

# Andningsskydd mot partiklar i luft på vintern

Daniel Tobjörk

På FOI i Umeå finns möjlighet att undersöka aerosolskyddet hos olika aerosolfilter i simulerat vinterklimat ända ner till  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Våra tester av vanliga FFP2-klassade andningsskydd visar på en något lägre aerosolpenetration genom filtermaterialen i kyla. Vid användartester av andningsskydd utan andningsventil kondenserades en stor del av fukten från utandningsluften i filtermaterialet. Detta kan istället leda till ett försämrat aerosolskydd vid användning i kyla.

## AEROSOLSKYDD I VINTERKLIMAT

Att använda andningsskydd är ett effektivt sätt att skydda sig mot aerosoler som innehåller biologiska, radioaktiva eller kemiska ämnen. Under covid-19-pandemin blev det mycket vanligare att använda andningsskydd i samhället. Vissa yrkesutövare tvingades använda filtrerande andningsskydd även i utomhusmiljöer under vinterförhållanden. På vintern kan dessutom aerosoliserade mikroorganismer (bakterier eller virus) överleva längre än på sommaren, p.g.a. kyla och mindre mängd ljus. Trots detta ingår test av andningsskydd endast vid rumstemperatur i de standardiserade testmetoderna.

På FOI har vi undersökt hur aerosolskyddsförmågan hos filtrerande andningsskydd påverkas av vinterförhållanden. Utöver temperaturens inverkan undersöktes även hur luftfuktighet och aerosolstorlek påverkar penetrationen av salt- och oljepartiklar genom filter, eftersom dessa parametrar interagerar.



Fryscontainer på FOI som är inredd med en  $16\text{ m}^3$  aerosolkammare för att testa aerosolskydd under kontrollerade vinterklimatförhållanden ner till  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## TEORETISK TEMPERATURPÅVERKAN

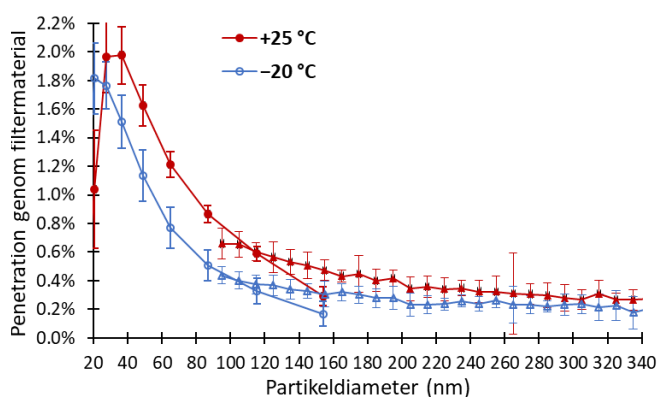
På vilket sätt och hur effektivt en aerosol filtreras i ett filtermaterial beror framförallt på partiklarnas och filterfibrernas storlek och laddning samt luftflödets hastighet. Vid låga luftflöden och för riktigt små partiklar är filterpenetrationen lägre när det är varmare. Detta eftersom partikeldiffusionen då är större och ökar sannolikheten att de träffar en filterfiber. Större partiklar i luften ( $>0,5$  mikrometer) filtreras istället mer effektivt i kyla, eftersom luftens viskositet då är lägre. För praktiska tillämpningar är den teoretiska temperaturpåverkan på aerosolpenetrationen relativt liten. En sänkning av temperaturen med  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  har ungefär samma teoretiska påverkan på aerosolpenetrationen genom ett partikelfilter som en ökning av luftens hastighet genom filtret på 10-20 %.

Speciellt vid användning av andningsskydd kan fukt ha en stor påverkan på aerosolskyddet. När det är kallt kan större delen av fukttinnehållet i utandningsluften kondensera i det kallare filtermaterialet, åtminstone om masken inte har någon utandningsventil. Fukten kan då leda till att porositeten minskar i filtermaterialet, vilket kan leda till en bättre mekanisk filtrering, men även ett högre andningsmotstånd. Vattenmolekylerna kan även skärma den elektrostatiske laddningen på filterfibrerna och därmed orsaka en sämre elektrostatisk filtrering vid användning i kyla.

## AEROSOLPENETRATION GENOM FILTERMATERIAL

Aerosolpenetrationen genom filtermaterialet i olika andningsskydd mättes vid 95 liter per minut som är det vanliga luftflödet vid europeiska standardiserade andningsskyddstester (EN 149). När salt (NaCl) användes

som testaerosol (med naturlig elektrisk laddning), för FFP2-klassade andningsskydd var penetrationen något lägre vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  än vid  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Denna effekt skulle alltså kunna förklaras av en effektivare elektrostatisk filtrering i kyla, speciellt eftersom den använda saltaerosolen ofta bär på elektriska laddningar. I figuren nedan syns även att penetrationen är störst för de mycket små partiklarna. Endast för partiklar med en diameter under 30 nm är aerosolpenetrationen istället högre i kyla (för detta andningsskydd), vilket alltså kan förklaras av att diffusionen är den dominerande filtreringsmekanismen här.



NaCl-aerosolpenetration genom ett FFP2-klassat andningsskydd som funktion av partikelstorlek vid 95 l/min luftflöde, 50 % relativ fuktighet och en temperatur på  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (röd) respektive  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (blå). Aerosolpenetrationsvärden uppmätta med två olika sorters partikelräknarinstrument.

## TOTALT INLÄCKAGE VID ANVÄNDNING

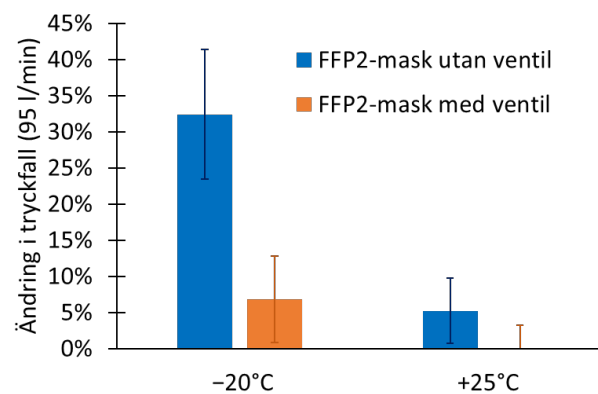
När man använder andningsskydd vill man att så stor del av inandningsluften som möjligt går genom filtermaterialet så att luften filtreras. Vid tester för totalt inläckage, TIL, mäts även inläckaget mellan masken och ansiktet. Detta läckage varierar ofta stort beroende på ansiktsform och tillpassning av andningsskyddet (speciellt vid näsan). Mängden aerosol som läcker in på detta sätt är oftast i själva verket högre än den som penetrerar genom filtermaterialet.

En del andningsskydd är utrustade med en utandningsventil. En utandningsventil minskar utandningsmotståndet avsevärt och bidrar till att denna typ av andningsskydd oftast sitter mer tätt och därmed har ett lägre inläckage. På bilderna visas foton på två FFP2-klassade andningsskydd utan och med utandningsventil.



Foto på två FFP2-klassade andningsskydd utan (3M 8810) respektive med (3M 8822) utandningsventil.

Vid användning av andningsskydd utan ventil i kyla erhöles ett stort fuktupptag i filtermaterialet, med en viktökning från omkring 12 till 15 g redan efter 20 minuters användning vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Denna kondensbildning kan leda till ett sämre aerosolskydd vid användning i kyla. Detta dels eftersom filtermaterialet därmed förlorar sin elektrostatiska laddning och dels p.g.a. ökningen i andningsmotståndet. Ändringen i andningsmotstånd efter TIL-testet visas i stapeldiagrammet nedan. Ett högre andningsmotstånd genom filtermaterialet kan leda till ökat inläckage, dvs. större mängd luft som läcker in mellan ansikte och mask om det inte är väl tillpassat. För andningsskyddet med utandningsventil var ökningen i tryckfall vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  i medeltal endast omkring en femtedel så stor som för andningsskyddet utan utandningsventil.



Ökning i tryckfall (dvs. andningsmotstånd) för FFP2-masker utan (blå staplar) och med (orangea staplar) utandningsventil vid ett konstant flöde på 95 l/min efter 20 min användning vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  och  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Det totala inläckaget under 20 minuters användning var i medeltal omkring dubbelt så högt vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  som vid  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Skillnaden var dock inte statistiskt signifikant p.g.a. den stora variationen i mätdata som användartester ger.

## SLUTSATSER

Det är förvånande att kylans effekt på aerosolskyddet inte har studerats närmare tidigare. Våra beräkningar och tester visade dock att temperaturpåverkan är relativt begränsad. Endast för de minsta partiklarna (och vid låga flödes hastigheter) var aerosolpenetrationen högre i kyla än vid rumstemperatur. Vår studie visade att när andningsskydd används i kyla kan en relativt stor mängd fukt kondensera i filtermaterialet och försämra både andningsmotstånd och aerosolskydd. Efter 20 minuters användning vid  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  var dock FFP2-kraven för de testade andningsskydden fortfarande uppfyllda. Vid ännu längre användning är det möjligt att andningsskydden inte längre ger tillräckligt skydd och bör då bytas ut, men några längre tester av detta har ännu inte genomförts för att bekräfta detta.

Speciellt för mikroorganismer är det viktigt att också ta hänsyn till det storleksberoende aerosolupptaget i olika delar av andningsvägarna. Mikroorganismer som sprids i aerosolform återfinns oftast i relativt stora partiklar, emedan det största aerosolupptaget i lungorna sker för partiklar som är omkring 20 nm. Ofta är filtermaterialet i andningsskyddet bra på att filtrera partiklar av större storlek, men däremot kan bidraget från inläckage mellan mask och ansikte vara betydligt större för dessa. Detta och många andra aspekter av aerosolskydd i vinterklimat är ännu outredda och återstår att undersöka närmare.