

Elektrostatisk rening av inomhusluft vid kontinuerlig tillförsel av luftburet allergen från björk- och gräspollen

Leif Holmquist och Olof Vesterberg

ARBETSLIVSRAPPORT NR 2001:14
ISSN 1400-8211 <http://www.niwl.se/>

Lung- och klimatprogrammet
Programchef Kjell Larsson



Arbetslivsinstitutet

Förord

Inomhusluft har visats sig kunna vara förorenad av små allergena partiklar från björk- och gräs pollen under växternas blomningsperioder. Partiklarna frigörs från respektive pollenkorn vid regn och väta. Dessa *allergener* kan ge upphov till besvärliga och allvarliga kliniska symptom hos personer som utvecklat *allergier* mot olika pollensorter. Då de flesta av oss vistas mer än 90 procent av tiden inomhus syns det viktigt att se till att luften där är befriad från allergener så långt som möjligt. Detta borde kunna åstadkommas med filtrerad luft som tillförs till ett rum, med en luftrenare placerad i rummet eller med en kombination av båda teknikerna. Eftersom vi vid en genomgång av litteraturen och marknaden inte funnit några uppgifter om luftrenare, som undersökts på förmågan att ta bort små pollenallergenpartiklar från inomhusluft, har vi i föreliggande studie testat en kommersiell luftrenares egenskaper i detta avseende. Testen utfördes i ett modellrum som genom ett öppet fönster tillfördes pollenallergenhaltig utomhusluft.

Författarna

Innehållsförteckning

Inledning	1
Material och metoder	2
Material	3
Analysmetoder	3
Meteorologiska parametrar	3
Försökets utförande	3
Resultat	4
Diskussion och sammanfattning	6
Litteraturhänvisningar	6

Inledning

Då luften ute fylls av pollen från björk och gräs under vår och sommar, kommer även luft inomhus att kunna kontamineras av hela korn och submikrona partiklar av pollen ned till storleken 0.1 µm. Partiklarna bildas från pollenkornen vid nederbörd och fuktiga väderleksförhållanden och kan vid påföljande torra perioder virvla upp i luften där de kan sväva länge. De små partiklarna är speciellt hälsovådliga då de kan tränga ned i luftrören och lungorna. Pollen och dess partikulära beståndsdelar av proteinkaraktär är *allergener* som kan ge upphov till allergier, utlösa astmasymptom och allergiska reaktioner, som rinnande näsa och ögon. Det syns därför viktigt att se till att luften inomhus, där de flesta av oss vistas största delen av dygnet, hålls allergenfri.

Beroende på typ av ventilation, vädring och aktivitet av in- och utpassage av personer, som gäller för en viss inomhusmiljö kommer kritiska halter av luftburna allergen att kunna uppnås. Vi har visat att inomhusluft i skolor, i gatunära butiker och i kupéutrymmet i bussar kan hålla ansevära mängder allergen från både björk- och gräspollen (Holmquist och Vesterberg, 1999a; Holmquist *et al.*, 2001; Holmquist och Vesterberg, 2001). Till skillnad från vad som möjligen gäller för hela pollenkorn finns det idag år 2001 inga luftrenare eller tilluftsfilter som under fältmässiga förhållanden undersökts på sin förmåga att kvantitativt eliminera pollenallergen från inomhusluft. Förklaringen till detta är att det tills 1999 ej funnits någon praktisk lämplig kvantitativ analysmetod för pollenallergen i inomhusluft. Vi har nu emellertid utvecklat en immunologisk analysmetod, DOSIS, som gör det möjligt att bestämma total halt av pollenallergen i luft direkt på ett provtagningsfilter av porös teflon (Holmquist och Vesterberg, 1999b). Med denna analysmetod har vi i försök med en prototyp av en luftrenare, som bygger på en princip med elektrostatiskt uppladdade polypropylenfibrer, nyligen kunnat visa att en viss rening av inomhusluften med avseende på pollenallergen kunde nås i två gatunära butiker. De representerar hårt belastade inomhusmiljöer när det gäller dessa allergen (Holmquist *et al.*, 2001). För att se om det vore praktiskt möjligt att långtgående eliminera pollenallergen i luften i sådana utsatta miljöer har försök med en ny, kommersiellt tillgänglig luftrenare av ovan beskrivna typ, gjorts att rena luften i ett försöksrum med kontinuerlig tillförsel av utomhusluft under björk- och gräsblomningsperioderna. Utförande och resultat redovisas i föreliggande rapport.

Material och Metoder

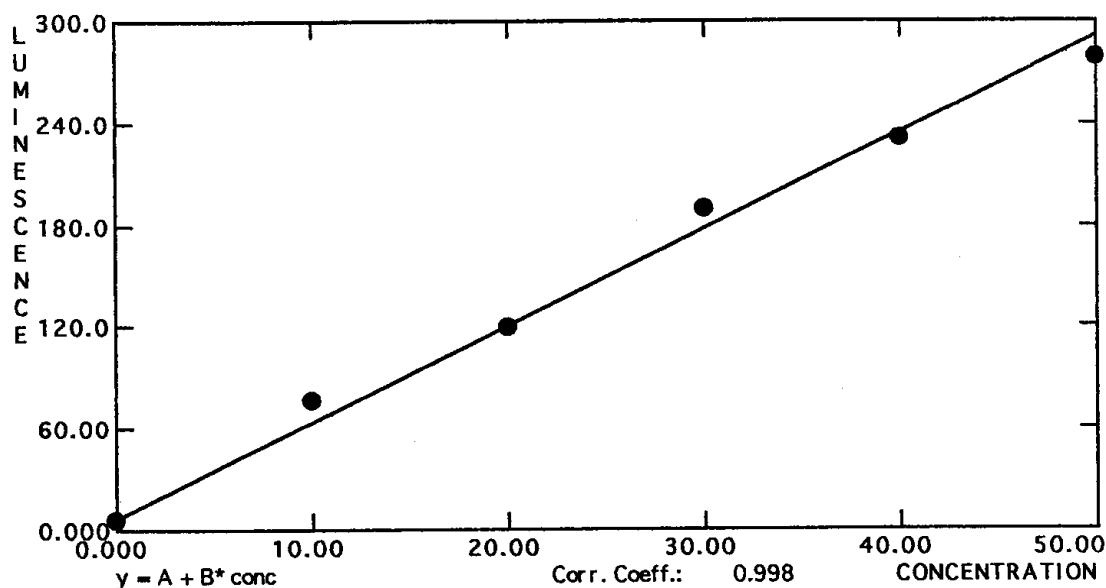
Material

Vattenextrakt av pollen från björk (*Betula pendula*) och gräs (*Phleum pratense*) för pricktestning, Soluprick SQ[®], vart och ett innehållande 100 000 SQ-enheter/ml enligt tillverkaren, köptes från ALK-Abelló A/S (Hörsholm, Danmark). Extrakten användes för tillverkning av standardkurvor för att utvisa sambandet mellan mängd allergen och motsvarande relativ luminiscensintensitet. Björk- och gräspollenextrakten innehöll 23 µg Bet v 1 respektive 25 µg Phl p 5 protein/ml (100 000 SQ) som huvudsakligt allergen enligt tillverkaren. Polyklonala monospecifika primära antikroppar, kanin IgG anti-*Betula* och kanin IgG anti-*Phleum* resta mot extrakten av björk- och gräspollen levererades också från ALK. Alla övriga reagens och material inklusive provfilterhållare var samma som tidigare beskrivits för analysmetoden DOSIS för kvantifiering av pollenallergen (Holmquist *et al.*, 2001; Holmquist och Vesterberg, 1999b). Porösa provtagningsfilter av teflon, vart och ett 25 mm i diameter och med 1.2 µm nominell porstorlek, köptes från Sartorius (Göttingen, Tyskland). Vacuumpumpar av typen AirChek[®] för provtagning av allergenhaltig luft med ett flöde av

2 l/min erhölls från SCK Inc. (Eighty Four, PA, USA). Luftrenaren var en FLIMMER[®] Maxi F50 (FRESHMAN FLIMMER[®] AB, Täby, Sverige) som arbetar enligt principen där en bunt fritt hängande 2.5 till 6 kV elektrostatiskt laddade polypropylenfibrer fångar in alla typer av partiklar i luften oberoende av vilken laddning partiklarna har. Luftrenaren som har måtten 670x670x1160 mm, suger med cirkulerande flöde in luften underifrån och släpper ut den på översidan.

Analysmetoder

Kvantifiering av pollenkorn i utomhusluft utfördes under 24-timmarsperioder vid palynologiska laboratoriet, Riksmuseét, Stockholm, Sverige med hjälp av en Burkardt sjudagars pollenfälla (Burkardt Manufacturing Ltd., Rickmansworth, England). Fällan var placerad omkring 10 meter över marken, 59°30'N och 18°00'3E och cirka 25 km från försöksplatsen med luftrenaren. Pollenallergen i inomhusluften kvantifierades med DOSIS, en immunologisk metod som bygger på att de luftburna allergenerna bestäms direkt på ett provtagningsfilter med hjälp av specifika antikroppar och som tidigare beskrivits i detalj i (Holmquist et al., 2001; Holmquist och Vesterberg, 1999b). Metoden kan i korthet beskrivas som att en bestämd volym luft som skall analyseras suges genom ett poröst filter av teflon där de partikulära allergenerna fastnar. Efter fixering av allergenerna på filtret och påföljande tvättningssteg tillåts allergenerna reagera med en specifik antikropp (immunoglobulin) riktad mot det allergen som skall bestämmas. Efter ytterligare tvättningssteg reageras det filterbundna allergen-antikroppskomplexet med en andra antikropp riktad mot den första. Den andra antikroppen är i sin tur kovalent kopplad till enzymet alkaliskt fosfatas. Det så behandlade filtret tillåts flyta på en lösning av ett substrat som kan klyvas av enzymet och därvid avge ljus, luminicera, vilket kan mätas i en luminometer. Detta gör det möjligt att bestämma mängden allergen på filtret som en linjär funktion av ljusets intensitet i en liten volym av substratlösningen genom att jämföra med en standardkurva med kända mängder allergen. Se Fig.1.



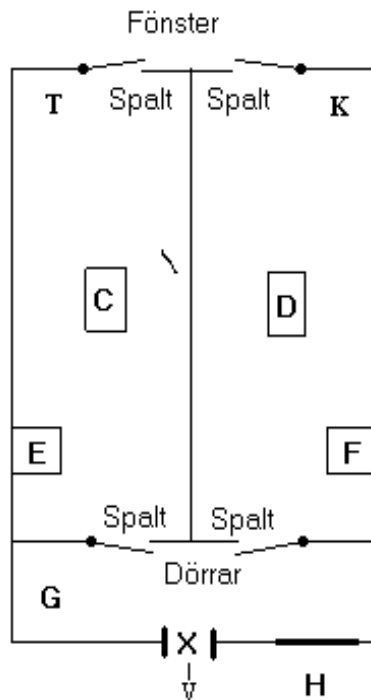
Figur 1. Faksimil av standardkurva erhållen med ett Luminoskan™-instrument (Labsystems OY, Helsingfors, Finland) vid analys av björkpollenallergen med DOSIS. Y-axeln visar relativ luminiscens och X-axeln de mängder av björkallergen som pipetterats på respektive teflonfilter och analyserats enligt förfarande för framställning av standardkurva. Punkterna representerar enkla analysvärden.

Meteorologiska parametrar

Regnmängder uppmättes dygnsvis mellan klockan 0800 och 0800 lokal tid med start på dagen för provtagning av luftburna allergen inomhus. Mätningarna utfördes av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut vid en mätstation i Vallentuna Sverige (59°52'N och 18°08' E) belägen ca 2 km från försöksplatsen med luftrenaren.

Försökets utförande

Två angränsande rum i en enplansbyggnad (65°96'N och 16°31'E) belägen i Arninge, Täby, Sverige, iordningställdes enligt Fig. 2 som beskriver rummets dimensioner, placering av luftrenaren, luftprovtagaren, luftflöden och in och utgångar. I testrummet (T) försågs luftrenaren med ett aktivt reningsfilter medan den i rummet bredvid, kontrollrummet (K), saknade filter. Luftprover togs år 2001 i 10 dagar under maj för björkallergen och under juni-juli för gräsallergen. Prover togs under 8 timmar, med start mellan klockan 0800 och 1100 lokal tid, med ett flöde genom provtagningsfiltren på 2 l/min. Luftrenaren startades 3 dygn innan respektive provtagning påbörjades och kördes under hela provtagningsperioden med ett flöde av 680 m³/h. De sista proven i varje serie sparades utan att analyseras. De övriga analyserades efter förvaring vid -70°C i omkring 2 månader. Mellan björk- och gräspollenallergenperioderna försågs luftrenaren med ett nytt, oanvänt reningsfilter och golven dammsögs och våttorkades. Luftflödet genom rummen från de delvis öppna fönstren genom spalterna i dörrarna uppmättes till 48 m³/h.



Figur 2. Skiss på försöksrum, vart och ett 2.10x4.15x2.47 (lxbxh) m, $v=20.5\text{m}^3$, för undersökning av luftrenaren FLIMMER® Maxi F50. A: Testrum med luftrenare C med aktivt filter. B: Kontrollrum med luftrenare D utan filter. E och F: Bord med pumpar för provtagning av luft enligt DOSIS. G: Tätt förmak till försöksrummen med en dörr H som hålls stängd utom vid tillträde för provtagning. X: Fläkt för sugning av utomhusluft med ett flöde av $48\text{ m}^3/\text{h}$ i pilens riktning, genom både testrum och försöksrum. Fasta spalter arrangerades mellan fönster och dörrar. För övriga detaljer se Analysmetoder och Försökets utförande.

Resultat

Koncentrationerna av björkpollen som dygnsmedelvärden i utomhusluft var relativt låga under de 10 provtagningsdagarna. Områdena för låga respektive måttliga halter är per definition mellan 0 till $10/\text{m}^3$ och 10 till $100/\text{m}^3$. Motsvarande värden för gräspollen är 0 till $10/\text{m}^3$ och 10 till $30/\text{m}^3$ som var normala under försöksperioden. Värdena för de olika pollenkoncentrationerna är sammanställda i Tabell 1 och 2. Halterna av luftburet björkpollenallergen i testrummet med aktiv luftrenare var låga, mellan 0.73 till 2.9 SQ-enheter/ m^3 , med medelvärde \pm SD på 1.2 ± 0.49 SQ-enheter/ m^3 . Luften i kontrollrummet höll mellan 4.5 till 30.5 SQ-enheter björkpollenallergen/ m^3 , med medelvärde \pm SD på 15.3 ± 5.7 SQ-enheter/ m^3 . Skillnaden mellan allergenhalterna i luften i rummet med aktiv luftrenare och kontrollrummet var statistiskt signifikant, $p=0.002$, vid analys med parat t-test. Eliminering av björkpollenallergen med luftrenaren beräknades ur ovanstående värden, som är sammanställda i Tabell 1, till i medeltal $84\pm 18\%$. Om provtagningsfiltret från den 28:de maj uteslöts, som visade ett relativt högt allergenvärde från testrummet och ett lågt värde för kontrollrummet blev elimineringen $90\pm 4\%$ med ett p-värde på 0.001.

För försöken med luftburet gräspollenallergen erhöles för testrummet med luftrenaren

0.42 till 2.0 (0.98 ± 0.59) SQ-enheter allergen/m³ och för kontrollrummet 3.8 till 14.0 (8.0 ± 3.7) SQ-enheter/m³. Skillnaden mellan test- och kontrollrummen var statistiskt signifikant även för gräspollenallergen, $p=0.0001$, och eliminering av allergen relaterad till luftrenaren beräknades till $87 \pm 7\%$. Tabell 2.

Tabell 1. Koncentrationer av björkpollen i utomhusluft och luftburet björkpollenallergen i test- och kontrollrum, med respektive utan luftrenare.

År 2001 Dag i maj	Pollen n/m ³	Nederbörd mm	Allergen		Eliminering %
			Testrum SQ-enheter/m ³	Kontrollrum SQ-enheter/m ³	
11	30				
12	138				
13	125				
14	48		1.3	11.6	89
15	4		0.83	18.7	96
16	27	3.5	0.73	4.2	83
17	4	3.6	1.5	15.5	90
18	18	8.1	2.2	30.5	93
19	11	0.8			
20	39				
21	7		1.0	9.1	89
22	8		0.96	25.4	96
23	36				
24	35				
25	4				
26	10	1.7			
27	19	2.8			
28	1		2.9	4.5	37
29	0		0.90	7.1	87
Medelvärde:	30		1.2	15.3	84
SD:	39		0.49	5,7	18

Tabell 2. Koncentrationer av gräspollen i utomhusluft och luftburet gräspollenallergen i testrum och kontrollrum, med respektive utan luftrenare.

År 2001	Pollen	Nederbörd	Allergen		Eliminering
			Testrum	Kontrollrum	
Dag i juni	n/m ³	mm	SQ-enheter/m ³		%
23	43				
24	67				
25	18		0.42	7.7	95
26	32		1.7	14.0	88
27	34		0.55	5.1	89
28	35		0.18	3.8	95
29	50	6	1.2	12.7	90
30	50				
Dag i juli	29				
1	24				
2	48		2.0	7.7	74
3	71		1.1	5.8	82
4	60		0.83	4.3	80
5	4		0.87	10.6	92
Medelvärde:	40		0.98	8.0	87
SD:	19		0.59	3.7	7

Diskussion och sammanfattning

Föreliggande undersökning visar att forcerad rening av luften med luftrenaren FLIMMER[®] Maxi F50 i ett rum som under respektive pollenperiod kontinuerligt tillförs utomhusluft genom öppet fönster, kan sänka luftburet björk- och gräspollenallergen till mycket låga nivåer på omkring 1 SQ-enheter/m³, som svarar mot omkring 0.25 ng huvudallergen/m³. Vid de koncentrationer av björk- och gräspollen pollen som rådde utomhus vid provtagningstillfällena uppnåddes statistiskt signifikant eliminering av luftburet pollenallergen inomhus med i medeltal omkring 70 till 102% med luftrenaren. Den arbetade då med 33 rumsvolyms omsättning per timme. Kompletterande försök behövs för att visa om motsvarande rening kan uppnås av inomhusluft i en autentisk miljö även under mera energisnåla driftförhållanden av luftrenaren.

Litteraturhänvisningar

Holmquist L, Vesterberg O. Quantification of birch and grass pollen allergens in indoor air. *Indoor Air* 1999a;9(2):85-91.

Holmquist L, Vesterberg O. Luminescence immunoassay of pollen allergens on air sampling polytetrafluoroethylene filters. *J Biochem Biophys Methods* 1999b;41: 49-60.

Holmquist, L. and Vesterberg O. Airborne birch and grass pollen allergens in driving compartments of coaches. *Arbete och Hälsa* 2001(2): 1-13.

Holmquist L, Weiner J, Vesterberg O. Airborne birch and grass pollen allergens in street level shops. *Int J Indoor Environment and Health*, 2001(4).