

# Hur påverkar joner Partiklar i luften

## Något om mätmetoder och mätinstrument

**Jonhalten i inomhusluft kan bli betydligt högre än i uteluften beroende på att byggnadsmaterialens radioaktivitet förorsakar högre jonisation än vad som sker i uteluften. Ventilation påverkar radonhalten och på samma gång jontätheten. Om metoder för mätning av jonhalten skriver här professor Gunnar Graeffe, Tammerfors tekniska högskola**

Luften innehåller både positiva och negativa små joner, som är bildade genom jonisering. Jonisation uppstår genom radioaktiv strålning ( $\alpha$ ,  $\beta$  och  $\gamma$ ) samt på grund av den kosmiska och ultravioletta strålningen. Småjonerna försvinner ganska snabbt då de kolliderar med föroreningspartiklar i luften och avger den elektriska laddningen till dem eller då de återförenar sig med andra små eller större joner. Också diffusionen till marken är betydande.

Vi kan skriva följande förenklade ekvation för småjonernas koncentration  $n$  om luften jonbildnings-hastighet är  $q$ , återföreningskoefficienten är  $a$ ,  $N_0$  är koncentrationen av oladdade partiklar,  $N$  är koncentrationen av laddade partiklar av vardera slaget samt  $n_0$  och  $n$  är motsvarande återföreningskoefficienten:

$$\frac{dn}{dt} = q - an^2 - nnN - n_0nN_0 \quad (1)$$

Således beror småjonernas koncentration av olika partiklar i luften. Normalt

råder jämvikt dvs  $dn/dt = 0$ . Ute på landet innehåller luften cirka 500 joner  $\text{cm}^3$  av vardera slaget. Normalt finns det mera positiva än negativa joner. Förhållandet är 1,1 – 1,3. Jonrörligheten  $k$  är större mellan negativa småjoner är mellan positiva joner. För  $k$  kan man skriva:

$$v = kE \quad (2)$$

där  $v$  är jonens hastighet i det elektriska fältet  $E$ . Man kan se ur ekvation (1) att om luften är förorenad, är jonhalten betydligt lägre. Till exempel om man röker i rummet, försvinner småjonerna nästan helt.

Jonhalten i rum kan däremot bli betydligt högre än ute. Detta beror på byggnadsmaterialens radioaktivitet som försakar en högre jonisation än vad som sker i uteluften. Genom ventilation kan man minska eller öka radonhalten och på samma gång jontätheten i rummet. Då luften går genom ventilationskanaler försvinner småjonerna genom att jonerna kolliderar med ytorna och förlorar sin laddning.

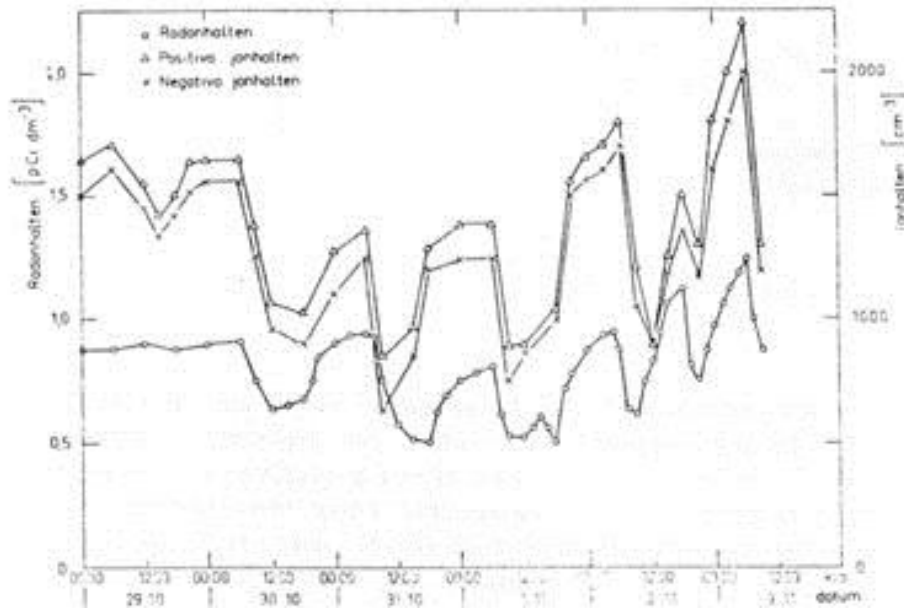
*Figur 1* återger mätningar som gjordes i en kontorsbyggnad som hade ett centralt ventilations-system. Man kan se jontätheten vanligen följer radonhalten. Under nätterna och under veckoskiftet var

ventilationssystemet inte på, och man hade en ganska hög jontäthetsnivå. Då ventilationen kommer på, minskar jontätheten. Man använde också återluften, och då ser man att radonhalten är hög men jontätheten är inte så hög. Det här beror på att radon kommer genom filtret, men radons dotterprodukter och joner försvinner från inkommande luft.

Man bör här konstatera att just genom jonisationsprocessen och genom att småjonerna kolliderar med partiklar i luften i normala förhållanden nästan alla partiklar vilkas diameter är större än  $0,5 \mu\text{m}$  är laddade antingen positivt eller negativt (bipolär situation).

### Artificiell jonisering

Man kan producera joner också artificiellt, och vanligen sker detta genom corona urladdning. Man kan producera antingen bara positiva eller negativa joner eller turvis både negativa och positiva joner. I det följande behandlas hur jonerna påverkar partiklar i



**Figur 1. Jonhalten och radonhalten i ett rum i en kontorsbyggnad under en period av en vecka. Mätningen var kontinuerlig och punkterna har tagits från oavbrutna mätningskurvor.**

uften när man endast producerar småjoner med samma förtecken (så kallade unipolar situation).

Om man producerar en stor mängd föroreningspartiklar i rummet, kan man igen inverka på jonströmmen genom att småjonerna fastnar på partiklarna som laddas vid jonrörlighetens medelvärde  $k^-$  växer och jonströmmen avtar.

### Joner och damm i luften

Småjoner fastar på partiklar i luften varvid deras laddning beror på småjonernas koncentration  $n$ , alltså  $nt$ -värdet. De laddade partiklarna rör nu i jonisatorns och jonernas elektriska fält till väggarna, taket och golvet, dvs till jordens potential och luften blir renare. Då man känner till hur partiklarna blir laddade och partiklarnas rörlighet, kan man räkna ut effekten av denna reningsverkan.

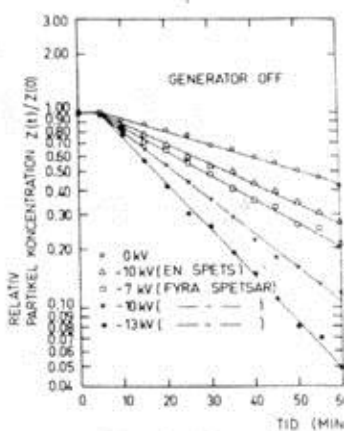
Teoretiskt är reningsverkan exponentiell och det här tycks vara förhållandet också i vanliga rum, där man använder jonisatorer. Effekten är naturligtvis beroende på den använda jonisatorn, på rummet och partiklarnas storlek. I *Figur 2* ser man hur koncentrationen av  $3 \mu\text{m}$  partiklar minskar i ett testrum (cirka  $50 \text{ m}^3$ ) då man använder olika jonisatorspänningar. En Liuberglund aerosolgenerator användes för att producera monodispersiva partiklar. I *Tabell*

*1* visas resultat för två olika partikelstorlekar.

Jonisatorns spänn.(kV)	Jonström $\mu\text{A}$	$T_{1/2}$ (min) $1 \mu\text{m}$	$7 \mu\text{m}$
-7	0,27	31,6	52,1
-8	0,43	28,4	42,0
-10	0,80	21,6	20,5
-12	1,25	14,9	19,1
-13	1,50	12,8	12,1

Det framgår av *Tabell 1* att reningsverkan är mycket betydande. Man måste dock ta i betraktande att  $nt$ -värdet växer hela tiden, men korrektionen är ganska liten när  $nt$ -värdet är större än  $10^7 \text{ s cm}^{-3}$ . Sådana värden kan man lätt nå med vanliga kommersiella jonisatorer. Man har då i rummet cirka  $10^4$  till  $10^5$  joner per  $\text{cm}^3$ .

I *Figur 3* visas halveringstidberäkningar för partiklar i ett testrum. Såsom man ser är reningsverkan



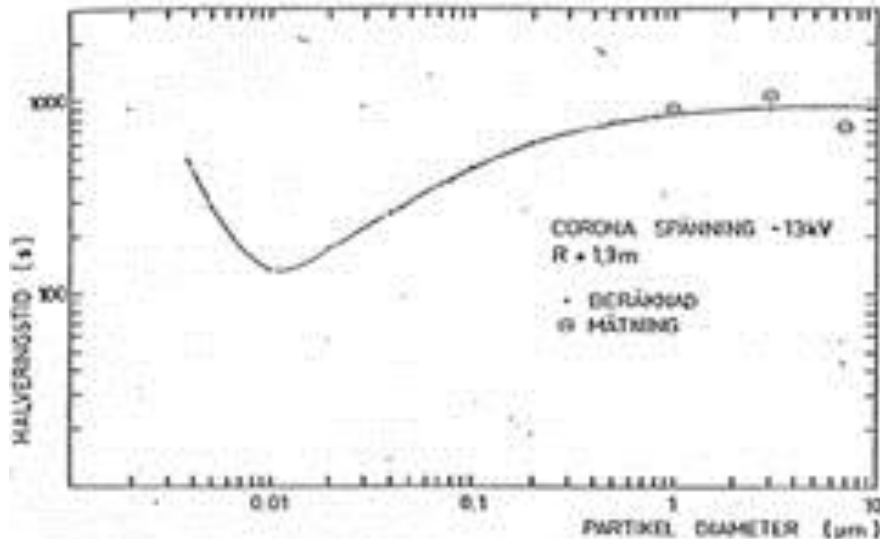
**Figur 2. Koncentration av  $3 \mu\text{m}$  partiklar i ett testrum då man använder olika jonisatorspänningar**

mycket snabb för partiklar mindre än  $0,5 \mu\text{m}$ .

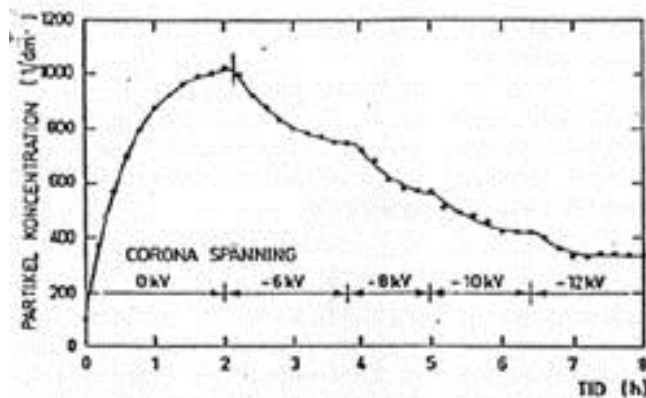
Figur 4 visar hur reningsverkan varierar då man använder olika spänningar för jonisatorer. Man producerade hela tiden monodispersiva  $3\mu\text{m}$

partiklar med en viss hastighet och man mätte jämviktsförhållandet, då man använde olika corona spänningar. Man bör här konstatera att till exempel storleken för virus är omkring  $0,03 \mu\text{m}$  och för många föroreningspartiklar i vårt samhälle såsom avgas och svavel i rökgas

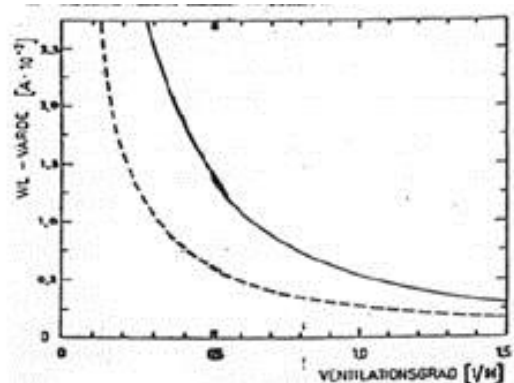
har storleken av  $0,1 - 1 \mu\text{m}$ . Inom detta område är jonisatorn en ganska effektiv luftrenare. Man har dock den nackdelen att föroreningspartiklar smutsar väggarna, taket och golvet.



Figur 3. Halveringsberäkningar för koncentrationen av partiklar av olika storlek då man använde  $-13\text{kV}$  jonisator i ett testrum.



Figur 4. Sambandet mellan reningsverkan och jonisator spänning. I försöket producerades  $3\mu\text{m}$  partiklar hela tiden med konstant hastighet och ventilationsgraden var  $1,3\text{h}$ .



Figur 5. Sambandet mellan beräknat WL-värde och ventilationsgrad. Exhalationen A är uttryckt i enigheten  $\text{pCi dm}^3 \text{ h}$ . Den avbrutna linjen visar hur WL-värdet beter sig då man använt återluft och antar 100% filtereffektivitet.

Man kan försöka undvika detta genom att använda speciella samlare. Enligt beräkningar och försök som

har gjorts, kunde man vänta att man också i praktiken skulle ha nytta av jonisatorer. Man har gjort några mycket

lovande försök både med bakterier och virus[6,7,8]. En annan effekt är att då

partiklarna (bakterier) från ytorna förhindras detta av den elektriska laddning som partiklarna har. Det råder nämligen ett elektriskt fält och dessutom kraftverkan av spegelladdning. Dessa effekter tycks fungera också för sporer.

Med jonisatorer kan man också förminska koncentrationen av radons dotterprodukter. Enligt våra försök och beräkningar kan man betydligt förminska WL-värdet (working level). *Figur 5* visar hur ventilationen påverkar WL-värdet i rummet då exhalationen är A ( $\text{pCidm}^{-3}$ ). Man ser också (den brutna kurvan) hur WL-värdet minskar när man använder återluft och man antar 100% filtereffektivitet.

### Mätinstrument

Man mäter luftens joner vanligtvis med aspirerande kondensatorer, där man har en elektrisk fältstyrka mellan elektroderna. Man drar luft genom kondensatorn, och de joner vilkas jonrörlighet är tillräckligt stor träffar elektroderna och förosakar en elektrisk ström. De joner däremot vilkas rörlighet är liten går genom detektorn. Vanligen användes cylinderkondensatorer och gränsrörligheten för dessa kan bestämmas ur sambandet:

$$kg = \frac{M \ln(R/r)}{2\pi LU}$$

Där R, r och L är kondensatorns dimensioner och U är spänningen mellan elektroderna och M är luftmängden genom kondensatorn under en viss

försöker att lossna tid. Man mäter den elektriska strömmen. Vanligen har man två detektorer den ena för negativa och den andra för positiva joner.

*Figur 6* visar en jonmätare där man kan mäta på samma gång med samma detektor både positiva och negativa joner. Mätningarna, som kan se i *Figur 1*, hade utförts med sådan jonmätare. Känsligheten är bättre än  $5 \cdot 10^{15}$  A. Fördelen med denna typ är att man mäter från samma luft både positiva och negativa joner samtidigt.

### Gunnar Graeffe

### Referenser

[1] H. Israel, *Atmospheric Electricity*. Vol 1, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1970.

[2] G. Graeffe, *Ilman ionipitoisuus*, LVI-lehti no 5 (1975) (på finska)

[3] G. Graeffe och M. Lehtimäki, *Ilman ionit ja pöly*, LVI lehti no 5 (1977)

[4] G. Graeffe och M. Lehtimäki, *Koronaionisaattori ja sen vaikutus ilman pöly- ja aerosolihukkasiin huonteloissa*. Sähkö 50 (1977) 169 (på finska)

[5] D.Y.H. Pui, Experimental study of diffusion charging of aerosols, Thesis, University of Minnesota, Particle Technology Laboratory, Publication Number 289 (1976)

[6] P. Mäkelä, J. Ojajarvi, M. Lehtimäki och G. Graeffe, *Air ionization a possible method in controlling air contamination*. Proc. Of 4<sup>th</sup> Int. Symposium on Contamination Control, Washington DC (1978)

[7] T. Etola, M. Hovi och P. Mäkelä, *The prevention of experimental air transmission of New Castle virus in chickens*. Manuscript 1978.

[8] P. Mäkelä, J. Ojajarvi, G. Graeffe and M. Lehtimäki, *Effects of unipolar ions on bacterial aerosols – a method to control airborne cross infection*. Manuskript 1978