



Suojatilalaitteiden ilmansuodattimissa käytettävän aktiivihiiilen pidätyskykytutkimus

Timo Kröger

Räjähde- ja suojelutekniikkaosasto

Suomessa on jo vuosikymmenten ajan varauduttu kriisitilanteisiin rakentamalla eritasoisia suojatiloja väestölle ja viranomaisille. Suojatilojen ylläpitoa on aikojen saatossa saatettu laiminlyödä ja nyt kiristyneen maailmanpolitiikan vuoksi suojatilojen kunnon selvittäminen on muuttunut ajankohtaiseksi. Sisäministeriö tilasi Puolustusvoimien tutkimuslaitokselta selvityksen käytössä olevien suojatilojen suojatilalaitteistojen aktiivihiihisuodattimien pidätyskyvystä. Aktiivihiihisuodattimet ovat keskeinen osa väestönsuojan suojatilalaitteistoa.

Johdanto

Sisäministeriö tilasi selvityksen käytössä olevien suojatilojen suojatilalaitteistojen aktiivihiihisuodattimien pidätyskyvystä Puolustusvoimien tutkimuslaitoksesta vuonna 2023. Vuoteen 2005 asti väestönsuojien suodattimille oli vaatimuksena vain taistelukaasujen pidätyskyky. Vuonna 2005 tuli lisäksi vaatimus teollisuuskaasujen sekä radioaktiivisen metyylijodidin pidätyskyvylle. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia millainen pidätyskyky on tällä hetkellä suojatiloissa käytössä olevilla ja varastoiduilla aktiivihiihisuodattimilla.

Lainsäädäntö väestönsuojalaitteista

Väestönsuojien vähimmäisvaatimukset määrittää lainsäädäntö. Vuoteen 2005 asti väestönsuojien suodattimille oli vaatimuksena vain taistelukaasujen pidätyskyky. Vuonna 2005 (asetus 660/2005) tuli lisäksi vaatimus teollisuuskaasujen sekä radioaktiivisen metyylijodidin pidätyskyvylle. Tällä hetkellä on voimassa vuonna 2011 annettu asetus (409/2011 Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista). Vaatimusten muuttuminen johti uudentyyppisen aktiivihiihen (NBC-ABEK) käyttöönottoon suodattimissa. Aiemmin suojatiloissa käytettiin perinteistä NBC-aktiivihiihiltä, joka on tarkoitettu suojautumiseen taistelulainetta vastaan.

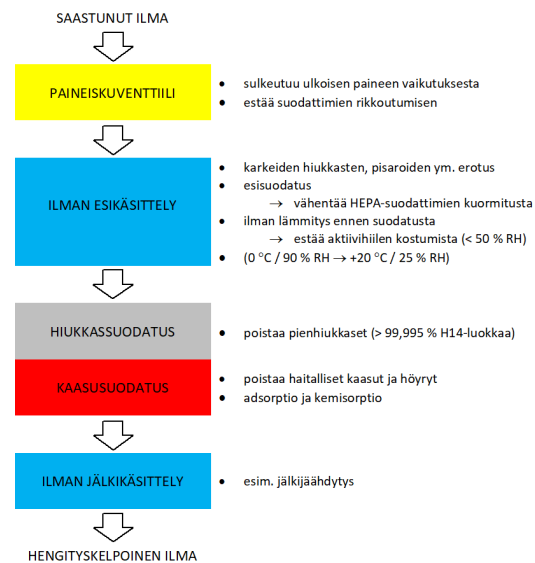
Valmiin erityissuodattimen pidätyskyky kuivalla hiihellä taistelukaasuille ja muille haitallisille kaasuille on taulukossa 1. Kapasiteettivaatimus on annettu kaasukiloina/suodattimen nimellisilmavirta.

Taistelukaasu	Kaasupitoisuus tilavuus %	Läpituloraja mg/m3	Kapasiteetti kg/dm3/s
Klooripikriini	0,2	2	0,125
Kloorisyaani	0,2	20	0,015
Syaanivety	0,2	11	0,02
Kloori	0,2	1,5	0,038
Rikkidioksidi	0,2	13	0,025
Ammoniakki	0,2	18	0,005

Taulukko 1. Asetuksen 409/2011 pidätyskykyvaatimukset taistelukaasuille ja muille haitallisille kaasuille.

Aktiivihiihisuodattimet

Aktiivihiihisuodattimet ovat keskeinen osa väestönsuojan suojatilalaitteistoa. Suojatilaan sisään tuleva ilma pitää käsitellä ennen kuin se johdetaan suojatilaan. Väestönsuojatilaan sisään tuleva ilma kulkee paineiskuventtiilien, hiukkassuodattimen ja esilämmityksen kautta aktiivihiihisuodattimelle, jossa poistetaan haitalliset kaasut ja yhdisteet. Tarvittaessa sisään tulevaa ilmaa myös voidaan joutua jälkikäsittelemään esimerkiksi jäähdyttämällä. Suojatilalaitteistoissa on yleensä useampi aktiivihiihisuodatin rinnakkain, mikä lisää suojatilalaitteiston suodatuskapasiteettia. Kuvassa 1 on väestönsuojalaitteiston kaaviokuva.



Kuva 1. Väestönsuojalaitteiston kaaviokuva (Kuva: Sirkka-Liisa Jäppinen/PVTUTKL, Grafiikka: Sirpa Korpela/PVTUTKL).

Aktiivihiihisuodattimet eivät suodata hääkää eli hiilimonoksidia, keveitä hiilivetyjä esim. maakaasua eikä jalokaasuja. Yleissääntönä voidaan pitää, että aktiivihiihisuodatin ei suodata pienimolekyyllisiä matalan kiehumispisteen omaavia yhdisteitä.

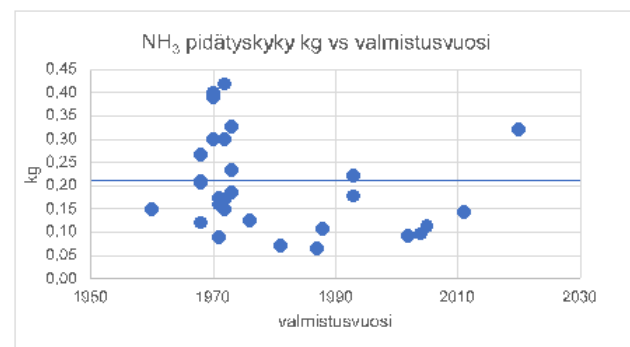
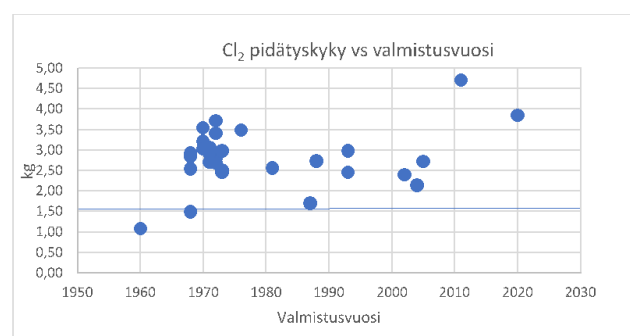
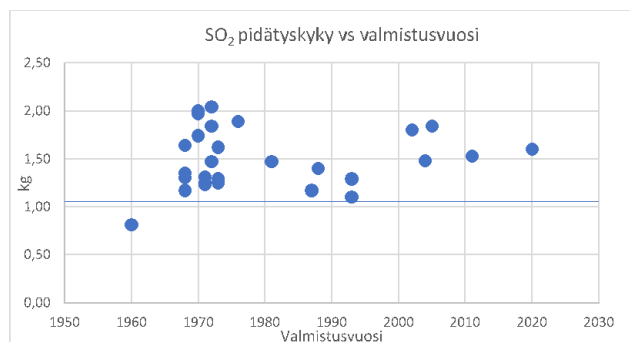
Aktiivihiihen pidätyskyky ja siihen vaikuttavat tekijät

Kaasujen suodattaminen perustuu molekyylin tarttumiseen aktiivihiihen pintaan (adsorptio) aktiivihiihen sisällä olevissa huokosissa. Molekyylikokoisilla hiukkasilla on taipumus hakeutua paikkaan missä hiukkasia ei vielä ole. Tätä prosessia kutsutaan diffuusioksi. Diffuusio pyrkii tasoittamaan aineen pitoisuutta (konsentraatiota), kunnes tasapainotila on saavutettu. Tämä prosessi vastaa hiukkasille samaa kuin energian siirtyminen lämpimästä kappaleesta kylmempään, kunnes on saavutettu termodynaaminen tasapaino [1].

Molekyylin joutuessa huokoisen rakenteen sisään, se kulkee huokosissa, kunnes tarttuu seinämään kiinni. Riippuen suodatettavasta kaasusta, voidaan puhua joko fysikaalisesta adsorptiosta (fysisorptio) tai kemiallisesta adsorptiosta (kemisorptio). Adsorptioon

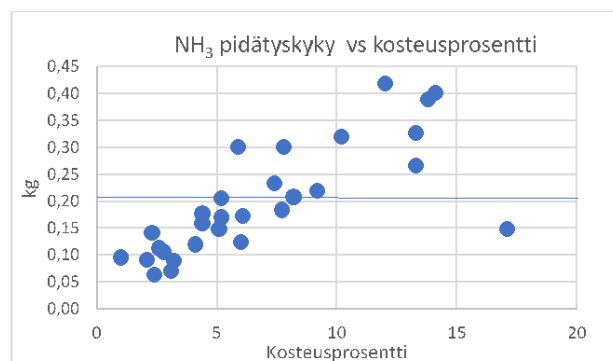
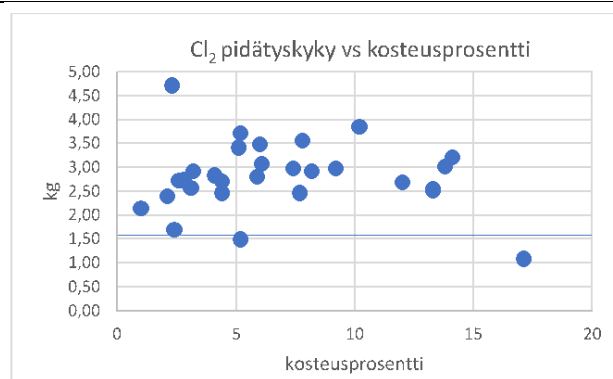
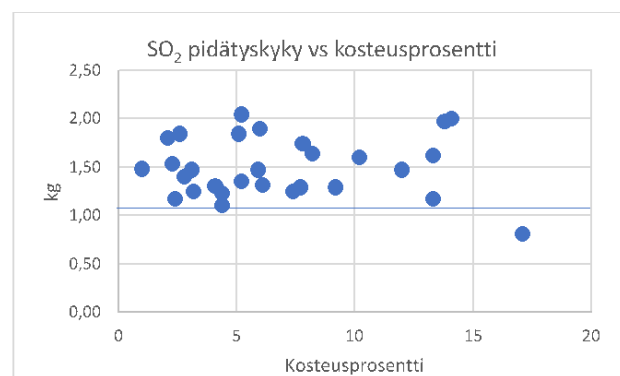


Alla olevat kuvaajat havainnollistavat aktiivihiilen pidätyskyvyn ja valmistusvuoden suhdetta. Kuvassa oleva viiva kuvaa uuden S-1 erityissuodattimen pidätyskykyvaatimusta kiloina.



Kuva 3. Aktiivihiilen pidätyskyky kiloina tutkituille yhdisteille vs. aktiivihiilisuodattimen valmistusvuosi

Alla olevat kuvaajat havainnollistavat aktiivihiilen pidätyskyvyn ja suhteellisen kosteuden suhdetta. Kuvassa oleva vaakaviiva kuvaa uuden S-1-erityissuodattimen pidätyskykyvaatimusta kiloina.



Kuva 4. Aktiivihiilen pidätyskyky kiloina tutkituille yhdisteille vs. mitattu aktiivihiilen kosteusprosentti.

Johtopäätökset

Pidätyskykymittausten perusteella suurin osa tutkituista suojatila-laitteiden aktiivihiilisuodattimista on edelleen toimintakuntoisia ja omaavat hyvän pidätyskyvyn teollisuuskaasuja vastaan, vaikka sitä ei ole aktiivihiilen valmistushetkellä vaadittu. Teollisuuskaasuista ammoniakkiin pidätyskyvyssä oli eniten vajausta verrattuna uuteen aktiivihiileen. Toisaalta aktiivihiilen korkeampi kosteusprosentti parantaa ammoniakkiin pidätyskykyä (taulukko 4, kuva 4).

Lisäksi tulosten perusteella havaittiin, että aktiivihiilisuodattimen ikä ei korreloi merkittävästi aktiivihiilen pidätyskykyyn. Jopa 1960-luvulla valmistetut aktiivihiilet ovat edelleen toimintakuntoisia, jos ne on säilytetty kosteudelta ja ilmalta suojattuna sinetöidyissä pakkauksissa. Aiempien aktiivihiilitutkimustulosten perusteella korkea (> 15 %) kosteusprosentti on indikaattori aktiivihiilen mahdolliselle ikääntymiselle ja pidätyskyvyn heikkenemiselle.

Lisätietoja

FM Timo Kröger (p. 0299 550 800) on Puolustusvoimien tutkimuslaitoksen Räjähde- ja suojelutekniikkaosaston tutkija.

Tutkimuskatsaukset ovat saatavissa Puolustusvoimien tutkimusrekisteristä: <https://pvttyotilat.tuve.fi/sites/tutkimusrekisteri>

Lähteet

- [1] H. Marsh, F. Rodriguez-Reinoso, Activated Carbon: Elsevier, 2006.
- [2] T. Amitay-Rosen et al., J. Occup. Environ. hyg. 12, 130–137.
- [3] S.S. Barton et al., Carbon, 34, 975–982 (1996).