D.L. (utg.): Lichens and Air Pollution: 299-313. London.
- Grindon, L. H. 1859: The Manchester flora. W. White. London.
- 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.