

Podcastin kirja, jossa on
paljon kuvia



Sven Rentschler

Väärinkäsityksiä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa



NEUVONTA+ SUUNNITTELU

© cci Dialog GmbH, Karlsruhe Kaikki

oikeudet pidätetään.

ISBN: 978-3-922420-74-3

Tämä kirja ja sen koko sisältö on tekijänoikeuden suojaama. Sitä ei saa jäljentää kokonaan tai osittain missään muodossa tai millään tavalla, ei sähköisesti eikä mekaanisesti (valokopioimalla, tallentamalla tai muulla tavalla olemassa olevilla tai tulevilla järjestelmillä) ilman kustantajan etukäteen antamaa kirjallista lupaa.

Kustantaja ja tekijä eivät vastaa tietojen ajantasaisuudesta, oikeellisuudesta, täydellisyydestä tai laadusta. Painovirheitä ja virheellisiä tietoja ei voida täysin sulkea pois.

1. painos 2023

Tekijä: Sven Rentschler, Rentschler REVEN GmbH, Ludwigstr. 16-18, 74372 Sersheim Valokuvat,
kuvatekstit: Rentschler REVEN GmbH

Taitto, kansikuva, piirroksiset kuvat: Gabriele Wiedemann, digital-kunst.com Oikoluku: Eva
Schwarz, technische-uebersetzungen-eva-schwarz.de

Paino: Esser bookSolutions GmbH, Göttingen

Kustantaja: cci Dialog GmbH, Poststr. 3, 76137 Karlsruhe

Koko oma julkaisuluettelo ja eksklusiivinen ammattikirjojen valikoima löytyvät osoitteesta cci-dialog.de.
cci Buch on cci Dialog GmbH:n tavaramerkki.

Podcastista

Podcast sai niin suuren vastakaikon, että siitä syntyi luonnostaan idea kirjaksi. Palautetta, joka puhuu puolestaan:



"... podcast ilmavirtauksista herätti uteliaisuuden kuulla lisää ..."

"... haluan onnitella teitä mielenkiintoisesta podcastista "Ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden väärinkäsitykset" ja kiittää siitä saamastani tiedosta ..."

„... kiitos todella mielenkiintoisesta podcastista.

Jatkoa olisi tervetullutta. Olen toiminut yli 20 vuotta projektipäällikkönä ilmanvaihtotekniikan alalla ja olen oppinut paljon käytännön työstä ja tulevista projekteista. Olisin iloinen, jos voisin rakentaa seuraavan keittiön rakentaa seuraavan keittiöjärjestelmänne ..."

"... Haluan onnitella teitä podcastista. Aihe on hyvin ymmärrettävä myös minulle, joka en ole niin perehtynyt aiheeseen ..."

"... podcastin tarkkaavaisena kuuntelijana haluaisin tilata vuoden 2023 julkaisun. Toivon lisää jaksoja aiheesta ilma – arvokkaimmasta ravintoaineestamme..."

Kiitokset

Haluan esittää erityiset kiitokseni Gabriele Wiedemannille ja Eva Schwarzille. Olen työskennellyt molempien palveluntarjoajien kanssa menestyksekkäästi jo monien vuosien ajan. Yli kymmenen vuotta sitten syntyi tämän yhteistyön tuloksena tuotekuvasto yrityksellemme, REVEN GmbH:lle, joka käsitteli samoja aiheita kuin tämä kirja. Olemme toteuttaneet myös muita projekteja, kuten yrityksemme kotisivujen onnistuneen toteutuksen, tämän tiimin kanssa. Näissä projekteissa saamamme kokemukset ovat vaikuttaneet merkittävästi tämän kirjan syntyyn.

Wiedemannin grafiikat ja Schwarzin tekstikorjaukset perustuvat pitkäaikaiseen yhteiseen kokemukseen ja muodostavat taustan aihepiirin ainutlaatuiselle ymmärrykselle. Yhteistyö tämän kirjan parissa oli miellyttävää ja mutkatonta, ja sen tulos on sellainen, jota en olisi yksin pystynyt saavuttamaan.

Erityinen kiitos kuuluu myös SCHAKO-konsernin osakkaille, jotka tukivat kirjan kirjoittamista alusta alkaen ja näkivät siinä mahdollisuuden vahvistaa konsernimme mottoa ”Pure competence in air”.

Kiitän myös kollegoitani Holger Reulia, Sascha Kessiä ja Vitali Laiia kaikista viime vuosien innostavista keskusteluista ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden aiheista, jotka ovat antaneet minulle paljon inspiraatiota tähän kirjaan.

Olin iloinen, jos voisimme jatkaa tämän kirjan aiheiden ja ajatusten käsittelyä ja syventää niitä. Voit ottaa minuun yhteyttä LinkedInin kautta. Odotan innolla keskustelua kanssasi.

Esipuhe

Pandemian alkaessa vuonna 2020 oikea ilmanvaihto nousi yhdeksi tärkeimmistä aiheista Saksassa. Kaikkialla maassa keskusteltiin terveellisestä sisäilmasta. Kiivasta keskustelua käytiin siitä, miten luokkahuoneet tulisi tuulettaa oikein. Usein todettiin hämmästyneenä, että hyvin monissa toimistotiloissa ei ole ilmanvaihtojärjestelmää, joka tuottaisi raitista ilmaa. Kompaktien ilmanpuhdistimien valmistajat kokivat yhtäkkiä kultakuumeen. Maassa keskusteltiin kiivaasti siitä, miten sisäilman pilaantumista voidaan mitata ja arvioida. Jopa kampanjoita käynnistettiin, joissa puhdasta ilmaa mainostettiin tärkeimpänä elintarvikkeena.

Mistä tämä suuri sitoutuminen tuli niin yhtäkkiä ja niin voimakkaasti? Monet näistä argumenteista ja kysymyksistä ovat seuranneet minua koko työurani ajan. Vuonna 1995 aloitin työt yrityksessämme, REVEN GmbH:ssa.

REVEN on lyhenne sanoista REntschler VENTilation. Ilmanvaihto on juuri se prosessi, johon REVEN GmbH on keskittynyt jo sukupolvien ajan ja jonka parissa olen työskennellyt ensin teknisenä johtajana ja nyt toimitusjohtajana jo vuosikymmenten ajan. REVEN GmbH:n ilmanpuhdistimet ja ilmanvaihtotuotteet käytetään puhdistamaan ilmaa kaupallisissa tiloissa. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi elintarviketeollisuuden tuotantohallit, koneenrakennuksen laitokset sekä suuret keittiöt ja ruokalat. Näillä tuotantotiloilla on yksi yhteinen piirre: tilojen tai hallien ilma on usein erittäin saastunutta ja likainen. Saastumisen asteen mittaaminen ja analysoiminen sekä ilman suodattaminen ja puhdistaminen tällaisissa tiloissa ovat tehtäviä, joihin olemme REVEN GmbH:ssa keskittyneet jo vuosikymmenien ajan.

Koronakriisin alusta vuonna 2020 lähtien nämä ilmanpuhdistukseen liittyvät tehtävät eivät enää olleet merkityksellisiä vain teollisuudelle, vaan ne nousivat esiin koko

Saksa. Osittain erittäin kiihkeissä keskusteluissa huomasin, että teollisuuden ja yksityisen sektorin tehtävät olivat yhä enemmän samankaltaisia. Äkillisen kysynnän kasvun vuoksi jotkut valmistajat eivät kuitenkaan enää kiinnittäneet niin tarkasti huomiota huoneilmanpuhdistimien suorituskykyä koskeviin tietoihin. Paljon väitettiin ja vielä enemmän luvattiin. Monien ratkaisujen ilmanvaihtoteho, suodatusteho ja tehokkuus ovat – etenkin maallikoille – vaikeasti ymmärrettäviä, mikä johti keskustelussa väärinkäsityksiin. Nämä väärinkäsitykset, esimerkiksi puhtaasta ilmasta ja luokkahuoneiden asianmukaisesta ilmanpuhdistuksesta, ovat samankaltaisia kuin väärinkäsitykset, jotka ovat vakiintuneet puolittaisiksi totuuksiksi teollisuudessa vuosikymmenten aikana.

Tämä kirja tarjoaa yleiskatsauksen ilmanvaihtoon liittyvistä väärinkäsityksistä ja puolittaisista totuuksista sekä niiden alkuperästä sekä yksityis- että teollisuusalalla.

En aio käsitellä yksittäisiä aiheita liian tieteellisesti, vaan pikemminkin niiden kokemusten perusteella, joita olen kerännyt vuodesta 1995 lähtien työssäni ja käytännön toiminnassa REVEN GmbH:ssa. Jo koneenrakennusopintojeni aikana Stuttgartin yliopistossa sain käsityksen menestyksekkään teknologia- ja innovaatiojohtamisen tärkeistä tehtävistä. Näin sain arvokasta tietoa innovatiivisesta tuotekehityksestä ja tiedonvaihdesta tutkimuksen ja käytännön välillä.

Tämän kirjan avulla haluan tukea tätä vaihtoa ja syventää sitä ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden alalla, jotta voimme poistaa joitakin väärinkäsityksiä.

*"Saastuneessa ympäristössämme ilma on vähitellen
tulossa näkyväksi."*

(Norman Kingsley Mailer (1923—2007), yhdysvaltalainen kirjailija)

Sisällys

Kiitokset	3
Esipuhe	4
1. Miten jotain voidaan imeä pois?	9
1.1. Ilmansaasteiden mittaamiseen liittyvät väärinkäsitykset	12
1.2. Puhaltaminen voi auttaa mittaamisessa ja imemisessä!	22
2. Miten jotain voidaan suodattaa?	27
2.1. Suodattamisen ja erottamisen välinen väärinkäsitys	29
2.2. Pyörremyrskyt voivat auttaa ilman puhdistuksessa!	35
3. Kuinka höyryt ja hajut voidaan poistaa?	47
3.1. Höyryjen ja aerosolien välisen eron väärinkäsitys	50
3.2. FID-mittauslaitteet voivat auttaa ilman pilaantumisen analysoinnissa!	57
4. Kuinka virukset ja hajut voidaan neutraloida?	65
4.1. UV-C-säteilyn väärinkäsitys	68
4.2. Voiko UV-C-säteily poistaa aerosoleja?	77
5. Kuinka ilmavirtaukset voidaan tehdä näkyviksi?	87

5.1. Ilmavirtauksia koskevien värikkäiden kuvien aiheuttama väärinkäsitys.....	90
5.2. CFD-simulaatiot tekevät ilmavirtaukset näkyviksi!.....	95
6. Kuinka ilman pilaantumista voidaan mitata?	105
6.1. Sisäilman laatua koskeva väärinkäsitys.	114
6.2. Hiukkasmittaukset tekevät ilman pilaantumisen näkyväksi!.....	126
Lopuksi	132

1. Miten jotain voidaan imeä pois?

?



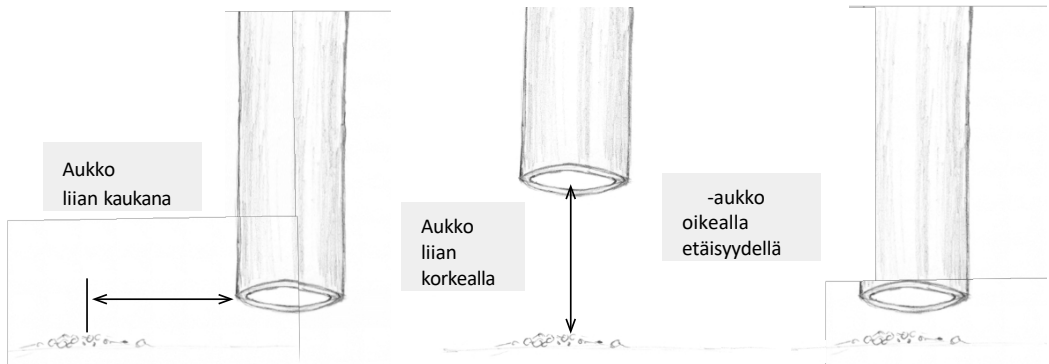
Miten jotain voidaan yksinkertaisesti imeä pois? Periaatteessa tämä on yksinkertainen kysymys, johon jokainen ilmanvaihtotekniikan alan ammattilainen osaa vastata heti! Mutta onko tehokas imu todella niin yksinkertaista ja triviaalia kuin ensi silmäyksellä voisi luulla?

Käytännön esimerkki: pölynimuri

Tässä on yksinkertainen esimerkki, joka on meille kaikille tuttu: imurointi – olipa kyseessä sitten rakas auto tai kotona olohuone. Kun imuroimme, haluamme imeä pois likaa, kuten esimerkiksi leivänmuruja matolta. Mitä lähemmäksi imurin suulake on maton muruja, sitä helpommin ja nopeammin ne imeytyvät. Paras tulos saavutetaan, kun imurin suulake pidetään suoraan lian päällä. Ennen kuin huomaammekaan, murut ovat kadonneet imuriin.

Tämä on vastaus kysymykseen, miten jotain voidaan imuroida hyvin! Se on imettävä sataprosenttisesti. Vasta sitten se voidaan imuroida kokonaan. Esimerkissämme meidän piti pitää imurin suutin suoraan maton päälle leivänmuruja, jotta ne imeytyivät hyvin ja kokonaan.

Oikea imuasento



Kuva 1

Tämä perusperiaate on sovellettava ilmanvaihtotekniikassa kaikkialla, missä käytetty ja saastunut ilma on poistettava kokonaan – luokahuoneissa, joissa virusten saastuttama ilma on poistettava, hitsaamoissa, joissa hitsausuhuuru on otettava talteen, keittiöissä, joissa keittöhöyryt on poistettava, ja koneenrakennuksessa, jossa höyrystyneet jäähdytys- ja voiteluaineet on otettava talteen nykyaikaisista työstökoneista. Kaikissa näissä esimerkeissä höyryt, kaasut, virusten saastuttama ilma ja aerosolit on otettava talteen ja imettävä pois eri muodoissa.

Tässä yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota järjestykseen:

Ensin kerääminen, sitten imu!

1.1. Ilman epäpuhtauksien talteenottoon liittyvät väärinkäsitykset

Kuten alussa esimerkissä opimme, maton päälle pudonneet leivänmurut voidaan imuroida nopeasti ja helposti vain, jos imurin suutin pidetään suoraan murujen päällä! Sama pätee keittiön ilmanvaihtotekniikkaan. Imuroitaessa on tärkeää pitää oikea etäisyys. Tällä ei ole merkitystä, puhummepa sitten suuresta ilmanvaihtolaitteistosta tehtaan ruokalassa tai kotikeittiöstämme. Myös kotimme design-liesituuletin toimii samalla periaatteella, joka kuvataan seuraavassa keittiön höyryjen keräämisessä ja imuroinnissa.

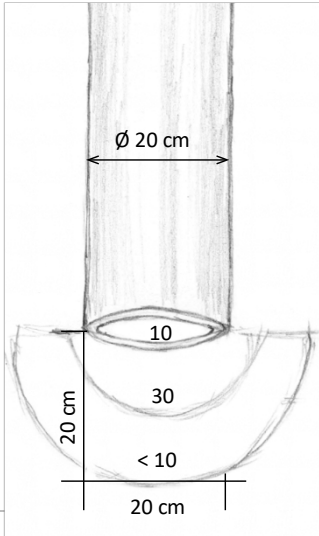
Väärinkäsitys

Imutehon ja imuputken etäisyyden suhde

Imuteho on sataprosenttinen suoraan imulaitteen aukon kohdalla. Tämä pätee myös pölynimurin suulakkeeseen! Myös tässä tapauksessa suurin imuteho saavutetaan suoraan suulakkeen aukon kohdalla. Imuteho heikkenee sitä mukaa, mitä kauemmas suulakkeen aukosta siirrytään.

Tässä yhteydessä aliarvioidaan usein imutehon heikkenemisen astetta. Halkaisijaltaan 20 senttimetrin imuputkessa imuteho on 20 senttimetrin etäisyydellä aukon suusta vain 10 % alkuperäisestä imutehosta.

Imuteho suhteessa etäisyyteen



100 Imuteho suoraan putken sisäänmenokohdassa

Imuteho heikkenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa imuputken sisääntulosta.

Imuteho on vain noin 10 %, kun imuputken etäisyys on sama kuin putken halkaisija (tässä 20 cm).

Kuva 2

Jos imuputken etäisyys likaisesta kohdasta on yhtä suuri kuin putken halkaisija, imuteho on vain noin 10 %.

Tämä sääntö pätee kaikkiin imulaitteisiin riippumatta siitä, onko kyseessä kotitalouden pölynimuri tai liesituuletin, teollisen hitsaamon ilmanvaihtojärjestelmä tai tehtaan ruokalan suuri ilmanvaihtokatto. Jos imulaitteen ja vapautuvien haitallisten aineiden keräyspisteen välinen etäisyys on liian suuri, imuteho on nolla. Useimmissa tapauksissa tämä tapahtuu jo 30–50 senttimetrin etäisyydellä!

Väärinkäsitys

Parempi tehokkuus virtauksen optimoiduilla suutinlevyillä

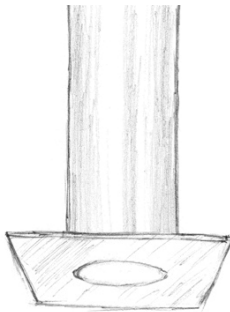
Myös tehokkuuden suhteen esiintyy usein väärinkäsityksiä. Monissa tapauksissa vallitsee käsitys, että niin sanotut virtauksen optimoidut suutinlevyt parantavat imuvoiman tehokkuutta. Tällöin imuputken ympärille asennetaan ylimääräinen levy. Putki istuu keskellä levyn aukkoa, ja levyn ja imuputken välinen siirtymä on muotoiltu säteittäiseksi imusuuttimeksi. Tämän imusuuttimen on tarkoitus optimoida ilman virtaus imualueella ja siten tehostaa imua. Vertailtaessa imuputkea, jossa on virtauksen optimoitu suutinlevy, perinteiseen imuputkeen, jossa on levy ilman imusuutinta, voidaan havaita vain vähäisiä etuja.

Suutinlevyt

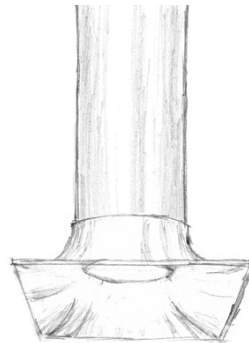
Suutinlevyt ovat hyödyllisiä ohjaamaan ilmavirtausta, mutta niiden vaikutus imutehoon on vähäinen.



Imuputki ilman
suutinlevyä



Imuputki laippalevyllä



Imuputki
suutinlevyllä

Koe – kynttilän liekin sammuttaminen imemällä

Käytämme esimerkkinä kynttilää. Oletko koskaan yrittänyt sammuttaa kynttilän imemällä ilmaa? Varoitin sinua: älä yritä sitä! Tämän aiheen luennoilla teen tämän kokeen säännöllisesti yleisön edessä ja poltan aina melkein huoleni, koska minun on tuotava imukohta, eli suuni, hyvin lähelle kynttilää, jotta saan aikaan minkäänlaista vaikutusta liekkiin. Liekin sammuttaminen imemällä ei kuitenkaan yleensä onnistu!

Tämän yksinkertaisen esimerkin avulla käy selväksi, kuinka rajallinen imuvaikutus on ja kuinka tärkeää imukohdan läheisyys on, kun haluamme tarttua johonkin ja imeä sitä.

Väärinkäsitys

Etäisyys ilmanpuhdistimen imuaukosta ei ole niin tärkeä

Tämän väärän käsityksen vuoksi käytännössä tehdään usein virheitä: koulujen ilmanpuhdistimissa, hitsauslaitteiden ilmanvaihtolaitteissa, keittiön liesituulettimissa ja työstökoneiden aerosolierottimissa imuaukot ovat usein liian kaukana päästökohdasta.

Imurilla voimme ratkaista tämän ongelman nopeasti siirtämällä imusuulakkeen likaisen kohdan päälle. Kiinteästi asennetuissa liesituulettimissa tämä ei valitettavasti ole mahdollista. Tällöin keittokaasujen on päästävä liesituulettimen imualueelle, muuten keittiön höyryt eivät yksinkertaisesti imeydy ja niitä ei voida poistaa.

CFD-simulointi

Ilmavirtausten ja niiden sisältämien haitallisten aineiden kerääminen ja imu voidaan simuloida, visualisoida ja analysoida yksityiskohtaisesti sopivilla ohjelmistoratkaisuilla. Tätä varten käytetään numeerista virtaussimulaatiota, jota kutsutaan myös CFD-simuloinniksi. CFD on lyhenne sanoista Computational Fluid Dynamics. Tämän simulointimenetelmän avulla voidaan visualisoida erilaisia ilmavirtauksia ja arvioida imutehoa.

Oma kokemuksemme

Olemme tutkineet tällä menetelmällä muun muassa perinteisten liesituulettimien tehokkuutta. Ensimmäiset numeeriset virtaussimulaatiot tehtiin yrityksessämme jo vuonna 1996. Tuolloin vielä melko yksinkertaisten simulaatioiden analysointi ja tulosten laskeminen kesti usein useita päiviä.

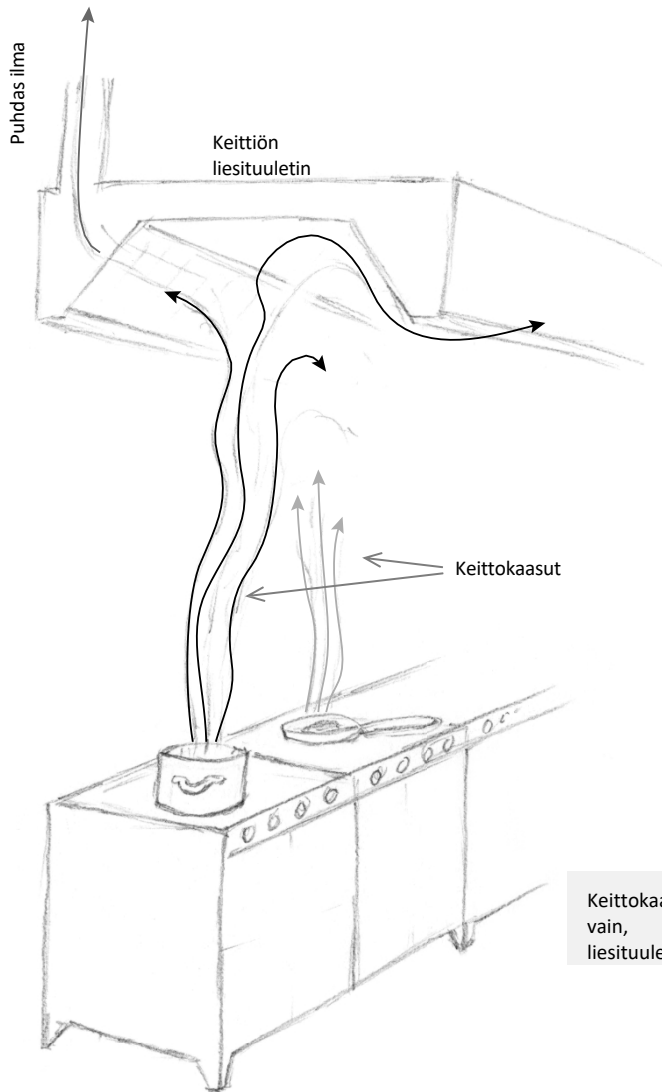
Siitä lähtien tämä tekniikka on kehittynyt nopeasti, ja nyt tulokset ovat saatavilla murto-osassa ajasta. Nykyään ne ovat huomattavasti tarkempia ja merkityksellisempiä, myös hyvin monimutkaisten komponenttien, kuten puhaltimien, osalta.

Tämän kehityksen ansiosta voidaan nykyään analysoida ja visualisoida paitsi yksittäisten komponenttien ilmavirtaukset myös kokonaisia tiloja!

Merkitys keittiön ilmanvaihdolle

Tämä analyysi on erityisen tärkeää imulaitteille, jotka sijaitsevat kaukana päästölähteestä, kuten keittiön liesituuletin, joka on asennettu kauas keittotasosta. Keittiön liesituuletin voi kerätä vain ne keittokaasut, jotka pääsevät suoraan sen keräysalueelle. Mitä tämä tarkoittaa käytännössä? Keittokattiloista nousevien höyryjen on virrattava suoraan keittiön liesituulettimen imu- ja suodatusalueelle.

Keittiön ilmanvaihto



Keittokaasut imetään kunnolla vain, jos ne virtaavat liesituulettimen imalueelle.

Kuva 4

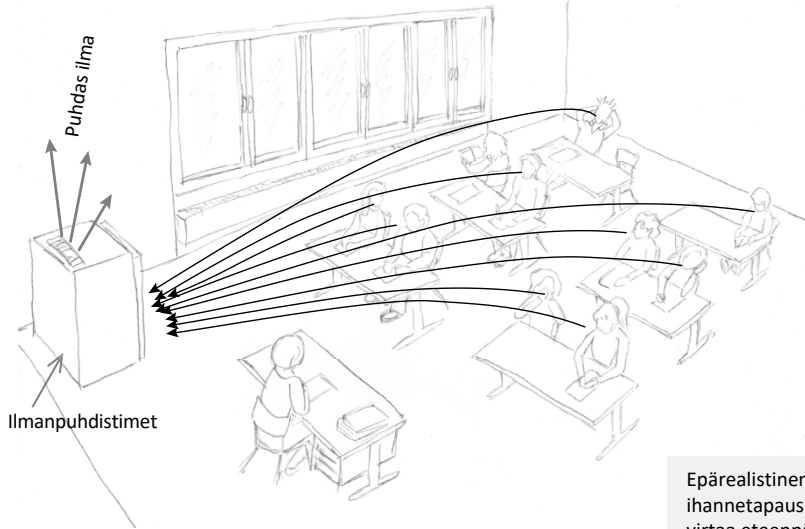
Merkitys luokahuoneiden ilmanpuhdistuksessa

Jos luokahuoneen ilma halutaan puhdistaa viruksista jatkuvasti oppituntien aikana, sen on virtaava esteettä huoneessa sijoitettujen ilmanpuhdistimien suuntaan, jotta se voidaan kerätä ja puhdistaa. Usein jo ikkunan avaaminen riittää ohjaamaan ilmavirran niin, että se ei enää kerry ja puhdistu riittävästi.

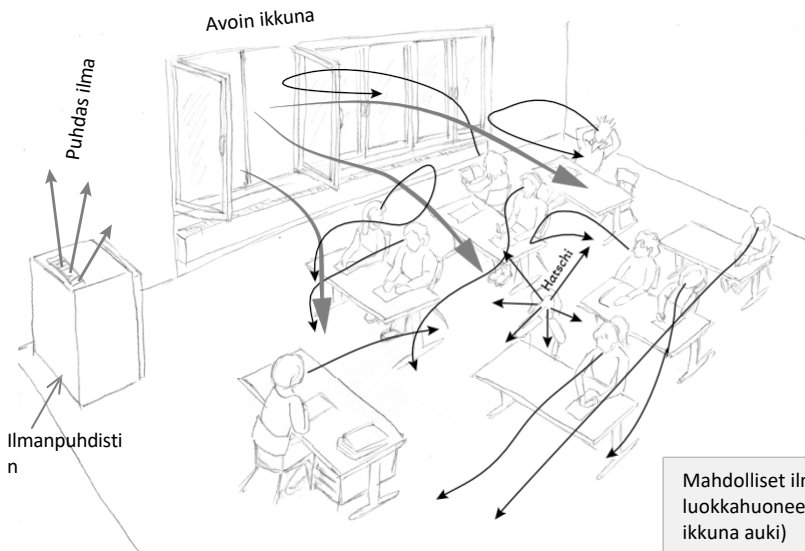
Huonosti suunniteltu raitisilman tulo voi vaikuttaa ilmanpoistoon yhtä haitallisesti kuin tuuletusikkuna, jonka läpi tuuli puhaltaa. Nykyaikaisilla CFD-järjestelmillä nämä vuorovaikutukset voidaan tutkia, tunnistaa ja estää. Vain näin voidaan saavuttaa täydellinen ilmanpoisto.

CFD-tutkimukset omilla ilmanpuhdistimillamme ja liesituulettimillamme ovat myös vahvistaneet edellä selitetyn säännön: mitä kauempana liesituulettimen imuaukot ovat keittoastioista, sitä epätodennäköisempää on, että keittöhöyryt voidaan kerätä ja imeä kokonaan. Samanlainen ilmiö on havaittu myös koululuokkien ilmanpuhdistimissa: mitä kauempana ne oli sijoitettu virusten leviämisalueesta, sitä epätodennäköisempää oli virusten saastuttaman ilman kerääminen ja imeminen.

Ilmanvaihto koulussa



Epärealistinen
ihannetapaus: Hengitysilma
virtaa eteenpäin
ilmanpuhdistimeen

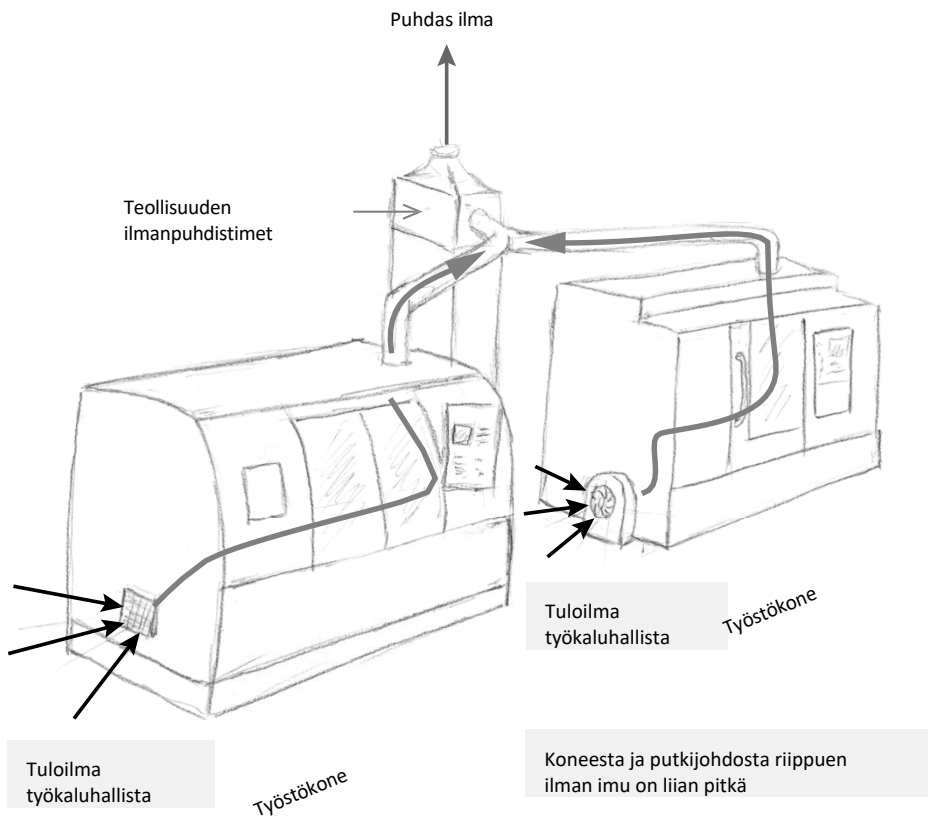


Mahdolliset ilmavirtaukset
luokahuoneessa (esim.
ikkuna auki)

Merkitys koneenrakennuksen imulle

Juuri tämän havainnon teimme myös simuloidessamme monimutkaisia virtausolosuhteita nykyaikaisissa työstökoneiden imujärjestelmissä. Sielläkin jäähdytys- ja voiteluaineiden aerosoleilla kuormitetun ilman imu on usein erittäin tehotonta, koska ilmanpuhdistimen imupiste on liian kaukana varsinaisesta työkalupaleen käsittelypaikasta, jossa aerosolit syntyvät.

Teollisuuden ilmanpuhdistimet



Väärinkäsitys

Jossain vaiheessa haitalliset aineet virtaavat imupisteeseen.

Ilmanvaihto- ja ilmanpuhdistustekniikassa törmäämme yhä uudelleen virheelliseen olettamukseen, että haitallisten aineiden, virusten tai aerosolien saastuttama ilma virtaisi ennemmin tai myöhemmin alueelle, jossa se voidaan kerätä ja imeä pois. Monissa tapauksissa näin ei kuitenkaan tapahdu. Keräämättömät aerosolit ja muut haitalliset aineet aiheuttavat sitten huomattavaa ilman pilaantumista ympäristössä.

1.2. Puhallus voi auttaa keräämisessä ja imemisessä ()!

Mutta mitä tehdä, jos imualuetta ei ole mahdollista siirtää lähemmäs haitallisten aineiden päästölähdettä? Tässä tapauksessa voi toimia samalla tavalla kuin kynttilän liekin sammuttamisessa:

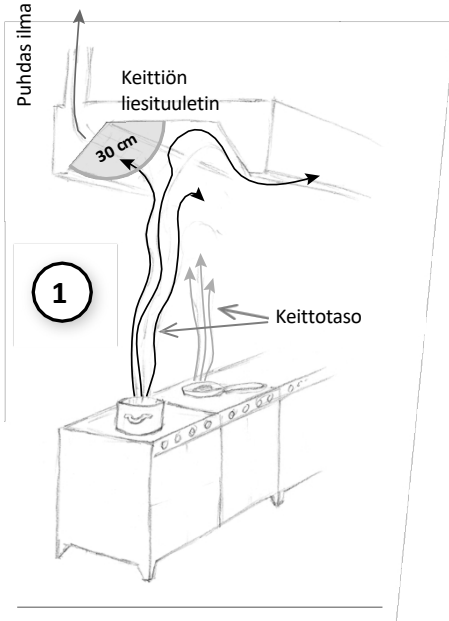
Puhalla imemisen sijaan!

Ilmanvaihtotekniikkaan sovellettuna tämä tarkoittaa, että kerättävä ilma sekä siinä olevat virukset, aerosolit ja muut haitalliset aineet on puhallettava mahdollisimman nopeasti sinne, missä ilmanpuhdistimien, liesituulettimien tai ilmanvaihtolaitteiden imuteho on suurin, eli suoraan niiden imuaukkojen alueelle (–).

Puhallusvirtaus ravintolakitkeihin

Tämän saavuttamiseksi REVEN GmbH on kehittänyt modernit liesituulettimet, joissa on integroitu induktiojärjestelmä. Induktiovirta varmistaa luotettavasti, että keittolaitteista nousevat keittöhöyryt virtaavat suoraan ja erittäin nopeasti suodatin- ja imualueelle, jossa ne voidaan kerätä ja imeä pois.

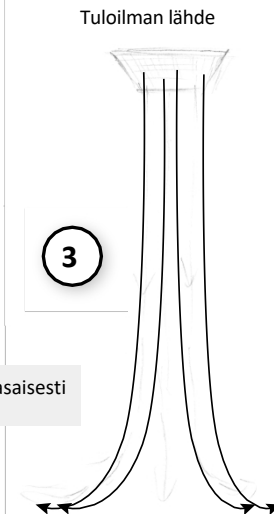
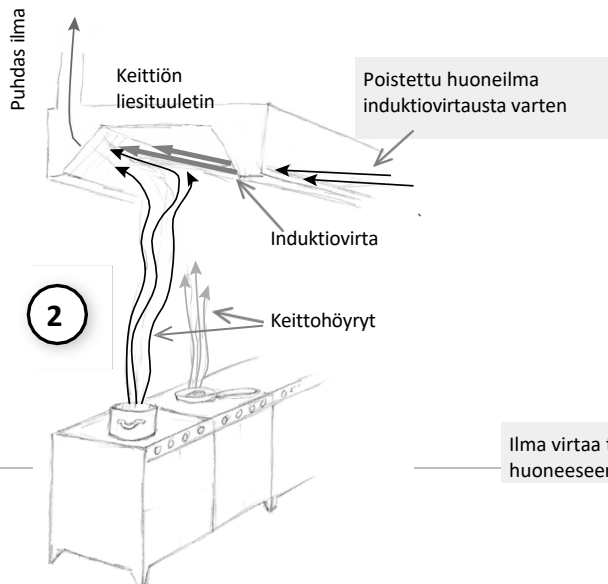
Keittiön ilmanvaihto



1. Keittokaasut voidaan imeä (kerätä) vain 30 cm:n säteellä erottimesta. Tämän alueen ulkopuolella keittokaasut voivat päästä huoneilmaan.

2. Induktiovirta puhalttaa keittohöyryt suodattimen suuntaan. Tällä tavalla **kaikki** keittohöyryt kerätään talteen.

3. Oikean lämpötilan omaava tuloilma tuodaan häiriöttä ja tukee keittohöyryn talteenottoa.



Ilma virtaa tasaisesti huoneeseen

Kuva 7

Lisäilma

Tämän tyyppisten nykyaikaisten liesituulettimien keräämistä voidaan lisäksi tukea optimoimalla raitisilman syöttöä.

Tällöin raikas ilma tuodaan tilaan impulssittomasti syrjäyttävän ilmapirran avulla. Näin varmistamme, että raikkaan ilman puhallusnopeus pidetään erittäin alhaisena eikä se häiritse muita ilmapirtauksia tilassa. Myös tämä skenaario voidaan analysoida ja visualisoida CFD-järjestelmillä.

Puhallusvirtaus työstökoneille

Samaa periaatetta voidaan soveltaa myös työstökoneisiin. Tässä tapauksessa koneen koteloon luodaan ilmapirta, joka virtaa ilmanpuhdistimen suuntaan ja varmistaa, että jäähdytys- ja voiteluaineiden aerosolit voidaan kerätä ja imeä tehokkaasti. Imun optimointi koneiden koteloidissa alkaa usein yksinkertaisella kysymyksellä: Jos imemme työstökoneen yläosasta tuhat kuutiometriä ilmaa tunnissa, mistä se voi virrata ohjaamoon? Jos ilman virtausta ei voida varmistaa, ohjaamoon syntyy erittäin suuri alipaine, mutta ilman virtausta puhdistuslaitteen keräysalueelle ei saada kohdennettua.

Käytännön esimerkki: alipaine

Ilmanpuhdistimien asentamisen jälkeen hyvin koteloiduille hiomakoneille ilmeni useita kertoja ongelma, että työstökoneen ovia ei voitu avata, koska alipaine ohjaamossa oli liian suuri!

2. Miten jotain voidaan suodattaa?



Miten jotain voidaan suodattaa? Periaatteessa tämä on yhtä yksinkertainen kysymys kuin edellä selitetty tehokas imu. Voitte varmaan arvata, että vastaus ei ole aivan niin yksinkertainen.

Monien ilmanvaihto- ja ilmanpuhdistustekniikan prosessien tehokkuus perustuu tehokkaaseen keräämiseen ja imuun, myös ilman puhdistamiseen haitallisista aineista. Jos esimerkiksi luokahuoneessa virusten saastuttamaa ilmaa ei kerätä ja imeä kokonaan, sitä ei voida puhdistaa viruksista luotettavasti. Sama periaate pätee myös suureen hitsaamoon koneenrakennustehtaassa. Hitsaustyöstä vapautuva savu sisältää haitallisia aineita, jotka on kerättävä ja imettävä kokonaan. Vain näin huoneilma voidaan puhdistaa tehokkaasti kaikista epäpuhtauksista.

Tehokas ja täydellinen ilmanpuhdistus käsittää siis kolme erittäin tärkeää prosessia:

Keräämin en Imurointi Puhdistami nen

Kolmas vaihe – ilman puhdistaminen – on tämän artikkelin aihe. Tääkin aiheeseen liittyy muutamia väärinkäsityksiä, jotka haluaisin selvittää. Aloitetaan kysymyksellä:

”Kuinka ilma voidaan puhdistaa haitallisista aineista?”

Haitalliset aineet on suodatettava ilmasta, se on loogista! Tämä on ilmeinen vastaus. Ilmanpuhdistusalalla on kuitenkin yhä enemmän käytössä erottimia. Tunnetuin esimerkki tästä ovat maailmanlaajuisesti toimivan Dyson-yrityksen syklonipölynimurit, jotka toimivat ilman suodattimia.

Tämä tekniikka toimii periaatteessa kuin mini-pyörremyrsky. Ilma pyörii ja muodostuu ilmavirtauksia, jotka heittävät hiukkaset ilmasta pois suurella nopeudella. Tämä menetelmä soveltuu myös ilmassa olevien haitallisten aineiden erottamiseen. Tästä syntyy kuitenkin usein väärinkäsityksiä, koska erottaminen sekoitetaan usein suodattamiseen.

2.1. Suodattimien ja erottimien välinen ero

Tekstiilikuitu

Suodatuksen periaatetta voidaan selittää myös pölynimurin esimerkillä. Pölynimurin imemän ilman puhdistamiseen käytetään pölynimuripusseja. Ne on usein valmistettu tekstiilikuidusta. Ilma voi virrata tämän tiheän kuitukankaan läpi, mutta pölyhiukkaset jäävät kiinni ja erottuvat siten ilmavirrasta.

Lasikuitupitoisten hiukkasten suodatin

Periaatteessa kaikki ilmanvaihtotekniikan suodatus toimii tällä tavalla– myös erittäin korkealaatuisissa hiukkassuodattimissa. Tällöin käytetään kuitenkin muita suodatinmateriaaleja. Tekstiilivillan sijaan näissä suodattimissa käytetään lasikuitumattoja. Nämä matot ovat myös ilmaa läpäiseviä, mutta niiden kudος on paljon tiheämpi kuin pölynimuripussien. Hiukkassuodattimien kuidut ovat halkaisijaltaan noin 1–10 mikrometriä, eli 0,001–0,01 millimetriä. Näin ne voivat suodattaa ilmavirrasta paljon pienempiä hiukkasia kuin tekstiilikuitu.

Metallineulosfilterit

Tämä suodatusperiaate löytyy myös monista kaupallisesti saatavilla olevista keittiön liesituulettimista kotikäyttöön. Näissä liesituulettimissa käytetään usein metallisuodattimia. Ne koostuvat yleensä alumiini- tai ruostumattomasta teräksestä valmistetusta neulosverkosta, joka on periaatteeltaan samanlainen kuin tekstiilikuitu tai lasikuitumatto, mutta rakenteeltaan huomattavasti karkeampi.

Suhteellisen karkeaa metallisuodatinta käytetään tässä, koska se on huomattavasti kestävämpi. Olipa kyseessä kotikeittiö tai ammattikeittiö, liesituulettimien tehtävänä on erottaa nestemäiset aerosolit ilmavirrasta. Tässä tapauksessa ei tarvitse suodattaa kuivaa pölyä kuten

imurista, vaan nestemäisiä hiukkasia, kuten vesi- ja öljypisaroita. Tämä on merkittävä ja erittäin tärkeä ero, johon usein kiinnitetään varsin vähän huomiota.

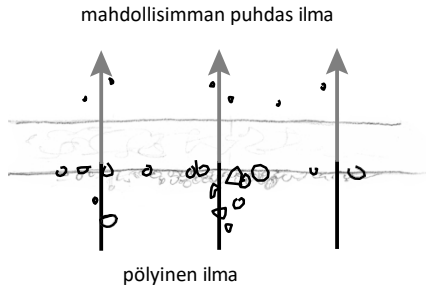
Kaikki suodattimet keräävät ja varastoivat ilmavirrasta erotetun aineen. Suodattimeen kertyvän aineen määrä kasvaa siis jatkuvasti. Imurin pölypussiin kuiva pöly kerääntyy ja varastoituu, kunnes pussi on täynnä ja se on vaihdettava.

Jos ilmavirrasta suodatettu materiaali on nestepisaroita, näiden aineiden kerääminen on usein huomattavasti monimutkaisempaa.

Metalliverkkosuodattimet varastoivat suodatetut pienet pisarat eri nesteistä suoraan suodatinmateriaaliin. Näiden eri nesteiden kertyminen voi aiheuttaa vakavia ongelmia!

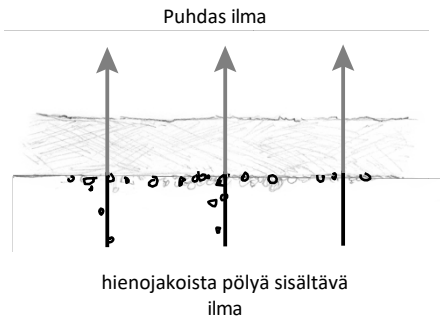
Metalliverkosta valmistettujen suodattimien tallennuskapasiteetti on usein hyvin pieni. Tämä tarkoittaa, että nämä suodattimet voivat tukkeutua jo pienistä nestemääristä. Siksi ne ovat yleensä melko karkeaverkkoisia. Näin ne eivät tukkeudu, mutta virtaavan ilman mukana myös monet pienemmät hiukkaset pääsevät suodattimen läpi eivätkä erotu ilmavirrasta.

Erilaiset suodattimet



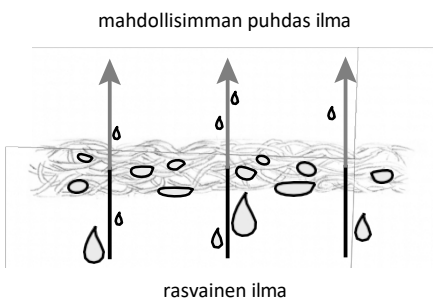
Kuitusuodatin

Kuitukangas (esim. pölynimuripussi) pidättää pölyn virtaavasta ilmasta. Pienimmät pölyhiukkaset voivat kuitenkin läpäistä kuitukankaan.



Lasikuitusuodatin

Lasikuitu on hienompaa kuin kuitukangas ja pystyy suodattamaan ja pidättämään pienimmätkin nanokokoiset pölyhiukkaset.



Metallisuodatin

Metalliverkossa keittiössä on kyse ennen kaikkea rasvapartikkelien suodattamisesta. Pisarat jäävät verkkoon niiden koosta riippuen. Pienimmät pisarat voivat kuitenkin läpäistä verkon.

Bakteerien muodostumisen vaara

Elintarviketeollisuudessa ja myös valmistusteollisuudessa nesteiden kertyminen suodattimiin voi aiheuttaa hygieniaongelmia. Noin 20 asteen lämpötilassa bakteerit voivat kosteuden vaikutuksesta lisääntyä suodattimissa erittäin nopeasti. Siksi nesteiden kertyminen ja kerääntyminen suodattimiin pidemmän aikaa ei ole suositeltavaa, ja suodattimien säännöllinen puhdistus tai vaihto on erittäin tärkeää.

Palovaara

Jos suodatetut aineet ovat öljyä tai rasvaa, suodattimeen kertynyt neste muodostaa yhä suuremman palovaaran! Tämä seikka unohdetaan usein.

Esimerkki yrityksen historiasta

Muistan vielä hyvin suuren kokouksen maailmanlaajuisesti toimivalla työkalujen valmistajalla. Työntekijät esittelivät minulle tuotantolaitoksensa, jossa oli satoja hiomakoneita. Tuotantotilojen ilmanpuhdistuslaitteet oli varustettu suurilla hiukkassuodattimilla, jotka pystyivät varastoimaan jopa 100 litraa nestettä. Ongelmana oli, että varastoitu neste oli erittäin ohutta ja helposti syttyvää jäähdytys- ja voiteluainetta. Kun suodattimia oli käytössä 50, varastoitua nestettä saattoi kertyä jopa 5 000 litraa! Kun kysyin yrityksen työntekijöiltä näiden 50 ilmanpuhdistuslaitteen paloturvallisuudesta ja suojauskonseptista, näin pelästyneitä kasvoja.

Kysymykseni ja ajatukseni ilmanpuhdistussuodattimista eivät ole suinkaan vain teoreettista pohdintaa, vaan ne liittyvät konkreettisiin vaaroihin, ja valitettavasti on jo sattunut traagisia tulipaloja, koska palokuormitusongelmaa ei ole otettu riittävän huomioon.

Käytännön esimerkki: tulipalo koneenrakennuksessa

Vuonna 2006 Etelä-Saksassa sattui tuhoisa tulipalo koneenrakennusyrityksessä, jossa oli samanlainen imujärjestelmä kuin edellä kuvatussa. Palovahingot olivat kymmeniä miljoonia euroja. Tuotantohallit ja -laitteet yli 3 000 neliömetrin alueella tuhoutuivat täysin. Palon oletettu syy oli viallinen työstökone. Palon nopea leviäminen ilmanvaihtokanavistossa teki loput.

Käytännön esimerkki: Hotellirakennuksen palo

Samanlainen katastrofi tapahtui vuonna 1980 Las Vegasissa sijaitsevassa 2 000 huoneen suuressa hotellissa. Onnettomuuden sattuessa hotellissa oli noin 5 000 henkilöä. Tulipalo syttyi hotellin ravintolassa ja levisi salamannopeasti koko rakennukseen. 85 ihmistä menetti henkensä. Tämä traaginen tapahtuma on edelleen yksi modernin Yhdysvaltojen historian tuhoisimmista hotellipaloista.

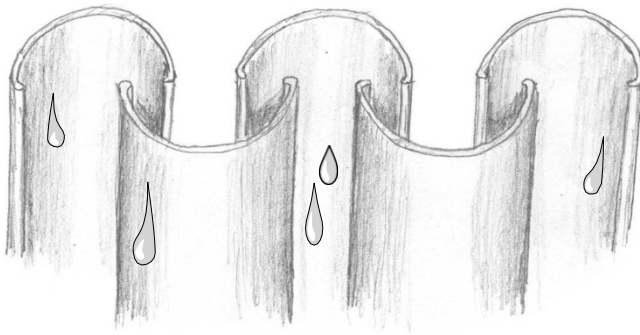
Tällaiset tulipalokatastrofit johtivat lopulta siihen, että edellä kuvattuja metalliverkosta valmistettuja suodattimia ei enää käytetty monissa teollisuuden aloilla. Teollisissa keittiöilmanvaihtojärjestelmissä ne ovat olleet kiellettyjä monissa maissa jo vuosia. Pohjois-Amerikassa ja useimmissa Euroopan maissa tämän tyyppisiä metallisuodattimia ei saa enää käyttää uusissa teollisissa keittiöissä palovaaran vuoksi.

Iskulevyjen keksiminen

Las Vegasin katastrofaalisen hotellipalon jälkeen Yhdysvalloissa kehitettiin vaihtoehtoja metalliverkkoille – ns. iskulevyerottimet. Tämä erottimien tyyppi on valmistettu ruostumattomasta teräslevystä. Ilma virtaa sen läpi vähintään kahdesti

. Ero perinteisiin metalliverkkoihin verrattuna on, että nämä ruostumattomasta teräslevystä valmistetut erottimet eivät varastoi nestettä.

Iskulevyerottimet



Nesteet, kuten öljy ja vesi, erottuvat iskulaatoista ja valuvat ihannetapauksessa levyjen pitkin alaspäin.

Kuva 9

Väärinkäsitys

Suodattimien ja erottimien erilainen toimintaperiaate

Kuten olemme nähneet, suodattimet ja erottimet toimivat eri tavoin. Juuri nämä erot aiheuttavat väärinkäsityksiä. Usein ominaisuudet, toimintatavat ja tehokkuustiedot sekoitetaan keskenään. Joskus ei edes vaivauduta erottamaan termejä toisistaan ja tekemään niillä eroa!

Ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhdistuksessa on siis väärinkäsityksiä paitsi suodatuksen ja erottelun eroista myös metallilevyistä valmistettujen erottimien toimintaperiaatteesta ja tehokkuudesta.

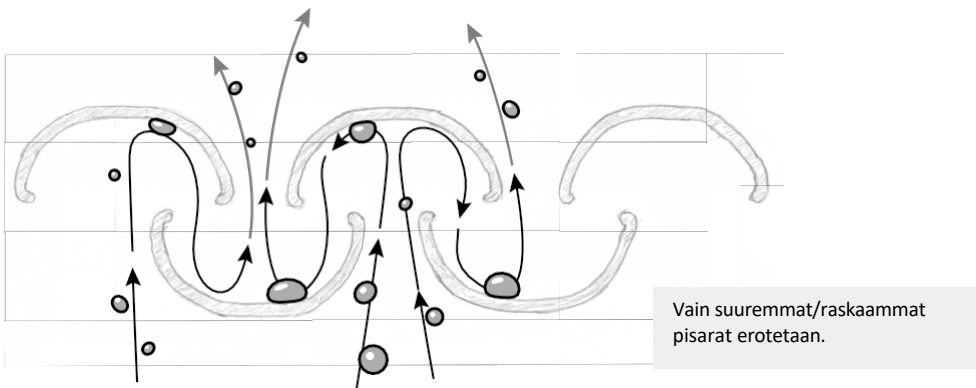
Erojen selventämiseksi meidän on ensin tarkasteltava joitakin luonnon säätelmiöitä ja niiden vaikutusta ilmanpuhdistustekniikkaan.

2.2. Pyörremyrskyt voivat auttaa ilman puhdistamisessa!

Saatat ehkä ihmetellä, mutta se on totta. Pyörremyrskyt, kuten hurrikaanit, taifuunit, tornadot ja trooppiset syklonit, ovat olleet virtausteknisinä esikuvina nykyaikaisten metallilevyjen erottimien kehityksessä.

Ensimmäiset erottimet kehitettiin Yhdysvalloissa suuren hotellipalon jälkeen, ja ne olivat yksinkertaisia iskusuojalevyjä. Kaksi puolipyöreää, U-muotoon taivutettua ruostumatonta teräslevyä on sijoitettu vastakkain. Ilmavirta kääntyy erottimen läpi kulkiessaan kahdesti, ensimmäisen kerran osuessaan ensimmäiseen puolikuoreen ja toisen kerran osuessaan toiseen puolikuoreen.

Iskulevyerottimen toimintaperiaate



Kuva 10

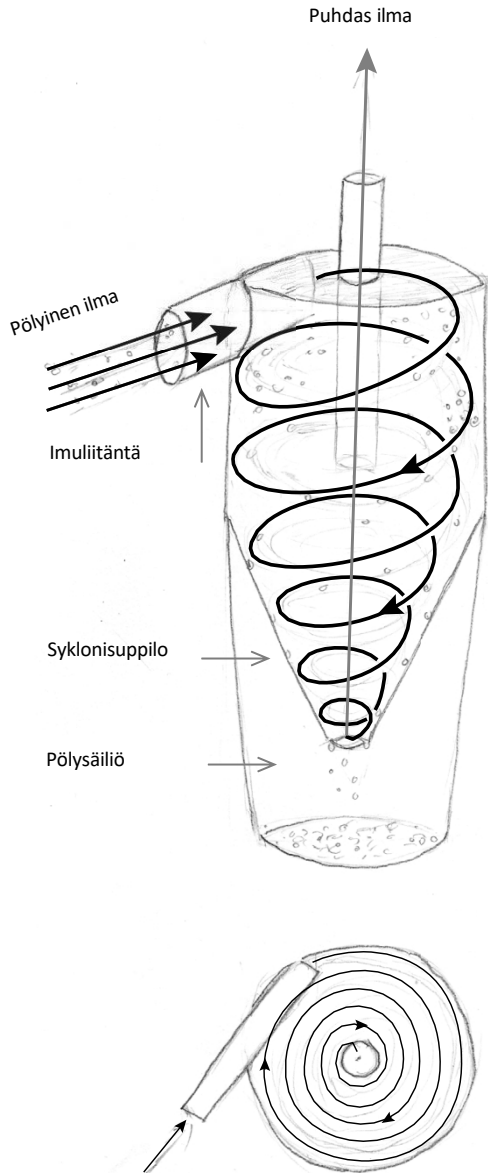
U-muotoiset puolikuoret on muodostettu säteellä tai 90 asteen kulmassa. Molemmissa tapauksissa erottelutehokkuus on kuitenkin erittäin huono, koska vain suuret ilmassa olevat pisarat erotetaan ilmavirrasta. Ilmavirta

Tällaisessa yksinkertaisessa erottimessa virtaus on hyvin turbulenttia, ja vain hyvin suuret pisarat, joilla on suhteellisen suuri paino ja suuri hitaus, voivat erottua siitä törmätessään ja kääntyessään ilmavirrasta. Pienemmät, kevyemmät ilmassa leijuvat pisarat kulkevat ilmavirran mukana ohitusten ohi eivätkä siten erotu. Ainoa etu näissä yksinkertaisissa iskulevyerottimissa oli se, että ne eivät varastoi nestettä, mutta niiden tehokkuus hiukkasten erottamisessa ilmavirrasta oli kuitenkin hyvin heikko.

Trooppiset pyörremyrskyt mallina

Vasta kun erottimien valmistajat ottivat luonnosta mallia ja oppivat trooppisista pyörremyrskyistä, he onnistuivat poistamaan tämän haitan. Tunnetuin esimerkki tästä on edellä mainittu Dyson-yritys ja sen syklonipölynimurit. Teknologia toimii ilman suodattimia ja periaatteessa kuin mini-pyörremyrsky. Ilma pyörii pyörremyrskyn tavoin erittäin suurella nopeudella. Mitä suurempi pyörimisnopeus, sitä pienempiä hiukkasia ilmavirta voi heittää pois ja erottua.

Syklonipölynimurin toimintaperiaate



Syklonisuuttimen kartiomainen muoto saa imetyn ilman liikkeelle spiraalimaisesti.

Pölyhiukkaset heitetään keskipakovoiman vaikutuksesta seinää vasten.

Pölyhiukkaset kerätään pölysäiliöön.

Syklonikierre ylhäältä katsottuna

Tietämys siitä, miten tällaisia pienimuotoisia keinotekoisia pyörteitä voidaan tuottaa pölynimureissa, liesituulettimissa ja ilmanpuhdistimissa, on vaatinut luonnollisesti paljon tutkimus- ja kehitystyötä. Yksinkertaisesti taivutetuilla ohjauslevyillä tätä ei varmasti voida saavuttaa. Myös sykloniteknologian kehittämisessä ja optimoinnissa käytetään numeerista virtaussimulaatiota, lyhyesti CFD-simulaatiota. CFD tarkoittaa Computational Fluid Dynamics. Tämän simulaation avulla voidaan visualisoida erilaisia ilmavirtauksia. Tämä ei kuitenkaan riitä teknologioiden optimoimiseksi. Myös tässä yhteydessä syntyy usein väärinkäsityksiä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa!

Väärinkäsitys

Ilmavirtauksen optimointi riittää!

Monissa tapauksissa ilmanvaihtotekniikassa on kyse vain ilman virtauksesta. Esimerkiksi siitä, miten suuri konserttisali voidaan tuulettaa mahdollisimman mukavasti ilman, että konserttivieraat tuntevat epämiellyttävää vetoa tai kylmää. Tuuletus on myös suoritettava täysin äänettömästi.

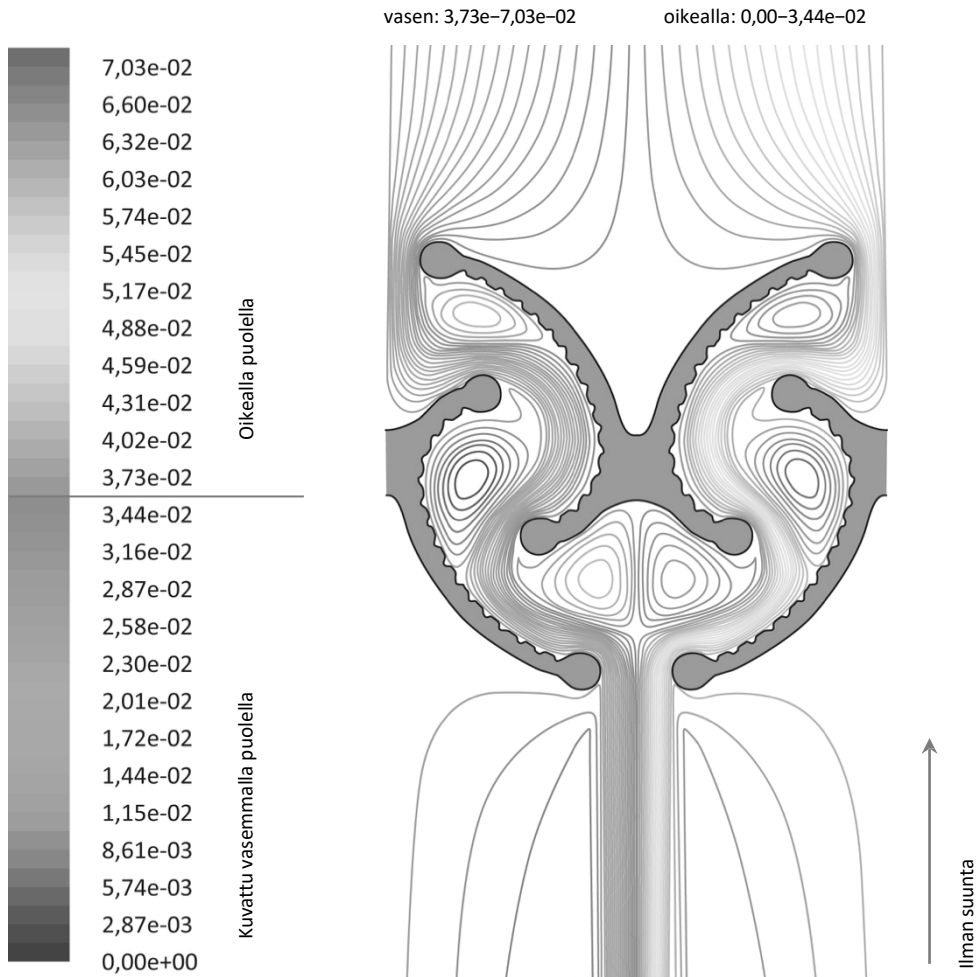
Ilmanpuhdistuksessa suodattimien ja erottimien optimoinnissa ei kuitenkaan ole kyse vain ilmavirtauksesta ja sen kulun ja nopeuden analysoinnista. Ilmanpuhdistuksen varsinainen tehtävä on erottaa ilmavirrasta mukana kulkevat hiukkaset suodattamalla tai erottamalla. Suodattimet toimivat yksinkertaistettusti kuin seula ja erottimet kuin pyörremyrskyt. Jos erottimien toimintaa halutaan optimoida, on onnistuttava luomaan pieniä pyörremyrskyjä erottimiin. Vain silloin hiukkaset sinkoutuvat ilmavirrasta ja voidaan erottaa.

Hiukkasten liikeratojen analysointi

Nykyään myös hiukkasten virtausta voidaan tutkia ja visualisoida CFD-järjestelmien avulla. Näin ollen ei tarkastella enää vain ilmavirtauksia, vaan myös niiden mukana kulkevien hiukkasten tai aerosolien käyttäytymistä.

Seuraavatko pienemmät ja siten kevyemmät aerosolit samaa reittiä kuin ilmavirta? Erittäin mielenkiintoinen CFD-tutkimus on eri aerosolien lentoratojen visualisointi. Näiden reittien kulku riippuu hiukkasten koosta. Hyvin laadukkaissa CFD-analyyseissä voidaan nykyään jopa tunnistaa, missä kohdassa erottimessa aerosoli irtoaa ilmavirrasta! Erottimien jatkokehityksessä olemme olleet useaan otteeseen hämmästyneitä ja ihmeissämme tällaisen analyysin tuloksista.

CFD-analyysi X-CYCLONE®-erottimesta



Erilaiskokoisia hiukkasia (kg/s) virtauskäyttäytyminen
Eri hiukkaskoot on merkitty eri harmaasävyillä.

Kuva 12

Esimerkki yrityksen historiasta

Myös me uskoimme liian usein, että tiedämme etukäteen, miten ilmavirtaukset käyttäytyvät ja mitä ilmassa oleville hiukkasille tapahtuu, eli mihin ne sinkoutuvat (–). Vahvistaaksemme oletuksemme teimme CFD-analyysijä. Tulokset olivat usein täysin erilaisia kuin olimme odottaneet.

Muistan vielä tutkimuksen, jossa olimme kaikki täysin vakuuttuneita siitä, että uudessa kehittämässämme erottimessa muodostuisi nopeasti voimakkaasti pyöriviä pienikokoisia pyörteitä, jotka poistaisivat ilmassa olevat hiukkaset erittäin tehokkaasti. Annoimme uudelle prototyypille yllpeänä nimen X-CYCLONE®.

X tarkoittaa erottimen geometriaa. Emme rakentaneet sitä enää kahdesta yksinkertaisesti taivutetusta U-muotoisesta levystä, vaan annoimme erottimelle paljon monimutkaisemman geometrian. Alussa pystyimme valmistamaan ne vain alumiinipuristetuista profiileista. Pinnat muistuttivat pienikokoisia lentokoneen siipiä, jotka järjestimme X-muotoon. Olette varmaan jo arvanneet, että uuden kehitystyömme nimen toinen osa viittaa trooppisiin sykloneihin (–) englanninkielisessä kirjoitusasussa CYCLONE.

Uuden erottimen prototyypin CFD-analyysi oli tarkoitettu pikemminkin vahvistukseksi kuin analyysiksi, jonka halusimme varmuuden vuoksi suorittaa huolimatta siitä, että se oli erittäin työläs. Tiesimmehan jo, mikä tulos tulisi olemaan. Ainakin niin luulimme...

CFD-analyysi on todellakin erittäin työläs. Kuten aiemmin selitettiin, tutkimuksessa tarkastellaan tarkasti paitsi ilmavirran käyttäytymistä myös ilmassa olevien hiukkasten käyttäytymistä. Jotta tämä tutkimus voidaan ylipäätään suorittaa, tarvitaan kolmiulotteinen

. Ei hätää, ajattelin vuosia sitten, meillähän on kaikki tarvittava, muuten emme voisi tuottaa sitä. Mutta minäkin olin joutunut väärinkäsityksen uhriksi!

Väärinkäsitys

CFD-simulointiin riittää kolmiulotteinen malli erottimesta.

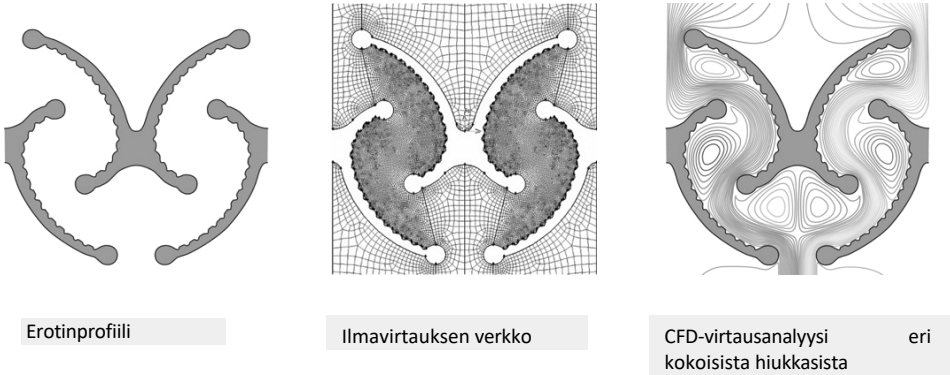
Kolmiulotteinen tilamalli

Tutkimusta varten tarvitsimme nimittäin paitsi kolmiulotteisen mallin erottimestamme, eli alumiiniprofiileista, myös mallin tilasta, jonka läpi ilma virtaa. Sehän on itsestään selvää! Kun analysoidaan ilman virtausta pyöreässä tuuletuskanavassa, tarkastellaanhan myös tuuletuskanavan sisällä olevaa sylinterimäistä tilaa eikä tuuletuskanavan metallilevyä. Tämä ei kuitenkaan helpottanut tehtäväämme. Koska uuden X-CYCLONE®-alumiiniprofiilimme geometria oli jo hyvin monimutkainen, ilman virtaaman tila oli sitäkin monimutkaisempi. CFD-tutkimusta varten juuri tämä tila on kuitenkin mallinnettava tarkasti.

Mesh (laskentaverkko)

Tämän jo sinänsä työlään prosessin lisäksi tilanne vaikeutuu vielä siitä, että ilmavirtauksen alainen tila on vielä peitettävä laskentaverkolla. Tätä varten käytetään usein englanninkielistä termiä mesh. Laskentaverkon sijoittaminen ilmavirtauksen alaisessa tilassa vaikuttaa puolestaan merkittävästi CFD-analyysin laatuun. Jos tämä kuitenkin tehdään erittäin huolellisesti, saadaan erittäin yksityiskohtaisia virtausanalyysyjä sekä ilmavirrasta että hiukkasista, vaikka tulokset voivat olla erittäin turhauttavia!

CFD-analyysi X-CYCLONE®-erottimesta



Kuva 13

Kyllästyttävä tulos

Alku on aina vaikeaa – , ilma virtaa toisin kuin odotimme!

Ensimmäisten X-CYCLONE®-prototyyppiemme CFD-analyysi tuotti hyvin masentavia tuloksia. Ilman virtausalueella, jossa olimme vakaasti vakuuttuneita muodostuvan pieniä sykloneja, jotka heittäisivät hiukkasia ulos yli 10 metrin sekuntinopeudella, ei tapahtunut mitään! Muistan sen kuin eilisen. CFD-analyysi osoitti selvästi tyhjän alueen, joka muistutti muodoltaan noin senttimetrin kokoista pisaraa.

Syy

Koska profiilimme X-geometria oli liian kaareva, ilmavirta ei pystynyt seuraamaan tätä geometriaa ja muodostui alue, jossa ilma ei virrannut, puhumattakaan siitä, että sinne olisi muodostunut sykloneja, jotka olisivat huolehtineet erottelusta! Myöskään ilmanvaihdon ammattilaiset eivät aina pysty arvioimaan ilman virtauksen käyttäytymistä etukäteen.

Optimointi

Tuolloin X-CYCLONE®-erottimen optimointia koskevassa kehityshankkeessamme tämä tarkoitti, että meidän piti aloittaa alusta ja suunnitella erottimien geometria uudelleen. Pohjimmiltaan se oli loputon prosessi jatkuvaa kehittämistä ja parantamista. Lopulta onnistuimme kuitenkin kehittämään tuotteita, joissa käytettiin samanlaista tekniikkaa kuin Dysonin tuotteissa, ja ottamaan ne käyttöön teollisuuden vaatimusten mukaisessa ilmanvaihdossa ja ilmanpuhdistuksessa.

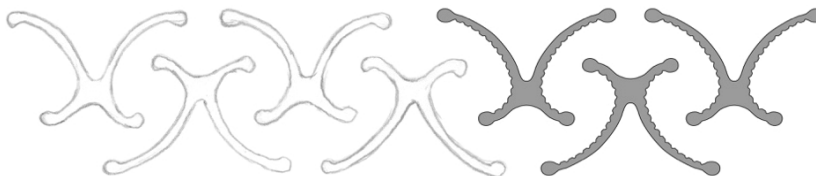
Erotimien geometrian kehittäminen



Iskulevyerotin U-muotoisilla profiileilla



X-CYCLONE®-erottimen prototyyppi
lentokoneen siipiprofiileilla



X-CYCLONE®-erotin, jossa on optimoidun X-geometrian profiilit optimaaliseen
ilmavirran ohjaamiseen (katso kuva 15)

Erotilaitteidemme menestystarina

Kehittämämme X-CYCLONE®-erottimet ovat vakiinnuttaneet asemansa monilla eri toimialoilla.

Porauslautoilla, tekstiilijalostusyrityksissä, maitojauheen valmistuslaitoksissa, autoteollisuuden maalaamoissa, elintarviketeollisuudessa, suurkeittiöissä, koneenrakennuksessa ja jopa mikroelektroniikan piikiekkujen valmistuslaitoksissa X-profiilierottimemme "syklonipyörteet" varmistavat erittäin tehokkaan ilmanpuhdistuksen.

X-CYCLONE®-erottimen toimintaperiaate



Kuva 15

3. Kuinka höyryt ja hajut voidaan poistaa? poistetaan?



Höyryjen ja hajujen poistaminen on erittäin monimutkainen tehtävä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden ylläpidossa. Voisi ajatella, että ilman keräämisen, erottamisen ja puhdistamisen jälkeen ilma olisi puhdasta eikä hajua olisi enää havaittavissa. Kaikki hiukkaset, aerosolit ja haitalliset aineet on poistettu – mikä siis voisi vielä aiheuttaa hajuhaittoja?

Väärinkäsitys

Aerosolittomassa, hiukkasettomassa ja epäpuhtauksista vapaassa ilmassa ei ole hajuhaittoja.

Valitettavasti tämäkin on väärinkäsitys ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa, jota käsitellään tässä luvussa. Selitän sen yksinkertaisen käytännön esimerkin avulla.

Käytännön esimerkki: tankkaus

Monet meistä ovat joskus käyneet autolla huoltoasemalla tankkaamassa. Silloin useimmat meistä ovat varmasti haistaneet bensiinin tai dieselin hajua.

Bensiinin haju tankatessa



Kuva 16

Mutta miksi me haistamme bensiinin tankatessamme, vaikka ilmaan ei yleensä lentele polttoaineen roiskeita tai aerosoleja? Se selviää, kun tankkaa auton täyteen ja varoo, ettei polttoainetta läikky. Kun tarkistat, milloin polttoaineen pinta näkyy täyttöaukosta, nenäsi on lähellä täyttöaukkoa ja haistat polttoaineen voimakkaan hajun – vaikka mitään ei vuoda.

Jos suuttimen välittömässä läheisyydessä suoritettaisiin hiukkasmittaus, mittauksissa ei voitaisi havaita lainkaan polttoaineaerosoleja tai -hiukkasia tankkausaukon ympärillä. Miksi sitten tankatessa haisee polttoaine? Vastaus löytyy seuraavasta.

3.1. Väärinkäsitys höyryjen ja aerosolien eroista

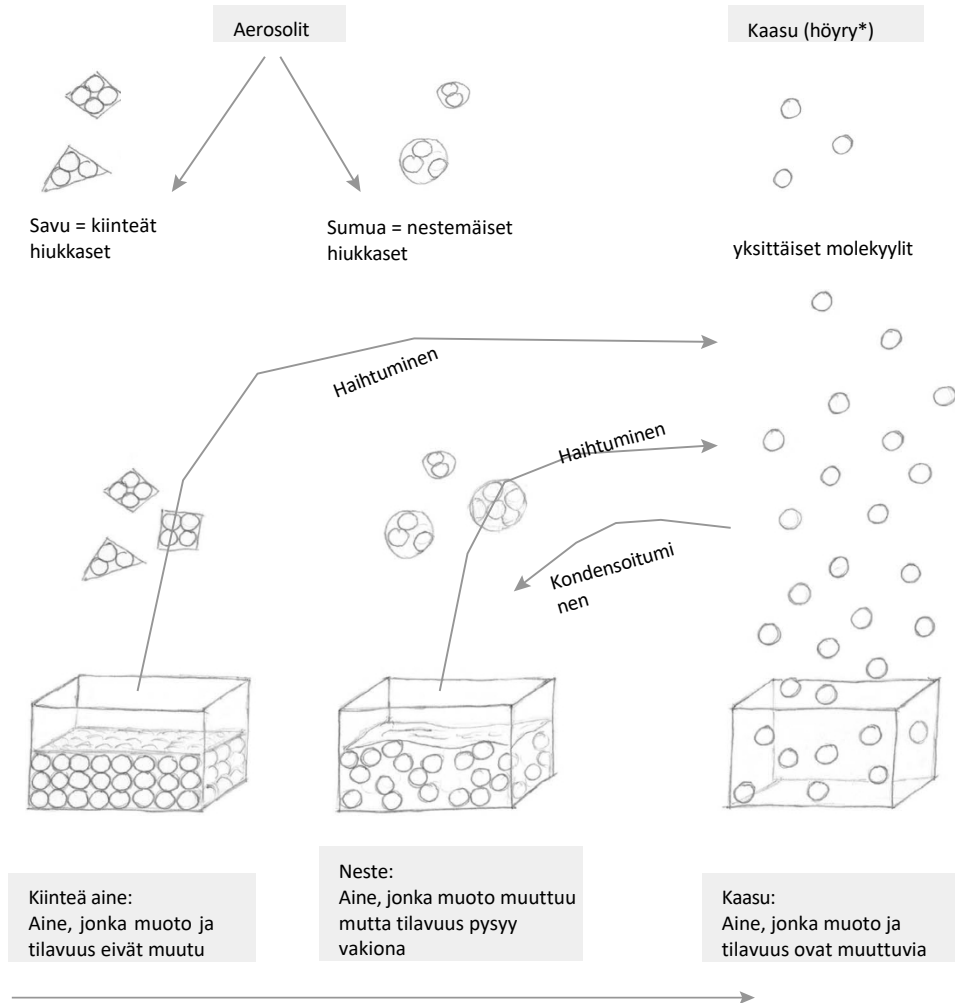
Miksi tankatessa haisee polttoaine, vaikka ilmassa ei näy mitään? Se, mitä haistat, on haihtunutta polttoainetta. Erityisesti Super Plus on erittäin haihtuvaa. Se tarkoittaa, että se haihtuu jo melko alhaisissa lämpötiloissa. Tämä höyry, tarkemmin sanottuna kaasu, poistuu tankkausaukosta ja aiheuttaa hajun.

Väärinkäsitys

Aerosoliton ilma on puhdasta.

Tämä yksinkertainen esimerkki osoittaa hyvin, että aerosoliton ilma ei välttämättä ole puhdasta, vaan se voi edelleen olla haitallista ympäristölle. Haihtuneiden nesteiden aiheuttama ilman pilaantuminen on ongelma, joka aiheuttaa päänsäivaa myös ammattialojen järjestöille.

Ero aerosolien ja kaasun välillä



Lämpötilan nousu

* Yleensä höyryllä tarkoitetaan ilmassa olevia pisaroita, kuten keitettäessä syntyvää höyryä. Luonnontieteellisesti höyry on kuitenkin aineen kaasumainen olomuoto (syntyy höyrystymällä, haihtumalla, kiehumalla tai sublimoitumalla).

Kuva 17

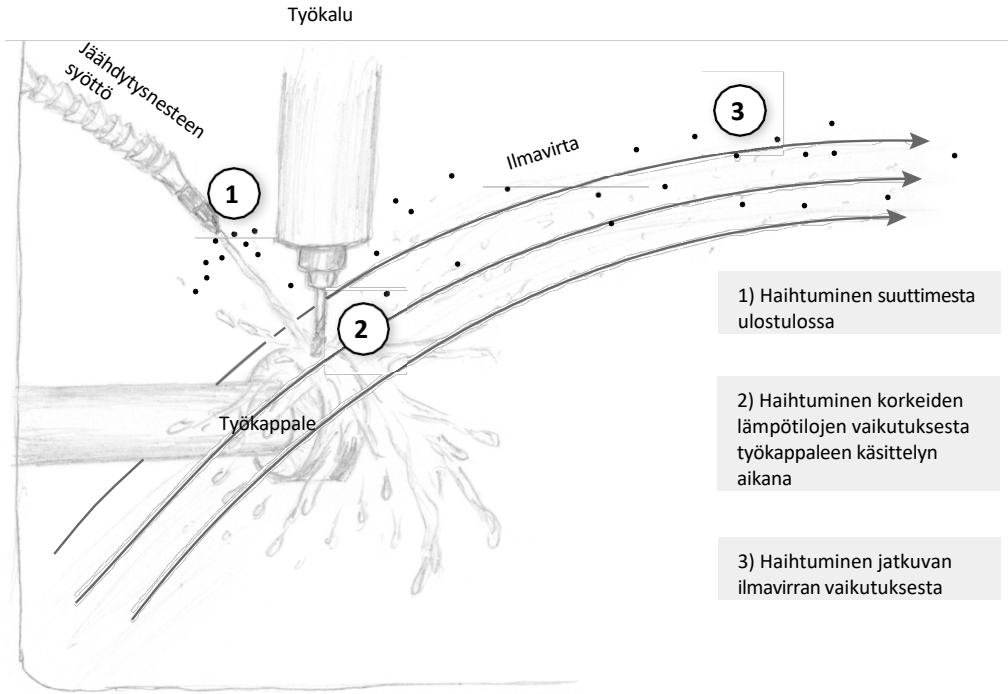
Käytännön esimerkki koneenrakennuksesta

Muistan vielä hyvin, kun kävin yhdessä baijerilaisen myyntikumppanimme kanssa Baijerin koneenrakennusallalla toimivassa ammattialan järjestössä. Siellä meille esiteltiin tutkimuksia, joissa oli mitattu jäähdytys- ja voiteluaineiden aiheuttamaa ilman pilaantumista työstökoneissa. Tulokset osoittivat täsmälleen saman ilmiön kuin edellä mainitussa esimerkissä huoltoasemalta. Työstökoneen ympäristön ilman analyysi osoitti, että aerosolien aiheuttama ilman pilaantuminen oli lähes olematonta ja kaikki ilman raja-arvot olivat täyttyneet. Ainakin niin ajateltiin.

Kun ammattialan asiantuntijat tutkivat eri työstökoneiden jäähdytys- ja voiteluaineiden haihtumisosuuden, he havaitsivat ilmassa huomattavia määriä näitä aineita – , osittain jopa 100 milligrammaa jäähdytys- ja voiteluainehöyryjä kuutiometrissä huoneilmaa. Tämä ylitti voimassa olevat raja-arvot kymmenkertaisesti! Miten näin saattoi tapahtua?

Ensimmäiset haihtumisilmiöt syntyvät koneiden sisällä, jossa jäähdytys- ja voiteluaineet sumutetaan erittäin hienoksi suuttimien kautta. Lisäksi paljon nestettä haihtuu työkalujen korkeiden lämpötilojen vaikutuksesta, kun ne työstävät metallia. Tässä yhteydessä aliarvioidaan usein jatkuva ilmavirta, joka syntyy työstökoneiden ilmanpuhdistimista.

Jäähdytysnestehöyryt työstökoneessa



Kuva 18

Muistathan, mitä totesimme luvussa 1: keräämistä ja imemistä varten tarvitsemme suuren poistoilman määrän ja ilmavirran keräyssuuntaan. Tämä ilmavirta voidaan verrata tuuleen, joka puhaltaa suuren järven pinnalla. Pelkästään tämän ilmavirran vaikutuksesta vesi haihtuu, imeytyy ilman kosteudeksi ja kulkeutuu ilmavirran mukana pois. Samanlaisia vaikutuksia on myös työstökoneissa tai tankkaamisessa. Näin ilmaan kulkeutuu valtavia määriä nestettä höyryn muodossa. Nämä höyryt voivat aiheuttaa merkittäviä terveyshaittoja ja hajuhaittoja.

Esimerkki: elintarviketeollisuus

Sama ilmiö voidaan havaita myös elintarviketeollisuudessa ja ammattikeittiöissä. Kaikissa korkeissa lämpötiloissa toimivissa laitteissa ja keittovälineissä neste haihtuu. Tyypillisiä prosesseja ovat leivonta, paistaminen ja friteeraus. Näissä prosesseissa lämpötila on noin 140–190 astetta. Öljyt ja rasvat haihtuvat osittain ja kerätään ja imetään pois ilmanvaihtolaitteilla.

Käytännön esimerkki: friteerauslaitteet

Elintarviketeollisuudessa olemme jo voineet ihailla perunalastujen paistamiseen tarkoitettuja laitteita, jotka ovat kooltaan kuin isot kylpyammeet. Näissä ammeissa paistetaan päivittäin satoja tuhansia perunalastuja, jolloin syntyy valtavia määriä höyryä. Se koostuu pääosin paistorasvasta höyrystyneestä öljystä ja höyrystyneestä vedestä, joka oli ennen paistamista sitoutunut perunalastuihin. Myös tässä havaitsimme edellä kuvatun ilmiön: prosessista poistuvan ilman hiukkasmittauksessa ei havaittu lainkaan ilman pilaantumista, ilma näytti puhtaalta ja lähes saastuttamattomalta. Silti jo silmämääräisesti oli selvää, että tämän prosessin poistoilma ei voinut olla puhdasta, sillä se näytti vanhan höyryveturin höyrypilveltä. Lisäksi, kuten huoltoasemalla, oli havaittavissa voimakas haju. Se oli kyllä miellyttävämpi kuin tankkaamisen yhteydessä, mutta viittasi silti selvästi ilman pilaantumiseen.

Esimerkki: yksityinen keittiö

Samanlaista ilmiötä voi havaita myös kotikeittiössä, esimerkiksi paistaessaan pihviä korkeassa lämpötilassa. Tällöin voi syntyä muutamia öljyroiskeita, jotka voidaan luokitella aerosoleiksi, mutta suurin osa liesituulettimeen nousevasta ja imettävästä ilmasta on pääasiassa höyrystynyttä öljyä ja vettä. Pisaroita, aerosoleja ja roiskeita on vain vähän.

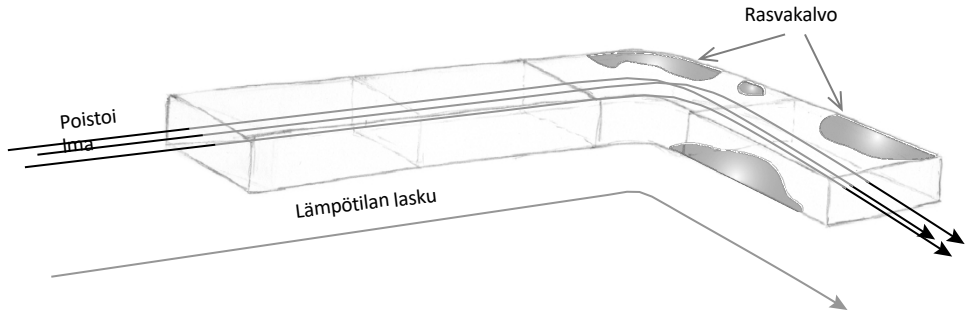
Haihtuneiden nesteiden kondensaatio

Teollisuudessa ja ammattikeittiöissä nämä höyrystyneet nesteet aiheuttavat suuria ongelmia prosessien poistoilmassa. Nämä höyryt eivät nimittäin aiheuta vain hajuhaittoja, vaan ne voivat myös tiivistyä uudelleen, kun poistoilma jäähtyy. Höyrystynyt neste muuttuu sitten takaisin kaasumaisesta tilasta nestemäiseksi. Tämä on havaittavissa erityisesti suurissa teollisuuslaitoksissa ja suurissa hotelleissa. Miksi? Koska suurissa rakennuksissa poistoilmakanavat ovat usein pitkiä.

Hygieniaongelmat ja palovaara pitkien poistoilmakanavien vuoksi

Olipa kyseessä sitten ruoanlaitto suuressa hotellikeittiössä tai jalostusprosessi teollisuusyrityksessä, prosessista suoraan kerätty ja imetty ilma on kuljetettava hyvin pitkän matkan poistoilmakanavan kautta, ennen kuin se lopulta poistuu rakennuksesta ja puhalletaan ulos suurten ilmanvaihtolaitteiden avulla. Pitkällä matkalla ilmanvaihtokanavan läpi, joka on usein muodostettu suorakaiteen muotoisista metallilevyistä, ilma jäähtyy. Tällöin höyrystynyt neste tiivistyy ja kerääntyy poistoilmakanaviin ja ilmanvaihtolaitteeseen. Nämä kerrostumat eivät ole vain hygieniaongelma, vaan aiheuttavat myös palovaaran.

Pitkät poistoilmakanavat ja niiden vaarat



Ilma jäähtyy jatkuvasti matkalla ulos. Höyryt tiivistyvät ja muodostavat poistoilmakanavaan vesi- ja rasvakerroksia, jotka ovat mikro-organismien kasvualusta ja mahdollinen palonlähde.–

Kuva 19

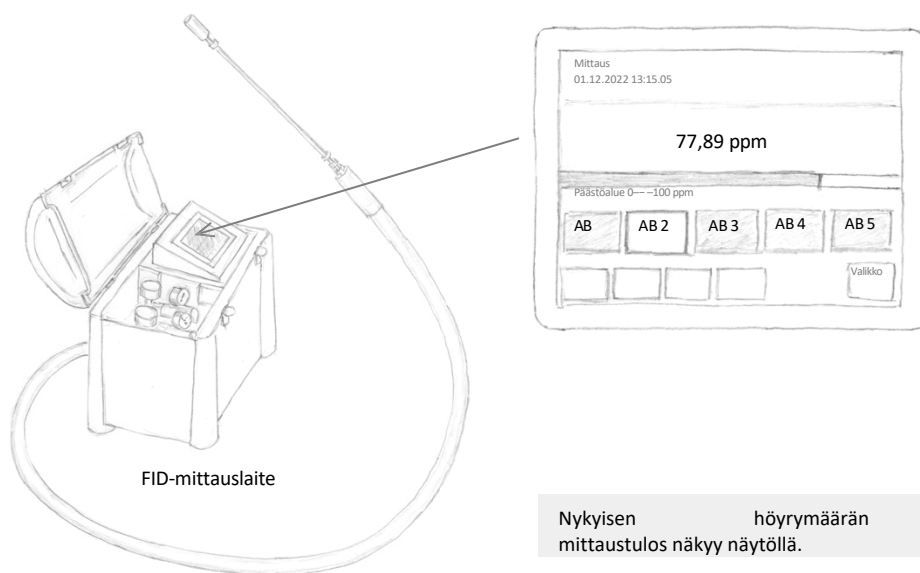
Eurooppalaiset standardit vaativat höyryjen ja niiden kondensoitumisen huomioon ottamista

Ilma, joka on vapaa aerosoleista ja hiukkasista, ei siis ole välttämättä puhdasta. Se, mitä usein koetaan hajuhaitaksi, on useimmiten höyryä. Tästä syystä myös eurooppalaiset standardit, kuten DIN EN 16282, vaativat, että ilmanpuhdistuksen lisäksi suodattimilla ja erottimilla on otettava huomioon myös höyrystyneet nesteet ja niiden kondensaatio! Tätä varten on mitattava ja analysoitava näiden aineiden osittain erittäin korkeat pitoisuudet.

3.2. FID-mittauslaitteet voivat auttaa ilman pilaantumisen analysoinnissa!

FID-mittauslaitteiden avulla voidaan saada tietoa siitä, kuinka paljon haihtunutta nestettä ilmassa on. FID on lyhenne sanoista Flammenionisationsdetektor (liekki-ionisaatiodektrori). FID-mittauslaite auttaa määrittämään haihtuneiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrän. Yleiskielessä puhutaan usein myös kokonais-C-pitoisuudesta poistoilmassa, jolla tarkoitetaan ilmassa olevia höyrymäisiä hiilivetyjä. Jos esimerkiksi haluamme selvittää, kuinka paljon höyrystynyttä polttoainetta nousee nenäämme tankatessa, tällainen mittalaite olisi ihanteellinen laite. FID-mittalaitteet ovat yhtä hyödyllisiä höyrystyneiden jäähdytys- ja voiteluaineiden analysoinnissa valmistusteollisuudessa tai elintarviketeollisuuden laitoksissa.

Hiukkas- ja höyrymäärien mittaaminen



Kuva 20

Ilman pilaantumisen analyysi

Kun analysoidaan edellä mainittujen prosessien poistoilmaa, todellinen pitoisuus on useimmiten ilmassa olevien aerosolien ja höyryjen summa. Tällaisen kokonaisarvioinnin tulos osoittaa usein, että kuutiometrissä huoneilmaa on 80 milligrammaa höyryä ja vain 20 milligrammaa aerosoleja. Tähän esimerkiksi sovellettuna se tarkoittaisi, että huoneilman pitoisuus olisi yhteensä 100 milligrammaa. Voimme tässä vaiheessa jättää huomiotta, onko kyseessä koneenrakennusteollisuuden jäähdytys- ja voiteluaine tai elintarviketuotannon friteerausöljy tai hotellikeittiön rasva, sillä ongelma ja tehtävä ovat aluksi samat: meidän on huolehdittava molemmista.

Väärinkäsitys

Haihtuneita nesteitä ei tarvitse mitata.

Meidän on otettava huomioon sekä höyrystyneet nesteet että näistä nesteistä ilmassa leviävät aerosolit. Yleinen virhe ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa on, että näitä ilman epäpuhtauksia ei mitata eikä analysoida lainkaan. Jos mitään mitataan, mitataan parhaimmillaan aerosolien hiukkaspitoisuus. Höyryjä ja aerosoleja ei analysoida käytännössä koskaan. Tämä on vahvistettu myös keskusteluissa bayernilaisen ammattialan järjestön kollegoiden kanssa.

Suurkeittiöiden friteerauskoneista tai tuotantolaitosten tai vastaavien laitosten suurista kuumien metallilastujen keräysastioista nousee käytön aikana valkoisia pilviä. Ne näyttävät silmämääräisesti samanlaisilta kuin höyry, joka nousee kotona, kun lämmitetään vettä kattilassa. Ero on kuitenkin siinä, että teollisista säiliöistä nouseva höyry sisältää öljyjä ja jäähdytys- tai voiteluaineita.

Nämä aineet ovat usein voimakkaiden hajuhaittojen lähde, mutta niitä ei oteta huomioon eikä tutkita riittävästi.

Hiukkas- ja FID-mittausten suorittaminen

On välttämätöntä tutkia tällaiset päästöt sekä hiukkasmittauksilla että FID-mittauksilla. Näiden mittausten perusteella voidaan nimittäin päättää seuraava vaihe. Ilman puhdistaminen poistamalla nämä höyryt.

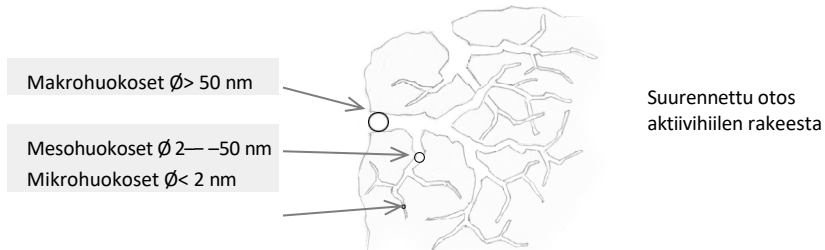
Ratkaisuehdotus 1: aktiivihiili

Yksi ratkaisuvaihtoehto voi olla esimerkiksi aktiivihiilisuodattimien käyttö. Yksinkertaistettuna aktiivihiili toimii eräänlaisena molekyyli-suodattimena. Se on erittäin huokoista ja siinä on lukuisia hyvin pieniä huokosia, jotka voivat adsorboida höyryjä. Höyryt sitoutuvat näin aktiivihiilen pintaan. Tämä toimii kuitenkin vain niin kauan kuin aktiivihiili ei ole liian kuormittunut kondensaatiossa syntyvistä aerosoleista.

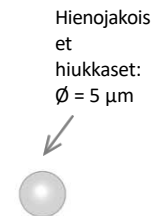
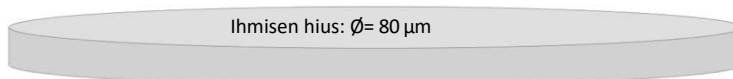
Aktiivihiilen käytön haitat

Aktiivihiilisuodattimet asennetaan usein vasta ilmanvaihtolaitteeseen pitkän poistoilmakanavan päähän. Kun poistoilma saapuu sinne, se on jo jäähtynyt muutaman asteen ja höyryt alkavat tiivistyä. Tämä tukkii aktiivihiilen lukuisat pienet huokoset liian nopeasti, jolloin ne menettävät tehonsa. Jos tiivistyvä höyry on öljyä, se muodostaa aktiivihiilen kanssa kirjaimellisesti tulipalonvaarallisen yhdistelmän!

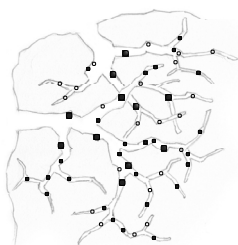
Aktiivihiilen käyttö



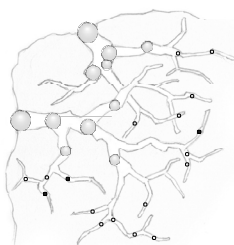
Kokoverailu:
Ihmisen hiuksen halkaisija on noin $80 \mu\text{m}$, hienojakoisen pölyhiukkasen halkaisija $5 \mu\text{m}$, jonka mesopori on $0,05 \mu\text{m}$ ($= 50 \text{ nm} = 0,00005 \text{ mm}$)



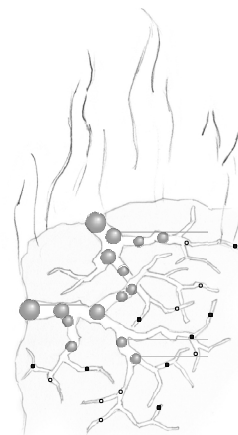
Adsorptio tapahtuu pinnalla huokosissa. Neljän gramman aktiivihiilen sisäpinta vastaa suunnilleen jalkapallokentän pinta-alaa.



höyryt



höyryjen tukkimat huokokset



Palovaara kondensoituneista öljyhöyryistä

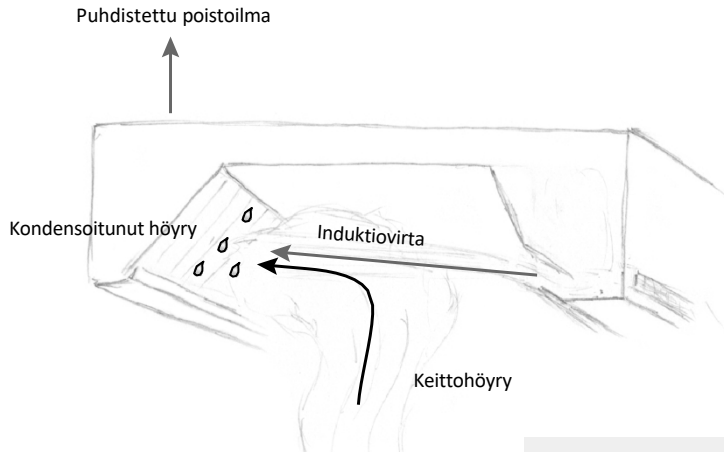
Ratkaisuvaihtoehto 2: pakotettu kondensointi

Toinen mahdollisuus höyrystyneiden nesteiden hallintaan ja niiden määrän vähentämiseen on pakotettu kondensointi suoraan niiden keräämisen ja imemisen yhteydessä.

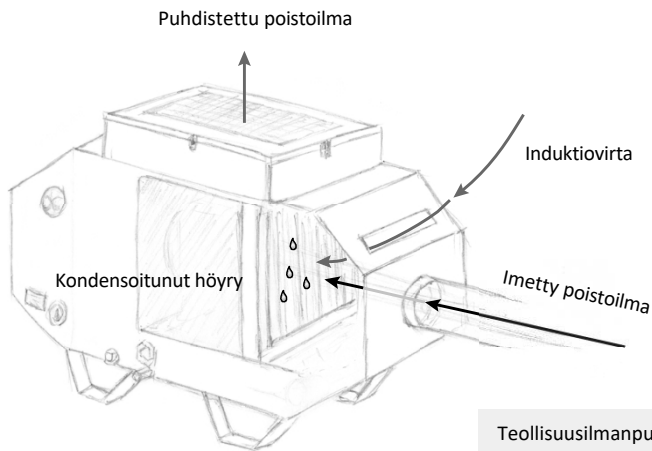
Kuten luvussa 1 on kuvattu, REVEN GmbH on kehittänyt laitteita, jotka eivät vain ime, vaan myös puhaltavat. Tällöin kerättävä ilma, jossa on aerosoleja, viruksia ja haitallisia aineita, kuljetetaan mahdollisimman nopeasti puhaltamalla siihen alueeseen, jossa ilmanpuhdistimien, liesituulettimien ja ilmanvaihtolaitteiden imuteho on suurin – eli suoraan niiden imuaukkojen alueelle.

Tätä varten olemme kehittäneet sekä modernit liesituulettimet että teolliset ilmanpuhdistimet, jotka on varustettu lisälaitteella puhalluksen tehostamiseksi. Näin liesituulettimessa nousevat keittöhöyryt virtaavat nopeasti ja suoraan keittolaitteesta suodatin- ja imualueelle, jossa ne kerätään ja imetään pois. Lisäksi olemme onnistuneet pakottamaan höyrystyneiden nesteiden kondensaation. Induktiovirtauksen, eli puhalletun ilmavirran, ilma on aina muutaman asteen kylmempää kuin kerättävä ilma. Tämä lämpötilaero auttaa meitä sekä kehittyneissä keräyshuppuissamme että työstökoneiden ilmanpuhdistimissamme laukaista höyrystyneiden nesteiden kondensoitumisen suoraan keräämisen ja imemisen yhteydessä.

Pakotettu kondensaatio



Keittiön liesituulettimessa: Viileämpi induktiovirta tiivistää höyryt, jotka erottuvat matkalla poistoilmakanavaan.



Teollisuusilmanpuhdistimessa: Viileämpi induktiovirta tiivistää höyryt ennen X-CYCLONE®-erotinta ja erottaa ne.

Pakotetun kondensoitumisen edut

Kun prosessista poistuva ilma puhdistetaan höyrystyneistä nesteistä ja ilmassa olevista aerosoleista, se on todella puhdasta. Samalla hajupäästöt vähenevät minimiin ja ne voidaan neutraloida kokonaan jälkikäsittelyyn asennetuilla hajusuodattimilla. Hajujen neutralointiin voidaan käyttää UV-, otsoni-, aktiivihiihi- tai kemiallisia hapetusjärjestelmiä. Niillä kaikilla on yksi yhteinen piirre: ne toimivat ja saavuttavat täyden tehonsa vain, jos poistoilma on puhdistettu tehokkaasti aerosoleista ja höyryistä etukäteen. Vasta sitten ja vain silloin jälkikäteen asennetut lisäteknikat hajujen täydelliseen poistamiseen ovat järkeviä. Lisätietoja seuraavassa luvussa.

4. Kuinka virukset ja hajut Neutraloidaanko?



Hajujen neutralointi ja virusten ja bakteerien täydellinen poistaminen ilmasta on tehtävä, joka vaatii useita vaiheita. Ensimmäisenä vaiheena on tehokas kerääminen ja imu, minkä jälkeen tarvitaan erittäin tehokkaita aerosolisuodattimia tai erottimia. Tässä yhteydessä on myös välttämätöntä kondensoida höyryt, kuten edellisessä luvussa on käsitelty. Vain kun kaikki nämä vaiheet on otettu huomioon, hajut voidaan poistaa luotettavasti ja kokonaan UV-C- tai otsonijärjestelmien avulla.

Väärinkäsitys

UV-säteilyllä ratkaistaan kaikki viruksiin, bakteereihin ja hajuun liittyvät ongelmat.

Ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa on yleinen ja sitkeä väärinkäsitys, jonka mukaan näistä vaiheista, kuten ilman keräämisestä ja imemisestä, erottamisesta ja kondensoinnista, ei tarvitse huolehtia liikaa. Riittää, kun laittaa ilmanpuhdistimiin ja poistoilmanvaihtojärjestelmiin mitä tahansa ultraviolettivaloa tuottavia lamppuja, niin kaikki on hyvin. Tätä tai jotain vastaavaa lupaavat monet markkinoilla toimivat yritykset, joiden mainoksia kuulen jatkuvasti.

Ultraviolettisäteilyä käyttävien ilmanpuhdistustekniikoiden toiminnasta ja tehosta on paljon väärinkäsityksiä ja virheellistä tietoa. Ensinnäkin monet valmistajat eivät kerro käyttäjille ultraviolettisäteilyn todellisesta käyttötarkoituksesta. Tärkeä huomioitava seikka on kysymys: "Mitä ultraviolettijärjestelmillä halutaan saavuttaa?" Haluammeko puhdistaa ilman viruksista ja bakteereista vai haluammeko poistaa rasvat ja öljyt poistoilmasta? Luulen, että olette samaa mieltä siitä, että tässä on kyse eri tehtävistä ja että virusten poistaminen poistoilmasta ei voi olla sama asia kuin öljyjen ja rasvojen poistaminen.

Siksi meidän pitäisi ensin keskustella siitä, mihin tarkoitukseen haluamme käyttää ultraviolettisäteilyä ilmanvaihtojärjestelmässämme. Käytettävä UV-C-järjestelmä riippuu tehtävistä. Tällaisilla järjestelmillä voi olla seuraavia tehtäviä:

- *Esineiden desinfiointi*
- *Ilman hajujen neutralointi*
- *Ilmassa olevien virusten ja bakteerien tuhoaminen*

Jo nämä kolme tehtävää koskevat kolme täysin erilaista aluetta, jotka kukin vaativat täysin erilaisia UV-C-järjestelmiä. Yhtä järjestelmää, joka pystyisi hoitamaan kaikki kolme tehtävää, ei ole olemassa. Tähän liittyy vielä myyttejä ympäröivä niin kutsuttu rasvanpoltto. Selvitämme myöhemmin, mistä siinä on kyse.

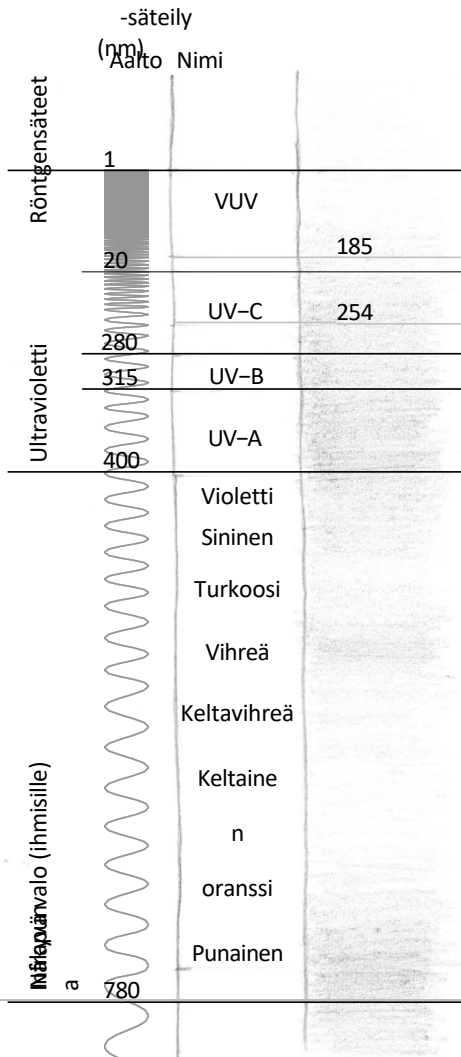
Tarvitsemme siis UV-C-järjestelmän, joka on erityisesti suunniteltu johonkin näistä tehtävistä. Mutta silloinkin on vielä epäselvää, voidaanko kyseinen tehtävä todella suorittaa tyydyttävästi.

4.1. UV-C-säteilyn väärinkäsitys

UV-C-järjestelmät integroidaan usein asuintilojen ilmanpuhdistimiin. Maailmanlaajuisen pandemian myötä tällaiset ilmanpuhdistimet ovat suorastaan tulvineet markkinoille vuodesta 2020 lähtien. Käyttäjille on luvattu, että näiden laitteiden ultraviolettisäteily tappaa vaaralliset virukset. Mutta miten sellainen voisi toimia?

Ulkonäöltään tällaiset UV-C-järjestelmät muistuttavat perinteisiä loisteputkia, joita käytetään esimerkiksi suurten toimistojen valaistusjärjestelmissä. Niitä on saatavana eri kokoina. Kun UV-C-putki kytketään päälle, se ei loista valkoisena kuten toimistovalaisimet, vaan sinertävänä, kuten solariumissa. Tämä sininen valo on keinotekoisesti tuotettua lyhytaaltoista UV-C-säteilyä, jonka aallonpituus on noin 250–280 nanometriä.

Sähkömagneettinen spektri



UV-A ja UV-B

Nämä UV-säteet ovat ainoat, jotka saavuttavat maanpinnan. Ihminen tarvitsee niitä kehon oman D-vitamiinin tuotantoon. Ne aiheuttavat ihon ruskeutumisen. Liian suurina annoksina säteily on kuitenkin haitallista sekä lyhyellä (auringonpoltama) että pitkällä aikavälillä (ihosyövän riski).

UV-C

Sterilointiin käytetään keinoitekoisesti tuotettua UV-C-valoa, jonka aallonpituus on 250–280 nm. Erityisesti 254 nm on ihanteellinen mikro-organismien perimän vahingoittamiseen. UV-C on myös haitallista ihmisille.

V(tyhjiö)UV

Ultraviolettiospektristä käytetään keinoitekoisesti tuotettua valoa, jonka aallonpituus on 185 nm, otsonin muodostamiseksi. Käyttö toimii vain erityisillä kvartsiputkilla.

Kuva 23

Aallonpituuden vaikutus

UV-C-järjestelmissä säteilyn aallonpituusalue on tärkeä, koska vain siten bakteerit ja virukset tuhoutuvat tai niiden lisääntyminen estyy niiden perimän vaurioitumisen vuoksi. Tätä tietoa on hyödynnetty jo pitkään lääketieteellisessä tekniikassa, esimerkiksi leikkaussalivälineiden ja lääketieteellisten instrumenttien desinfiointissa. Nämä desinfiointilaitteet ovat usein suorakulmaisia laatikoita, jotka näyttävät tavallisilta mikroaaltouuneilta. Laatikoihin on integroitu UV-C-putkia, joiden avulla laatikon sisätila voidaan säteilyttää aallonpituusalueella 250–280 nanometriä. Tällaisessa ultraviolettisterilointilaitteessa olevat esineet desinfioidaan UV-C-säteilyllä.

Aika on tärkeä tekijä

Näiden UV-C-sterilointilaitteiden tietolehdissä korostetaan toistuvasti, että täydellinen bakteerien tuhoaminen, eli sterilointi, voidaan saavuttaa jo noin 30 sekunnin säteilytysajalla.

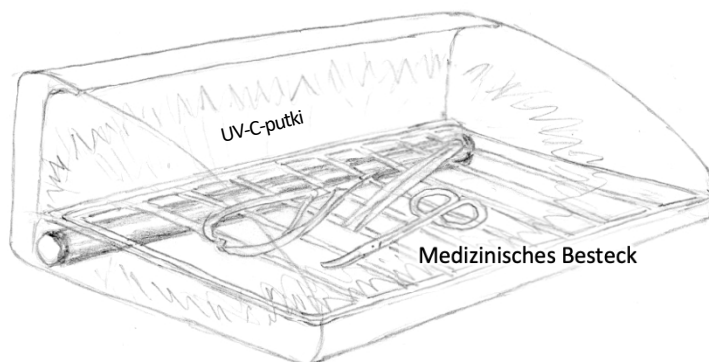
Useimmissa UV-C-sterilointilaitteissa desinfiointiaika voidaan asettaa 30 sekunnista 60 minuuttiin, aivan kuten kotimikroaaltouunissa.

Aallonpituus+ Aika= Haluttu tulos

Näin olemme määrittäneet ensimmäisen käyttöalueen, johon on olemassa monia teknisiä ratkaisuja, tuotteita ja kokemuksia: Jos halutaan tuhota virukset ja bakteerit kokonaan esineistä, kuten saksista, veitsistä, pihdeistä, neuloista jne., tarvitaan keinotekoisesti tuotettua ultraviolettisäteilyä aallonpituusalueella noin 250–280 nanometriä. On myös erittäin tärkeää, että esineet altistetaan säteilylle vähintään 30 sekunnin ajan, jotta ne ovat todella steriilejä. Näin ollen

Ainakin tämä on UV-C-sterilointilaitteiden valmistajien suositus, sillä laitteita on käytetty jo vuosia lääketieteellisessä tekniikassa.

Desinfiointi UV-C-sterilointilaitteessa



Tässä modernissa sterilointilaitteessa on kaksi vaihetta:

- UV-C-säteily (254 nm) vähintään 30 sekunnin ajan mikro-organismien perimän tuhoamiseksi.
- VUV-säteily (185 nm) mikro-organismien täydelliseksi tuhoamiseksi otsonilla.

Kuva 24

Mitä meidän tulisi tai meidän on pääteltävä tästä ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden kannalta?

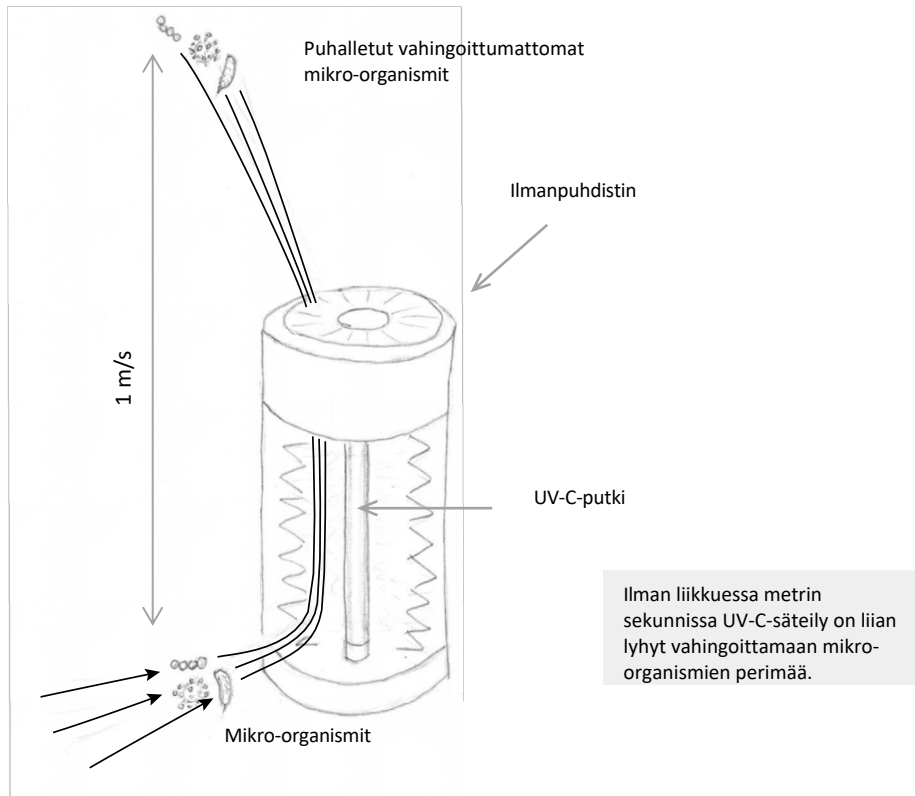
Vastaus on oikeastaan melko yksinkertainen ja selvä: jos haluamme tappaa bakteereja ja viruksia ilmapirrassa, tarvitsemme samaa ultraviolettisäteilyä, jonka on vaikutettava viruksiin ja bakteereihin tietyn ajan.

Väärinkäsitys

Ilman sterilointi toimii samalla tavalla kuin esineiden sterilointi.

Niin yksinkertaiselta ja loogiselta kuin tämä kuulostaakin, tässä alkavat kuitenkin ongelmat ilmanvaihtotekniikassa. Ilmanvaihtolaitteissa ja ilmanpuhdistimissa on kyse virtaavasta ilmasta, ei esineistä, jotka ovat paikallaan puolen minuutin ajan sterilointia varten. Ilma liikkuu ilmanvaihtolaitteissa ja ilmanpuhdistimissa vähintään metrin sekuntivauhdilla. Kaikki, mikä on tässä ilmavirrassa, myös bakteerit ja virukset, kulkee sekunnissa vähintään metrin matkan. Monissa laitteissa matkat ovat jopa suurempia, kahdesta viiteen metriä sekunnissa.

Ilman kulkema matka sekunnissa



Kuva 25

Tämä seikka on jo ensimmäinen ongelma ja suuri haaste. Kuten olemme oppineet lääketieteellisten sterilointilaitteiden kuvauksesta, bakteereja ja viruksia olisi suositeltavaa altistaa ultraviolettisäteilylle vähintään 30 sekunnin ajan. Miten tämä voidaan toteuttaa ilmanvaihtojärjestelmässä?

Ilmanvaihtojärjestelmässä, jossa ilman nopeus on yksi metri sekunnissa, tarvitaan 30 metriä pitkä poistoilmakanava, jossa on UV-C-putket. Tällaista järjestelmää ei kuitenkaan ole saatavilla. UV-C-putkilla varustetut ilmanvaihtolaitteet ja ilmanpuhdistimet ovat harvoin paljon pidempiä kuin yksi metri. Näissä laitteissa ilman mukana kulkevien bakteerien ja virusten altistumisaika UV-C-säteilylle on siis helppo laskea: säteilyllä on tällaisissa järjestelmissä vain sekunti aikaa vaikuttaa viruksiin ja bakteereihin. Sterilointiin tämä aika on aivan liian lyhyt.

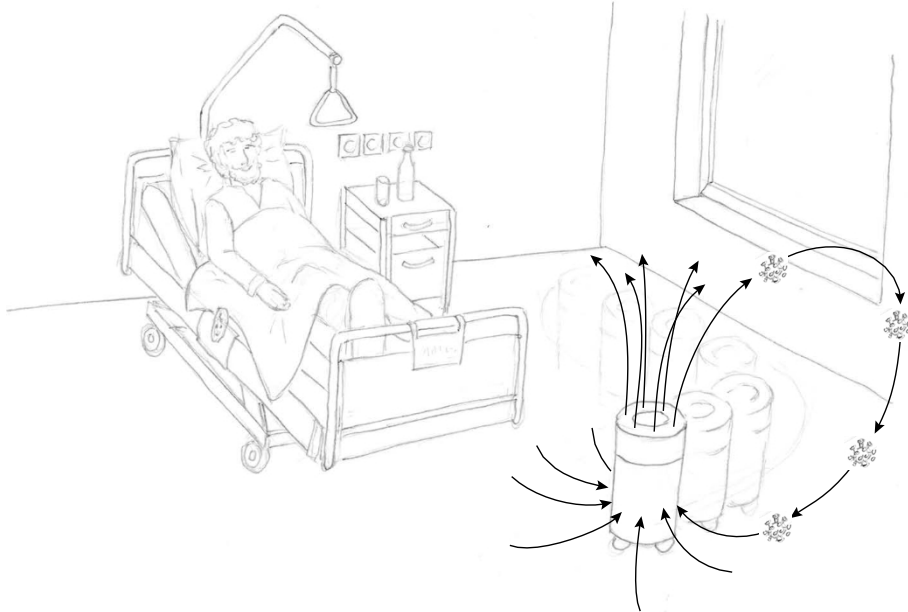
Ei siis riitä, että UV-C-putket asennetaan ilmanvaihtolaitteeseen tai ilmanpuhdistimeen, eikä se useimmiten ole järkevää. Mitä sitten pitäisi tehdä?

Yksi mahdollisuus olisi johtaa ilma vähintään puolen minuutin ajan toistuvasti UV-C-putkien alueelle, jotta saavutetaan riittävän pitkä vaikutusaika.

Käytännön esimerkki: desinfiointirobotit

Juuri tätä tekevät uusimmat desinfiointirobotit sairaaloissa. Nämä laitteet on kehitetty pandemian aikana, ja niitä voidaan käyttää sairaalahuoneissa. Ne ajavat itsenäisesti huoneeseen ja puhdistavat siellä ilman. Ne imevät ilmaa ja puhaltavat sen ulos. Ilma altistuu ultraviolettisäteilylle. Tämä prosessi toistuu huoneessa jatkuvasti tietyn ajan. Kuten voitte arvata, näin voidaan saavuttaa vähintään 30 sekunnin vaikutusaika.

Desinfiointirobotti sairaalahuoneessa



Vain jos sama ilma kierrätetään jatkuvassa kierrossa desinfiointirobotin (yksinkertaistettu esitys) läpi, siinä olevat sairaalabakteerit voidaan tuhota UV-C-säteilyllä.

Kuva 26

Tämä prosessi voi kuitenkin tapahtua vain, jos meillä on suljettu tila, jossa robotti voi imeä, säteillä ja puhalttaa samaa ilmaa toistuvasti tietyn ajan. Jos meillä sen sijaan on tuuletettu tila, johon puhalletaan raitista ilmaa ja josta imetään pois käytetty, saastunut ilma, tilanne on täysin erilainen.

Aika ei riitä

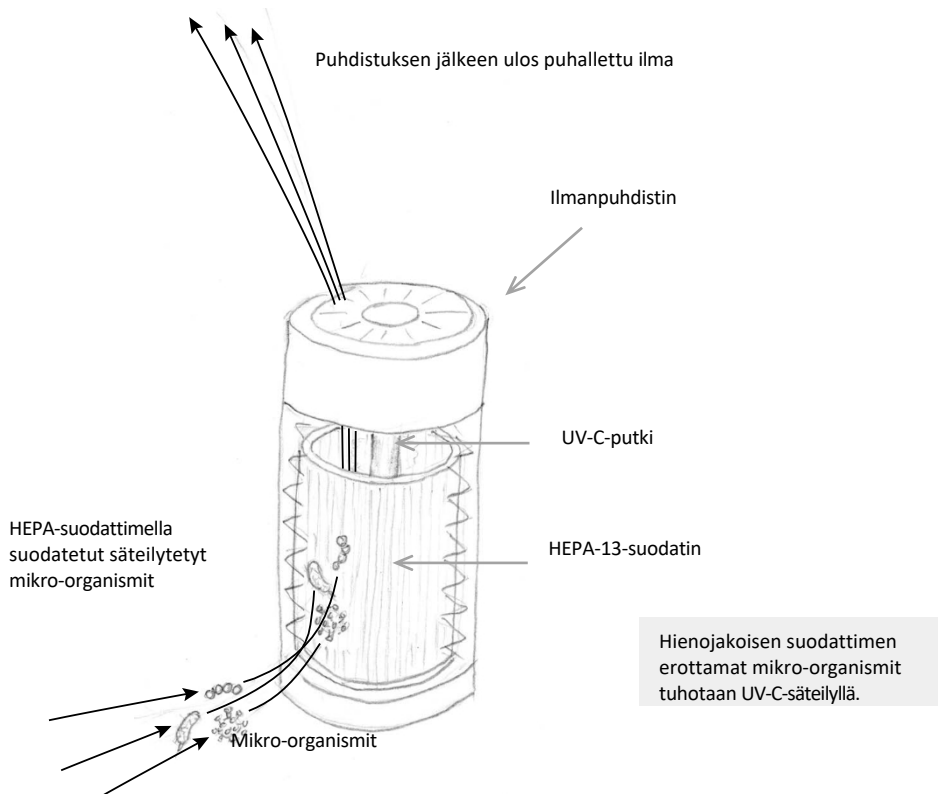
Myös yksinkertaisissa ja pienissä ilmanpuhdistimissa ilman imeminen, puhdistaminen ja puhaltaminen kestää tuskin yli sekuntia. Siksi on selvää, että tällaisissa kompakteissa

ilmanpuhdistimissa ilman sterilointi pelkästään UV-C-säteilyllä. Aika ei yksinkertaisesti riitä siihen.

Höyrysuodattimien käyttö

Kompaktien ilmanpuhdistimien suorituskykyä voidaan parantaa asentamalla niihin hiukkassuodattimet. Nämä ovat erittäin tehokkaita suodattimia, jotka suodattavat ilmasta myös hyvin pienet hiukkaset sekä virukset ja bakteerit. Yhdessä UV-C-säteilyn kanssa, joka säteilee tätä erittäin tehokasta suodatinta riittävän pitkään, virukset ja bakteerit voidaan tuhota suodattimessa.

Apuvälineet Hiukkasfilterit



Kuva 27

On olemassa useita vastaavia esimerkkejä. Lopulta kyse on aina siitä, että sopiva ultraviolettisäteily altistetaan viruksille ja bakteereille riittävän pitkään, jotta niiden perimä vahingoittuu riittävästi ja niiden lisääntyminen estyy. Todellinen sterilointi voidaan saavuttaa vain täydellisellä tuhoamisella. Hieman tieteellisemmin tämän asian voisi tiivistää seuraavasti:

Säteily on tappavaa viruksille ja bakteereille, jos se on riittävän voimakasta ja vaikuttaa riittävän kauan.

Säteilyn intensiteetti

Säteilyintensiteetti riippuu putkista, tarkemmin sanottuna niiden tehosta neliömetriä kohti säteilytettyä pintaa. Mitä enemmän tehoa watteina käytämme, sitä lyhyempi on tarvittava vaikutusaika. Jos käytetään heikkotehoisia UV-C-LED-valaisimia, joiden teho on vain muutama wattia LED-valaisinta kohti, tarvitaan vastaavasti pidempi vaikutusaika. Yhteys on suhteellisen yksinkertainen: mitä suurempi säteilyteho ja mitä pidempi säteilyaltistusaika, sitä suurempi desinfioiva vaikutus – ja päinvastoin.

Siirrytään nyt öljyjen ja rasvojen poistamiseen poistoilmasta ja siihen, miten UV-C-säteily voi auttaa tässä. Tarkemmin tarkasteltuna törmäämme tähän kysymykseen, joka on yksi suurimmista väärinkäsityksistä ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden alalla. Kyseessä on kuitenkin enemmän mysteeri kuin väärinkäsitys, ja se voidaan kuvata seuraavalla kysymyksellä.

4.2. Voiko UV-C-säteily poistaa aerosoleja?

Jos uskomme monien ilmanvaihtotekniikan valmistajien väitteitä, niin kyllä. Usein väitetään, että UV-C-putkien ultraviolettisäteily pystyy poistamaan öljyt ja rasvat poistoilmasta. Tämä mysteeri on levinnyt erityisesti kaupallisten keittiöiden ilmanvaihtoon. Joidenkin valmistajien mukaan keittiön ilmanvaihdon rasvattomuuden takana ovat pikemminkin UV-C-järjestelmät kuin edellä luvussa 2 esitellyt aerosolierottimet.

Kuten aiemmin selitettiin, tällaiset öljyt ja rasvat voivat esiintyä ilmassa joko aerosoleina tai höyrystyneinä.

Väärinkäsitys

UV-C-säteily puhdistaa ilman rasvoista ja öljyistä.

Monet valmistajat väittävät, että sopiva UV-C-järjestelmä keittiön poistoilmanvaihtojärjestelmässä voi poistaa kaikki nämä rasva- ja öljymuodot ilmavirrasta ja pitää keittiön ilmanvaihtojärjestelmän täysin öljy- ja rasvattomana.

Kuulostaa upealta, eikö? Valitettavasti näitä mullistavia ilmanpuhdistusominaisuuksia ei ole toistaiseksi todistettu kertaakaan edes kohtuullisen tieteellisellä tasolla.

Tiedämme nyt, kuinka monimutkaista bakteerien ja virusten luotettava poistaminen UV-C-säteilyllä on. Ilman puhdistaminen aerosoleista ja öljy- ja rasvapisaroista ultraviolettisäteilyllä on puolestaan jotain täysin erilaista!

Se alkaa jo näiden ilman epäpuhtauksien koosta ja ominaisuuksista: virus on moninkertaisesti pienempi kuin öljyaerosoli. Lisäksi virukset ja bakteerit eivät yksinkertaisesti haihdu tai hajoa muulla tavalla. Ultraviolettisäteily vahingoittaa niiden perimää niin voimakkaasti, että ne eivät voi enää lisääntyä ja kuolevat.

Öljyjen ja rasvojen poistamisesta poistoilmasta väitetään, että ne liukenevat ja häviävät kokonaan – ainakin niin suurin osa lupauksista väittää! Miten sellainen on mahdollista?

Väärinkäsitys

Rasva hajoaa kokonaan fotolyysin vaikutuksesta.

Valmistajat esittävät tästä aiheesta mitä hurjimpia väitteitä. Erityisten UV-lamppujen väitetään kykenevän hajottamaan ilmassa olevan rasvan fotolyysin avulla. Tällöin rasvapitoisuus vähenisi 95 % ja rasva muuttuisi lopputuotteiksi, joita ovat happi, hiilidioksidi, vesi ja pölymäiset jäännösaineet.

Kun kysytään, miten tällaiset väitteet on mitattu ja vahvistettu, kuulee aina saman vastauksen: "Olemme havainneet niin!" tai "Olemme asentaneet tällaisia laitteita jo monien vuosien ajan ja havainneet niin toistuvasti, emme voi olla väärässä!"

Useimmissa tapauksissa ei ole minkäänlaista mittaustekniikkaa, mittaustekniikkaa eikä tutkimuksia, jotka edes alustavasti tukisivat näitä väitteitä ja havaintoja. Lupaukset ja vakuutukset perustuvat vuosikymmenien kokemukseen ja omiin havaintoihin, jotka eivät voi olla väärä niin pitkällä aikavälillä.

Käytännön esimerkki: pakokaasupäästöt

Myös VW-konserni on kehittänyt dieselmoottoireita vuosikymmenten ajan ja oli varma, ettei se voi erehtyä moottoriensa pakokaasuarvoissa.

Mistä tämä liioiteltu innokkuus johtuu? Miksi niin monet valmistajat käyttävät tätä tekniikkaa ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa?

Koska se on erittäin tuottoisaa liiketoimintaa. Putkien hankinta on helppoa, ja niiden integrointi poistoilmanvaihtojärjestelmään on jokaisen kohtuullisen taitavan sähköasentajan osaamista, joten keittiön ilmanvaihtojärjestelmän arvo nousee tuhansia euroja todella vähällä vaivalla!

Väärinkäsitys

Keittiön ilmanvaihtojärjestelmä paranee joka tapauksessa UV-valon käytöllä.

Tässä herää kuitenkin kysymys: Onko järjestelmä todella parantunut? Poistetaanko rasva ja öljy luotettavasti 95-prosenttisesti? Saako käyttäjä tämän lisäinvestoinnin ansiosta todella kestäväää lisäarvoa?

Jotta tähän voidaan vastata luotettavasti, on tarkasteltava faktoja. Vasta sitten voimme yrittää vastata edellä esitettyihin kysymyksiin. Tätä varten luettelemme kaikki perustellut faktat, jotka liittyvät näihin myytteihin:

1. UV-järjestelmän on tuotettava otsonia

UV-C-järjestelmät vaikuttavat rasvoin ja öljyihin ammattikeittiöiden poistoilmassa vain, jos käytetään oikeita UV-C-putkia. Niiden on kyettävä lähettämään ultraviolettisäteilyä, jonka aallonpituus on alle 200 nanometriä. Tämä on mahdollista vain putkissa

synteettisestä kvartsilasista. Juu on siinä, että ultraviolettisäteily aallonpituusalueella 185 nanometriä ei suodatu tämän lasin läpi, vaan pääsee ulos. Tämä on perusedellytys otsonin tuottamiselle.

2. Otsonin on tarkoitus hapettaa rasvat ja öljyt.

Käyttämällä oikeita putkia ja oikean aallonpituuden säteilyä, ilmanvaihtojärjestelmässä syntyy siis otsonia. Otsoni on tärkeää, jotta öljyihin, rasvoihin ja moniin muihin aineisiin voidaan ylipäättään vaikuttaa. Se on kuitenkin erittäin voimakas hapetin. Tästä syystä se on myös terveydelle haitallista ja jopa epäillään syöpää aiheuttavaksi. Keittiön poistoilmassa voidaan kuitenkin yrittää hapettaa öljyt ja rasvat. Sanon kuitenkin tarkoituksella: sitä voidaan YRITTÄÄ!

Tutkimusraportti Yhdysvalloista

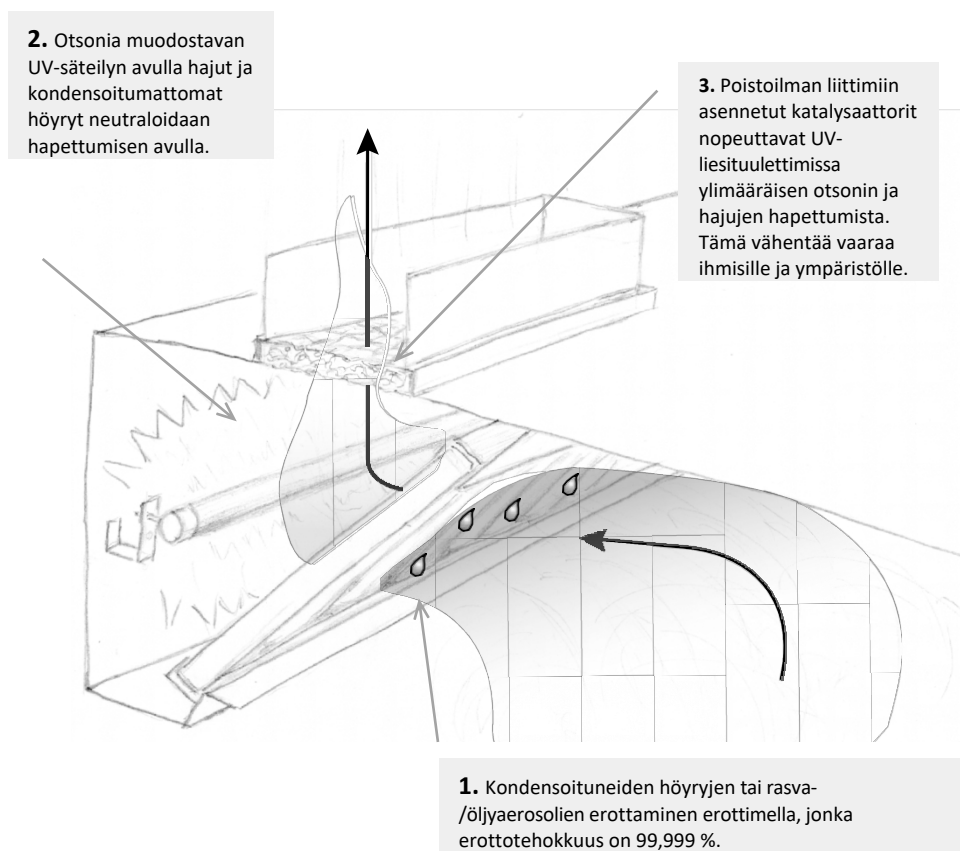
Tuoreet tutkimukset Yhdysvalloista osoittavat, että tämä hapettava vaikutus öljyihin ja rasvoihin on olemassa, mutta ei kovin tehokas. Öljyt ja rasvat hapettuvat vain osittain, eikä näissä tutkimuksissa vahvisteta väitettä, että öljyt ja rasvat voitaisiin poistaa kokonaan. Päinvastoin! Otsonin suuren vaarapotentiaalin vuoksi onkin syytä kysyä, aiheuttaako otsonin tuotanto tällaisissa järjestelmissä enemmän haittaa kuin hyötyä ympäristölle! Asiaa koskeva tutkimusraportti julkaistiin vuonna 2020 ASHRAE:n (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) toimesta, ja sen otsikko on "Research Project 1614 Determining the Effectiveness of UVC Systems on Commercial Cooking Effluent".

3. Tehokas rasvanpoisto etukäteen

Koska otsoni vaikuttaa vain vähän öljyihin ja rasvoihin, keittiön ilmanvaihtojärjestelmissä on kiinnitettävä päähuomio ilman keräämiseen, imemiseen ja puhdistamiseen suodattimien ja erottimien avulla, jotta ilma poistuu mahdollisimman öljy- ja rasvattomana. Jos poistoilma haisee voimakkaasti, se johtuu höyrystyneistä

öljyjen ja rasvojen haihtumiseen. Tähän tarkoitukseen – ja vain tähän tarkoitukseen – voidaan rajoitetusti käyttää otsonia tuottavaa UV-C-järjestelmää. Tällöin ei kuitenkaan saa unohtaa tällaisten järjestelmien vaarapotentiaalia.

UV-säteilyn järkevä käyttö keittiön liesituulettimissa



Kuva 28

4. Otsoni on mahdollisesti syöpää aiheuttava aine.

UV-C-laitteista, jotka tuottavat säteilyllä otsonia, aiheutuu suuri vaarapotentiaali, josta käyttäjille kaupallisissa keittiöissä kerrotaan liian harvoin, puhumattakaan siitä, että heitä olisi perehdytetty perusteellisesti terveysriskien välttämiseen. Kuten aiemmin mainittiin, tämä säteily voi vahingoittaa virusten ja bakteerien perimää. Perimää vahingoittava vaikutus ei kuitenkaan rajoitu vain viruksiin ja bakteereihin. Se vaikuttaa myös ihmisiin, jotka altistuvat tälle säteilylle. Tuotettu otsoni on terveydelle haitallinen kaasu, ja sen epäillään olevan syöpää aiheuttava.

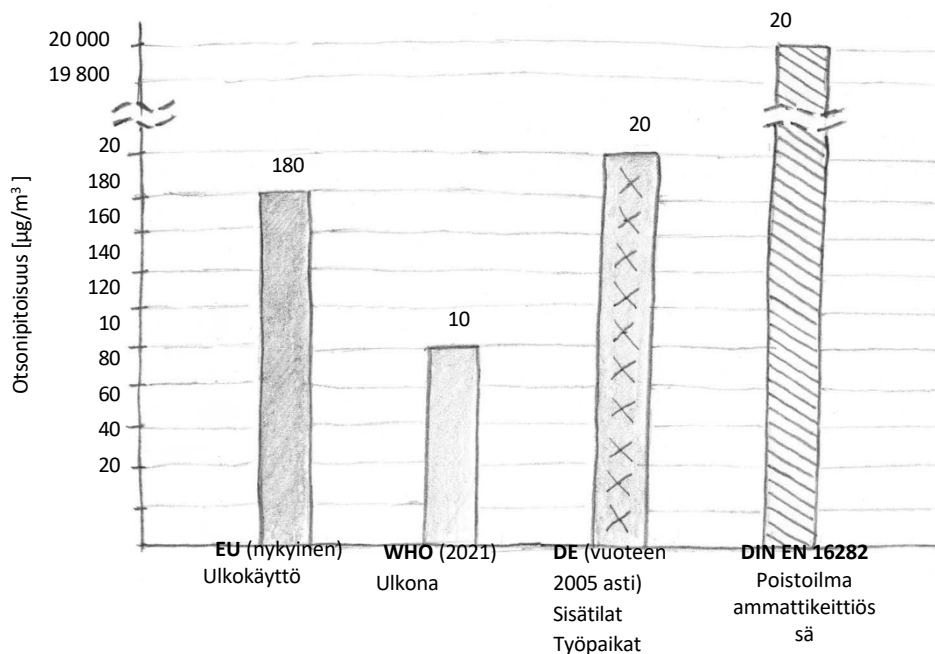
Tästä syystä Saksassa on nyt poistettu kaikki sisäilman otsonipitoisuusrajat. Kaupungeissa annetaan jopa säännöllisesti otsonihälytys, kun ulkoilman otsonipitoisuus on liian korkea. Korkeiden pitoisuuksien yhteydessä väestöä kehoitetaan välttämään ulkoilua ja pysymään mahdollisuuksien mukaan sisällä. Monissa ilmanvaihto- ja ilmanpuhdistustekniikan ratkaisuisa käytetään kuitenkin juuri sellaista säteilyä, joka tuottaa tällaisia vaarallisia kaasuja.

Käytännön esimerkki: keittiön ilmanvaihto

Olen itse useita kertoja kuullut kokkien kertovan keittiön liesituulettimien suodattimien takana olevista loisteputkista ja epäilevän niiden toimivuutta. Kun kerroin heille ja heidän keittiöhenkilökunnalleen, että kyseessä eivät olleet loisteputket, vaan UV-C-järjestelmät, jotka tuottivat vaarallista säteilyä ja vapauttivat terveydelle haitallisia kaasuja, näin useita hyvin pelästyneitä kasvoja.

Tämä on luettelo tosiasioista, joka ei ole täydellinen ja jota voitaisiin varmasti vielä täydentää muutamalla kohdalla.

Otsonirajat



EU: enimmäisaltistumismäärä tunnissa päivässä (1 tunnin keskiarvo), jos tämä arvo ylittyy, väestölle ilmoitetaan



WHO: suurin altistumismäärä kahdeksan tunnin aikana päivässä (8 tunnin keskiarvo)



DE (voimassa vuoteen 2005): päivittäinen MAK (maksimipitoisuus työpaikalla). Siitä lähtien Saksassa ei ole ollut sisäilman otsonipäästörajoja työpaikoilla, koska otsonin epäillään aiheuttavan syöpää ihmisille. Sveitsissä MAK-arvo 200 μg on edelleen voimassa.



DIN EN 16282 -standardin mukaan 20 000 μg on keittiön liesituulettimen poistoilman otsonipitoisuuden yläraja. Se on 100-kertainen määrä Saksan työpaikkarajaan verrattuna (voimassa vuoteen 2005 asti)! Tai 200-kertainen määrä WHO:n ulkoilman 8 tunnin keskiarvoon verrattuna!

Mittaustekniikka olisi esimerkiksi toinen asia. Ette voi edes kuvitella, kuinka monta valmistajaa myy otsonia tuottavia järjestelmiä, mutta ei ole sopivaa mittaustekniikkaa vaarallisen otsonikaasun pitoisuuden määrittämiseen.

Väärinkäsitys

Öljyt ja rasvat ovat lienneet, koska niitä ei voitu mitata (tietyillä tekniikoilla).

On myös valmistajia, jotka väittävät pystyvänsä todistamaan kaikkien öljyjen ja rasvojen poistumisen sopivalla hiukkasmittaustekniikalla. Tällaisissa tapauksissa olisi usein suositeltavaa suorittaa vain yksinkertainen lämpötilamittaus. Miksi? Joissakin järjestelmissä poistoilmakanavaan tai liesituulimeen on asennettu kymmeniä UV-C-putkia. Nämä kuumenevat käytön aikana erittäin kuumiksi ja lämmittävät siten koko ympäröivän tilan. Tämän seurauksena monet öljyt ja rasvat höyrystyvät.

5. Kuinka ilmavirtaukset voidaan tehdä näkyviksi?



Pandemian alkaessa vuonna 2020 voimme havaita Saksassa "jännittävän" trendin. Kompaktien ilmanpuhdistimien tarjonta ei vain räjähtänyt yhtäkkiä, vaan Saksassa ilmestyi myös satoja ilmanvaihtoasiantuntijoita ja aerodynamiikan asiantuntijoita. Tuulivirtauksia suurissa toimistoissa tai luokkahuoneissa kuvaavia graafisia esityksiä syntyi tuhansia, ja niitä esiteltiin kaikkialla. Mitä yhteistä näillä kuvilla oli? Ne olivat kauniin värikkäitä ja niissä oli paljon nuolia. Nuolet osoittivat yleensä huoneen nurkkaan sijoitettuun ilmanpuhdistimeen, jonka oli tarkoitus puhdistaa huoneilma viruksista ja haitallisista aineista.

Olemme jo luvusta 1 lähtien tienneet, että ilman imeminen on erittäin monimutkaista- . Jo tämän vuoksi pitäisi olla selvää, että nurkkaan sijoitettu ilmanpuhdistin ei pysty imemään koko luokkahuoneen tai avokonttorin ilmaa. Huoneilmanpuhdistimeen voi osoittaa kuinka monta värikästä nuolta tahansa, ilma ei virtaa sinne (katso kuva 5)!

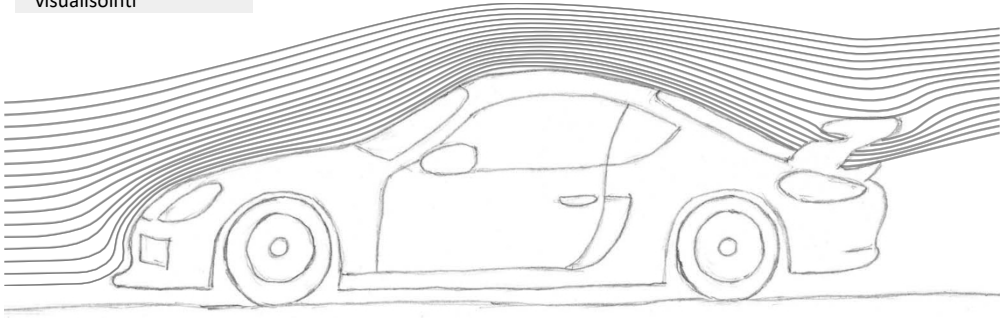
Useimmat näistä värikkäistä kuvista esittävät siis yksinkertaisesti vapaasti keksittyjä ilmavirtauksia, joilla ei ole mitään tekemistä todellisuuden kanssa. Mutta miten näiden ilmavirtausten todellinen kulku voidaan määrittää ja tehdä näkyväksi?

Perustutkimus ilmavirtausten analysoimiseksi

Berliinin teknillisen yliopiston Hermann-Rietschel-instituutti tekee laajaa perustutkimusta tästä aiheesta. Ilmavirtausten ja ilmanvaihtotoimenpiteiden tehokkuuden analysoinnin perusteella instituutin edustajat toteavat seuraavaa: "Arvioidaksemme, kuinka hyvin ilmanvaihto ja haitallisten aineiden poisto toimivat tilassa ja yksityiskohtaisesti jokaisessa tilan pisteessä, käytämme niin sanottua ilmanvaihtotehokkuutta. Se voidaan määrittää numeerisilla virtaussimulaatioilla ja/tai mittauksin. Käytämme näitä menetelmiä kaikissa projekteissamme huoneilman virtausten arvioimiseksi ja uusien tehokkaiden ilmanvaihtomuotojen kehittämiseksi."

Ilmavirtausten visualisointi

Kilpa-auton
aerodynamiikan
visualisointi



Virtaussimulaatio on ollut jo pitkään tunnettu lentokoneiden ja kilpa-autojen rakentamisessa. Nykyään ilmavirtausten laskemista ja visualisointia käytetään myös sisäilman tekniikan optimointiin.

Kuva 30

Mitä tämä tarkoittaa meille? Tarvitsemme siis virtaussimulaation ja vastaavan mittaustekniikan. Juuri tästä olemme jo puhuneet edellisissä luvuissa, esimerkiksi aerosolisuodatuksen tai UV-C-tekniikan yhteydessä. Miten tämä menetelmä toteutetaan ilman virtauksessa?

5.1. Värikkäiden kuvien aiheuttama väärinkäsitys ilmavirtauksista

Värikkäät kuvat, joissa on paljon nuolia, eivät esitä numeerista virtaussimulaatiota eivätkä perustu mittasarjan mittaustuloksiin. Useimmissa tapauksissa ne ovat vapaasti keksittyjä esityksiä ilmavirtauksesta, joilla ei ole mitään tekemistä todellisten olosuhteiden kanssa. Ne ovat siis kirjaimellisesti otettu ilmasta ja eivät edes lähellekään vastaa todellisuutta!

Väärinkäsitys

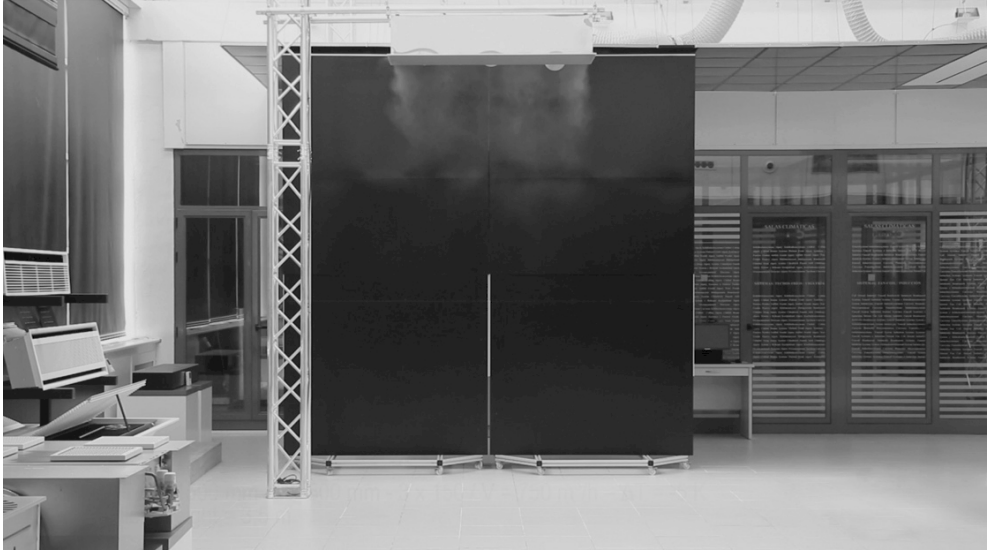
Ilmavirtauksen kulku on ennustettavissa.

Ilmanvaihtotekniikassa yleinen virheellinen oletamus on, että ilman käyttäytyminen voidaan ennustaa etukäteen. Luvussa 2 osoitimme, mihin virheellisiin tulkintoihin ja johtopäätöksiin tämä voi johtaa tuotekehityksessä. Myös meidän tiimissämme tehtiin tämä virhe, kun kehitimme X-CYCLONE®-tekniikka- .

SCHAKO CFD-osaamiskeskus

SCHAKO-konsernissa on jopa oma tiimi virtaussimulointeja ja mittaustekniikkaa varten. SCHAKO IBERIA -yhtiössä Espanjassa olemme perustaneet CFD-osaamiskeskuksen. Tämä tiimi keskittyy pääasiassa tehtävään, jonka Hermann-Rietschel-instituutti Berliinin teknillisessä yliopistossa on niin osuvasti kiteyttänyt! CFD-osaamiskeskuksessamme teemme ilmavirtauksia näkyviksi numeeristen ilmavirtaussimulaatioiden ja sopivien mittauslaitteiden avulla.

SCHAKO-laboratorio käytössä



Katsaus testauslaitteistoon tuloilman virtausten visualisointia varten

Kuva 31

Väärinkäsitys

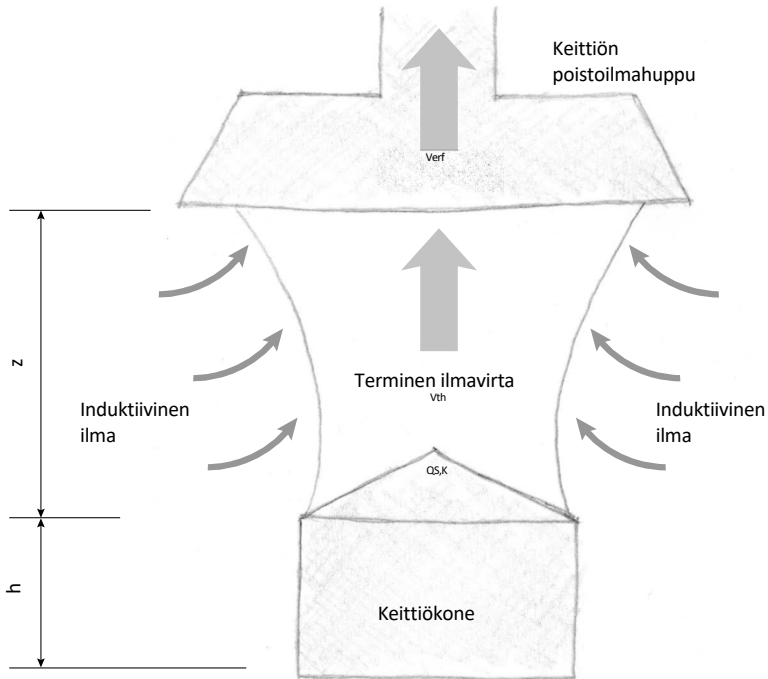
Visualisointimallit vastaavat todellisuutta.

Myös standardit ja ohjeet perustuvat usein samaan virheelliseen käsitykseen kuin värikkäissä kuvissa esitetyt mallit. Kaupallisten keittiöiden ilmanvaihtoa koskevat ohjeet, kuten VDI 2052, ja kansainväliset standardit, kuten Euroopassa voimassa oleva DIN EN 16282, sisältävät myös värikkäitä nuolia. Kuvissa näkyy keittiön keittotaso ja ilman virtaukset keittotasosta keittiön liesituulimeen. Huoneeseen osoittavat nuolet kuvaavat raitista ilmaa, joka virtaa keittiöön. Nuolet on useimmiten piirretty suorina pysty- tai vaakasuorina viivoina, jotka antavat vaikutelman tarkasti rajatuista ilmavirtauksista.

Keittolaitteesta pystysuoraan ylöspäin osoittava nuoli, joka ulottuu keittiön liesituulettimeen asti, on tarkoitus kuvata suoraan ja välittömästi imettyä ilmaa – tässä on syytä kysyä, mitä tämä on tekemisissä todellisuuden kanssa? Todelliseen ilmavirtaukseen se ei ainakaan juurikaan liity. Kyseessä on malli, jonka on tarkoitus kuvata keittolaitteen yläpuolella esiintyvää lämpövirtausta. Tämän lämpöilmiön seurauksena syntyy ylöspäin suuntautuva ilmavirta. Keittiön liesituuletin kerää tämän ilmavirran ja imee sen pois. Näin on VDI-ohjeen VDI 2052 mallissa. Kyseessä on epäilemättä malli, josta voidaan tehdä paljon johtopäätöksiä. Esimerkiksi tämän mallin perusteella on määritetty suunnittelu- ja laskentamenetelmät tarvittavien poistoilman määrien laskemiseksi. Näiden mallien avulla lasketaan, mikä on keittiön liesituulettimen vähimmäispoistoilman määrä käytettävien keittolaitteiden mukaan.

Tähän asti kaikki hyvin. Usein tulkinta- ja käsitysvirheitä aiheuttaa kuitenkin oletus, että tällainen virtausmalli vastaa todellisuutta. Valitettavasti näin ei yleensä ole.

Yksinkertainen virtausmalli keittiön ilmanvaihdesta



VDI-ohjeen 2052 mukainen virtausmallin mallinnus:

Nuolten esitys ja kulku eivät kerro mitään yksittäisten ilmavirtausten todellisesta käyttäytymisestä tai kulusta.

Kuva 32

Ilmavirtausten todellinen kulku ja merkitys

Kuten olemme jo oppineet, perinteiset keittiö- ja imuhuput pystyvät imemään ylöspäin nousevat keittokaasut suoraan vain hyvin rajoitetusti. Usein nämä kaasut kertyvät perinteisiin imuhupuihin ilman, että ne imetään välittömästi pois. Näin ollen aluksi imetyt kaasut voivat jopa virrata takaisin keittiöhupusta.

Edellä mainitussa direktiivissä esitetty virtausmalli kuvaa siis vain hyvin rajoitetusti ilman virtausten todellista käyttäytymistä. Tämä koskee myös muiden direktiivien ja standardien malleja. Kuten kaikissa luonnontieteellisissä malleissa, myös tässä olisi tärkeää määritellä mallin puitteet tarkasti, eli sen soveltamisala. Jos malli katsotaan yleispäteväksi ja todellisten olosuhteiden kuvaukseksi, se johtaa perustaviin väärinkäsityksiin! Nämä tulevat esiin viimeistään ammattitaitoisessa ja asianmukaisessa CFD-simuloinnissa.

5.2. CFD-simulaatiot tekevät ilmavirtaukset näkyviksi!

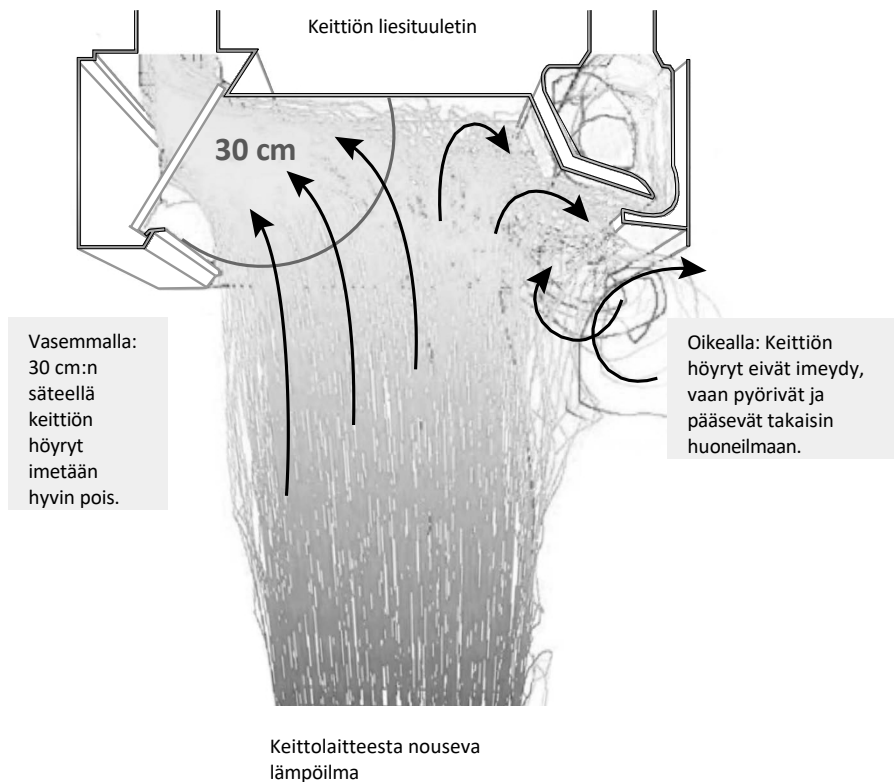
Hyvin tehdyt CFD-simulaatiot näyttävät kaikki ilmavirran fysikaaliset suureet koko alueella. Näin voidaan myös osoittaa ja todistaa ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ja tehokkuus. Luvussa 1 olemme jo osoittaneet yksityiskohtaisesti, että perinteiset mittauskupit voivat imeä suoraan ylöspäin virtaavia höyryjä vain hyvin rajallisella alueella imupisteen ympärillä. Jo 50 senttimetrin etäisyydellä suodattamista ja imupisteestä emme pysty mittaamaan enää imua. CFD-simulaatiossa tämä on helppo havaita, ja ilmavirtausten perusteella voidaan todeta, että höyryt pääsevät myös ulos keittiön liesituulimesta. Keittiön liesituulimessa aluksi kerätyt höyryt ja ilmavirrat pääsevät siis ulos eivätkä imeydy!

Väärinkäsitys

Keittiön liesituulimassa imetään kaikki nousevat höyryt.

Tämä havainto kumottaa mallin oletuksen, että kaikki keittiön suunnasta ylöspäin huppuun virtaava ilma imetään sieltä välittömästi pois. Edellisistä luvuista tiedämme jo, miten tähän ongelmaan voidaan reagoida ja mitä tuotekehitystoimia näiden havaintojen perusteella on tarpeen toteuttaa.

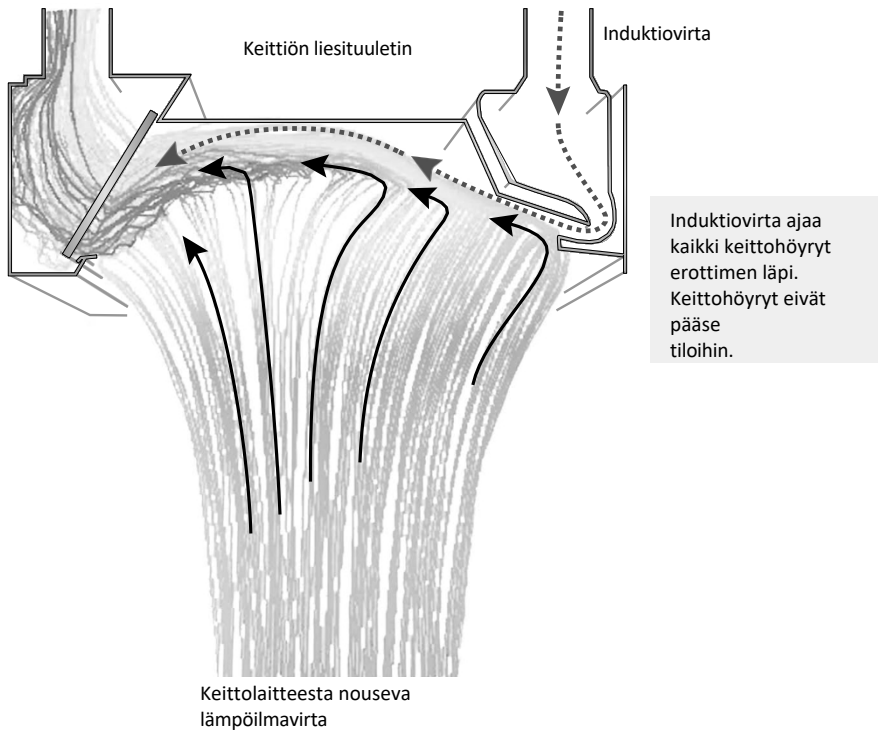
CFD-virtauskuva keittiön liesituulimallista ilman induktiovirtausta



Tässä CFD-simulaatiossa ilman virtauksesta yhdessä keittiön liesituulimistamme voidaan hyvin havaita, kuinka voimakkaasti keittäessä keittöhöyryt pyörivät imusäteen ulkopuolella ja palaavat takaisin huoneilmaan.

Kuva 33

CFD-virtauskuva keittiön poistoilmahupusta induktiölämmityksellä



CFD-simulointi osoittaa induktiovirran tehokkuuden.

Kuva 34

Tässäkin luvussa näemme, kuinka paljon väärinkäsityksiä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa tällä hetkellä on. Olen jo selittänyt, että myös REVEN GmbH:lla on ollut tällaisia väärinkäsityksiä aiemmin. Tämän sarjan päätteeksi vielä yksi esimerkki:

Teollisuudessa on tavallista käyttää niin sanottua lähdelämpötekniikkaa raikkaan ilman tuomiseksi tiloihin. Kyseessä on matalan intensiteetin raikkaan ilman tuonti. Tämä tarkoittaa, että raikas ilma virtaa yleensä pienistä reikälevyistä hitaasti tilaan. Tällaiset lähdelämpöjärjestelmät ovat ihanteellisia tiloihin, joissa vaaditaan korkeaa mukavuutta, sillä alhainen ilman nopeus takaa rauhallisen ja vedottoman raikkaan ilman syötön. Ihannetapauksessa muodostuu myös niin sanottu kerroksellinen virtaus. Tuore ilma ei sekoitu voimakkaasti huoneilmaan, vaan tämän taitavan syötön ansiosta huoneilmaan muodostuu kerroksia, jotka koostuvat sekä tuoreesta, käyttämättömästä ilmasta että käytetystä tai saastuneesta ilmasta. Ihannetapauksessa nämä eri ilmakerrokset vaikuttavat ja häiritsevät toisiaan mahdollisimman vähän. Miten tämä voidaan toteuttaa käytännössä? Monet valmistajat ratkaisevat ongelman kauniilla "värikkäillä kuvilla", joissa on paljon nuolia, kuten VDI-ohjeiden mallissa.

Myös me REVENillä sortuimme noin 20 vuotta sitten tämän mallin harhaanjohtaviin johtopäätöksiin. Suunnittelimme uusia tuloilmatuotteita, joihin oli integroitu useita kerroksia metallilevyjä. Kyseessä olivat rei'itetyt metallilevyt, eli levyt, joissa oli tuhansia pieniä reikiä. Niiden tarkoituksena oli tasata ilmavirtausta.

Mielestämme raitisilman virtauksen tulisi levitä kauniisti, niin että se "vuotaa" huoneeseen tasaisesti ja hitaasti. Sen voi kuvitella samanlaiseksi kuin suihkupäässä. Siinä voimakas, keskitetty vesisuihku jaetaan tasaisesti vesiputkesta ja tulee ulos suihkupästä ilman suurta painetta.

Käytännön esimerkki: lähdelmäärijärjestelmät – olettamuksemme

Tämän periaatteen pohjalta kehitimme noin 20 vuotta sitten REVEN®-lähdeilmanvaihtojärjestelmät, koska tiimimme oli täysin varma, että tällaisista järjestelmistä huoneeseen "vuotaa" vain hyvin hienojakoista raitista ilmaa muodostaisi siellä selvästi rajattu kerroksellinen virtaus käytettyä ilmaa kohti ja että nämä kaksi ilmavirtausta eivät voisi millään tavalla vaikuttaa toisiinsa. Aivan kuten monissa edellä mainituissa

Mallit: Kauniit siniset nuolet osoittavat, kuinka tuloilma virtaa suoraan huoneeseen ja muodostaa siellä kerroksen raitista tuloilmaa häiritsemättä punaisilla nuolilla esitettyä poistoilmaa, jotta se voi virrata esteettä keräyskuppiin, jossa se kerätään ja imetään suoraan pois.

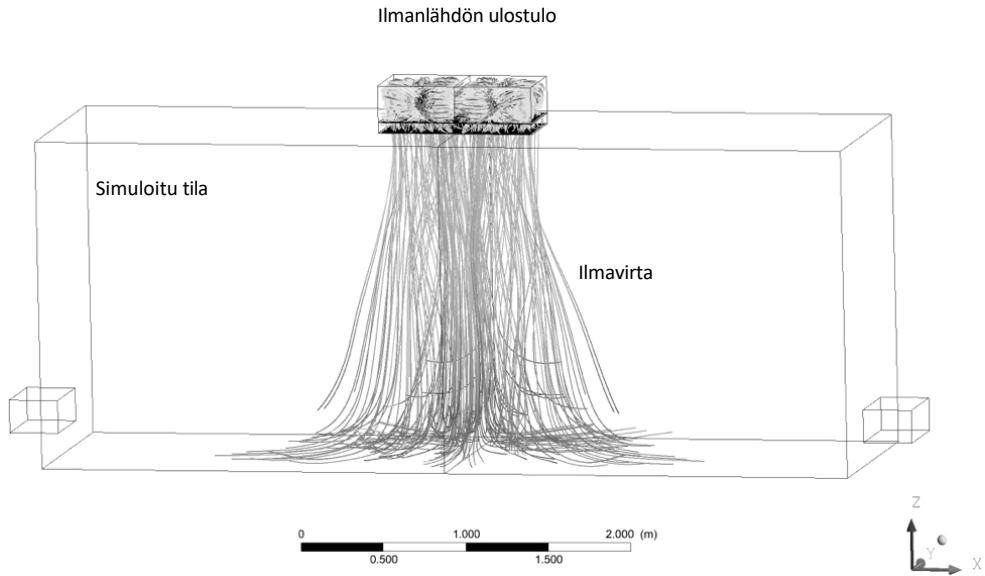
Käytännön esimerkki: Lähdelmäärjärjestelmät – epäilyksiä

Muistan vielä, kun esittelin vuonna 2017 espanjalaisen SCHAKO CFD-tiimin asiantuntijalle lähdelämpötuotteitamme. Selitin hänelle monien upeiden värikkäiden kuvien ja nuolien avulla, mihin kaikkeen tuloilmatuotteemme kykenevät. Kun hän tarkasteli tarkasti rakenteitamme ja analysoi asiaankuuluvat rakennuspiirustukset, hänelle tuli epäilyksiä, jotka hillitsivät optimistisuuttani melko nopeasti. "Sven, meidän on simuloitava ja mitattava tämä, sillä minulla on epäilyksiä siitä, että kaikki on niin kuin juuri selitit." Ja mitä voin sanoa? Hän oli oikeassa!

Käytännön esimerkki: lähdelmaajärjestelmät – todellisuus

Kun teknikko näytti minulle ensimmäiset CFD-analyysinsä, olin melkein järkyttynyt. Heti viimeisen rei'itetyn levyn ohitettuaan virtaava raikas ilma levisi ja muodosti täsmälleen päinvastaisen kuvion kuin terävästi rajattu kerros, joka virtaa suoraan katosta lattiaan. En voinut uskoa silmiäni, kun näin CFD-analyysin tulokset. Sitten teknikko tutki vanhan tuloilman lähdön virtauslaboratoriossa ja teki ilman virtauksista näkyviä sumukoneiden avulla. Tutkimus osoitti saman tuloksen kuin CFD-analyysi. Siinä vaiheessa minullekin oli selvää, että olimme REVENillä tehneet valtavän virheen!

CFD-analyysi lähdön ulostulosta



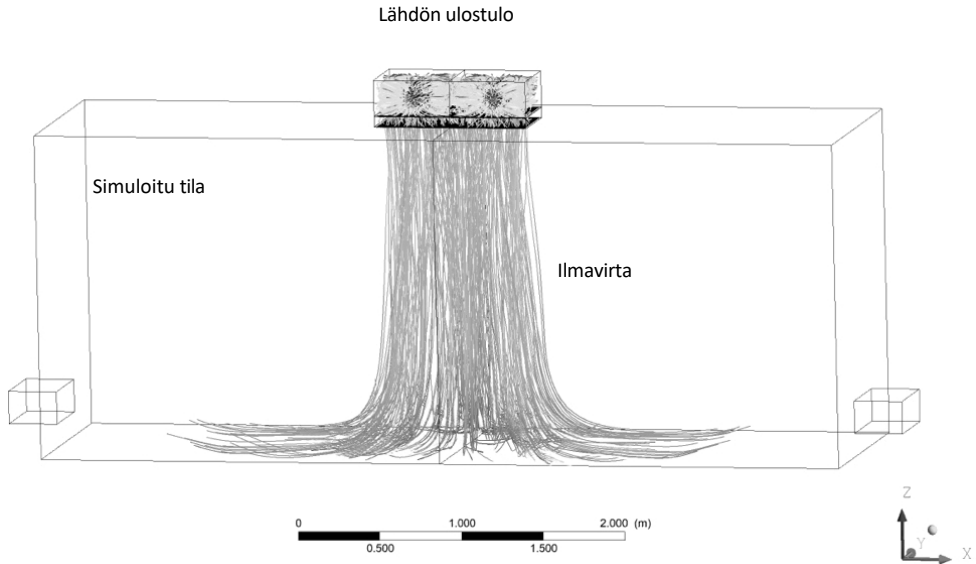
CFD-simulointi näyttää katosta virtaavan tuloilman hajaantumisen.

Kuva 35

Käytännön esimerkki: Ilmanlähdejärjestelmät – optimointi CFD:n avulla

Mottoamme "vaara tunnistettu, vaara torjuttu" mukaisesti aloimme vuonna 2017 tehdä juuri sitä, mitä meidän olisi pitänyt tehdä alusta alkaen. Optimoimme tuloilmatuotteidemme tehokkuuden CFD-simuloinnin ja mittaustekniikan avulla ja saavutimme tehokkuuden, joka todella vastaa värikkäitä kuvia, joissa sininen nuoli osoittaa katosta lattiaan.

Lähdön optimointi

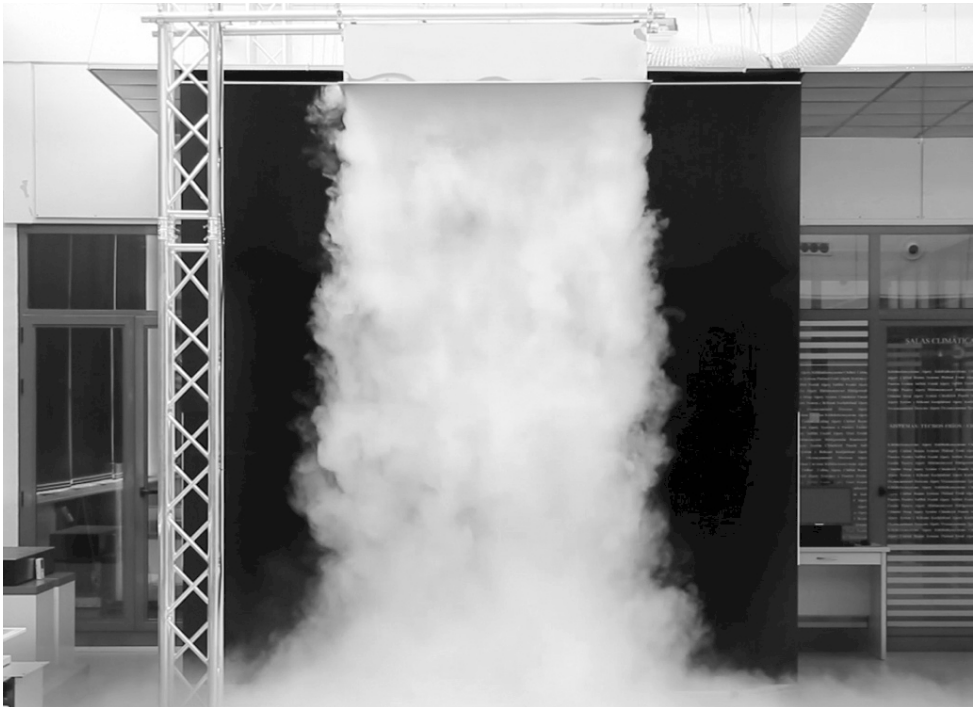


CFD-simulointi osoittaa, kuinka tuloilma virtaa suoraviivaisesti katosta lattiaan.

Kuva 36

Tämän virtauksen saavuttaminen vaati kuitenkin noin 12 kuukauden työn, johon sisältyi lukuisia CFD-analyysyjä ja virtaussimulointeja. Lopputuloksena saatiin todella tehokas tuloilman järjestelmä, jossa ei ole mitään epäselvyyksiä. Kiitos SCHAKO CFD-tiimille!

Tehokkaan tuloilman järjestelmän ilmavirtauksen havainnollistaminen



SCHAKO-laboratoriossa tuloilma tehdään näkyväksi sumukoneella. Näkyvissä on, kuinka puhallettu tuloilma virtaa pehmeästi alaspäin. Lähdön optimointi CFD-analyysin avulla kannatti.

Kuva 37

6. Miten ilman pilaantumista voidaan mitata? mitata?



Jo vuosien ajan on ollut yksimielisyyttä siitä, että saastunut ilma ei ole terveellistä. Pandemian aikana olemme oppineet, kuinka vaarallista virusten saastuttama ilma voi olla terveydellemme. Siksi haluan tässä luetella tekijöitä, jotka voivat saastuttaa tai pilaa ilmaa. Ilmansaasteita ovat muun muassa:

1. virukset ja bakteerit

2. hiukkaset, sieni-itiöt ja siitepöly

3. Kaasut ja höyryt

hiukkaset ja aerosolit

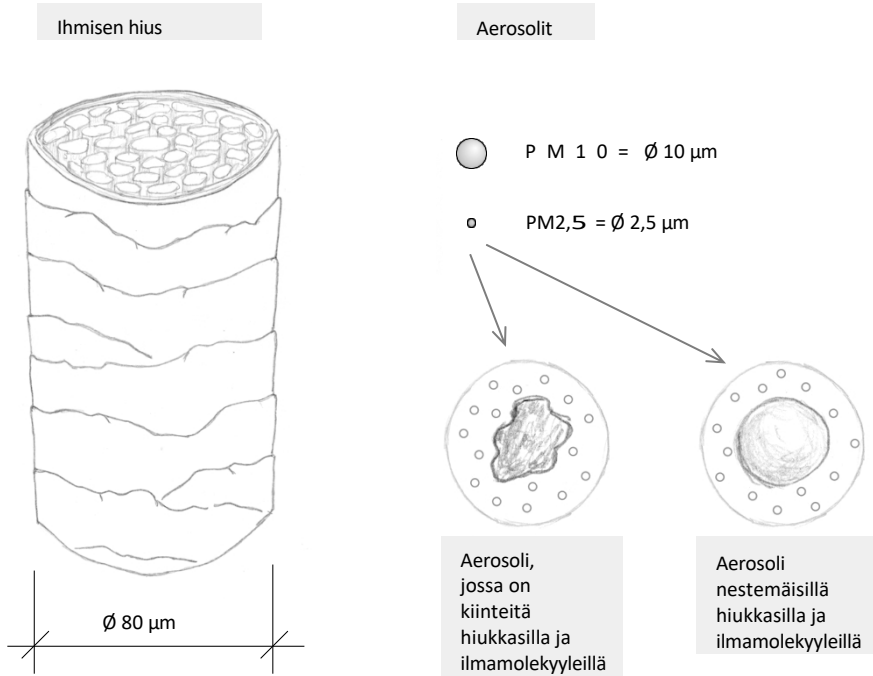
Maailman terveysjärjestön (WHO) tietojen mukaan ilman pilaantuminen on maailmanlaajuisesti suurin ihmisten terveyteen vaikuttava haitallinen tekijä. Siksi Yhdysvalloissa määriteltiin vuonna 1987 niin kutsuttu PM-standardi. PM tarkoittaa hiukkasmateriaalia ja on kiinteiden tai nestemäisten hiukkasten osuus ilmassa. Nämä kiinteät tai nestemäiset hiukkaset ovat usein aerosolien ainesosia. Aerosolit ovat siis seosta ilmaa ja hiukkasia. Myös tässä yhteydessä esiintyy usein väärinkäsityksiä ja termejä sekoitetaan keskenään.

Väärinkäsitys

Aerosoli on toinen sana hiukkaselle.

Ilmassa leijuvat hiukkaset eivät vielä yksinään muodosta aerosolia, vaan se syntyy vasta yhdistymällä ympäröivään ilmaan. PM10-arvo määrittelee siis ilmassa esiintyvien hiukkasten, joiden halkaisija on 10 mikrometriä (0,01 millimetriä) tai vähemmän. Vertailun vuoksi ihmisen hiuksen halkaisija on noin 50–80 mikrometriä (0,05–0,08 mm). On huomattava, että nämä ilmassa leijuvat PM10-hiukkaset voivat koostua sekä kiinteistä pölyhiukkasista että pienistä nestemäisistä öljypisaroista. Yksinkertaisesti sanottuna aerosoli koostuu aina kaasusta, useimmiten ilmasta, ja kiinteästä tai nestemäisestä hiukkasesta, joka leijuu ilmassa.

Aerosolin koko ja koostumus



Kuva 38

PM10 tai PM2,5 viittaa hiukkasen kokoon. Luku ilmaisee halkaisijan mikrometreinä. Tässäkin on varottava väärinkäsityksiä!

Väärinkäsitys

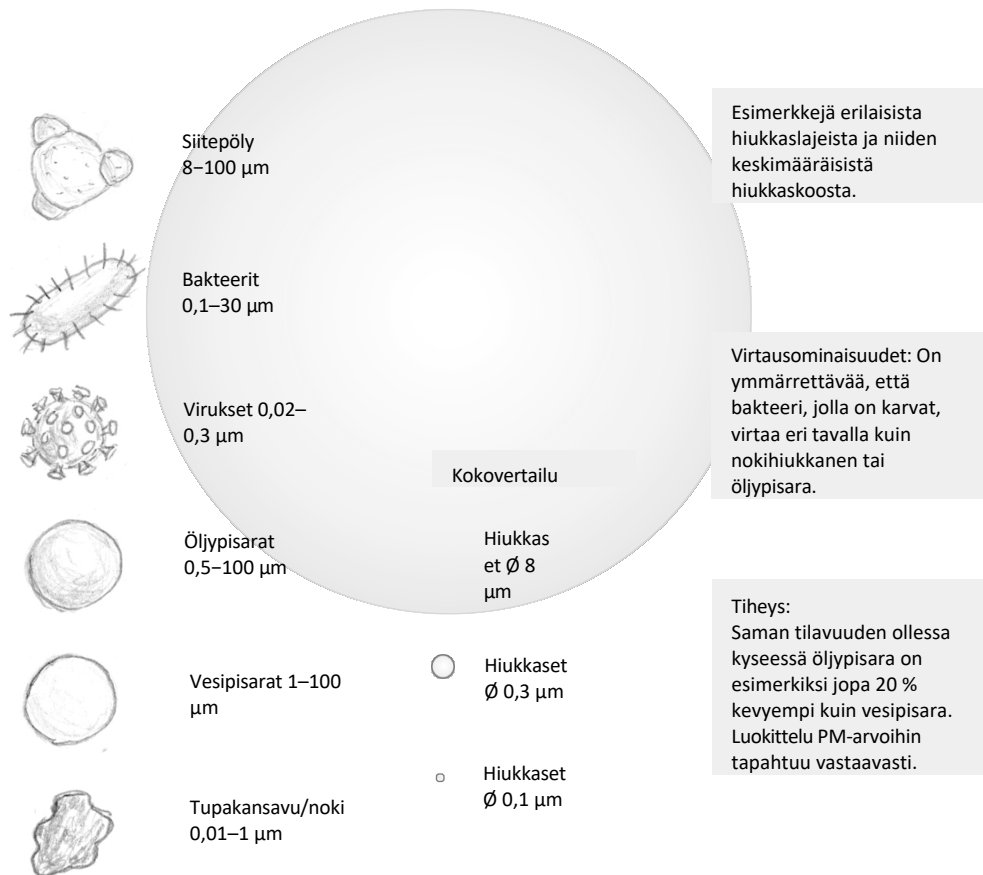
PM-arvojen perusteella voidaan päätellä hiukkasen todellinen muoto ja koko.

Halkaisijan ilmoittaminen edellyttää pallon geometriaa. Mutta miten se voi olla mahdollista? Ovatko pölyhiukkaset, hiekanjyvät, virukset ja kaikki muut ilman epäpuhtaudet aina pallon muotoisia? Ei tietenkään! Usein näillä hiukkasilla on aivan erilainen muoto!

PM-arvojen luokittelu yksittäisiin hiukkasiin

Mutta miten kaikki nämä hiukkaset voidaan määritellä halkaisijaltaan PM10, PM2,5 tai PM1? Se onnistuu temppulla: verrataan yksinkertaisesti todellisia hiukkasia, joilla on mikä tahansa geometria, hiukkasiin, joilla on pallomainen geometria ja jotka käyttäytyvät ilmassa samalla tavalla kuin todelliset hiukkaset. Tässä otetaan huomioon esimerkiksi virtauskäyttäytyminen, mutta myös diffuusiokäyttäytyminen ja hiukkasten tiheys. Tarkastellaan, mitkä pallomaiset hiukkaset käyttäytyvät näiden seikkojen suhteen samalla tavalla kuin todelliset hiukkaset. Pallomaiset hiukkaset, joilla on sama virtaus- ja diffuusiokäyttäytyminen, voidaan siten määritellä PM10-, PM2,5- tai PM1-hiukkasiksi. Tällä tavalla määritelty halkaisija kutsutaan tieteessä myös aerodynaamiseksi halkaisijaksi.

Hiukkasten tyypit, muodot ja koko



Kuva 39

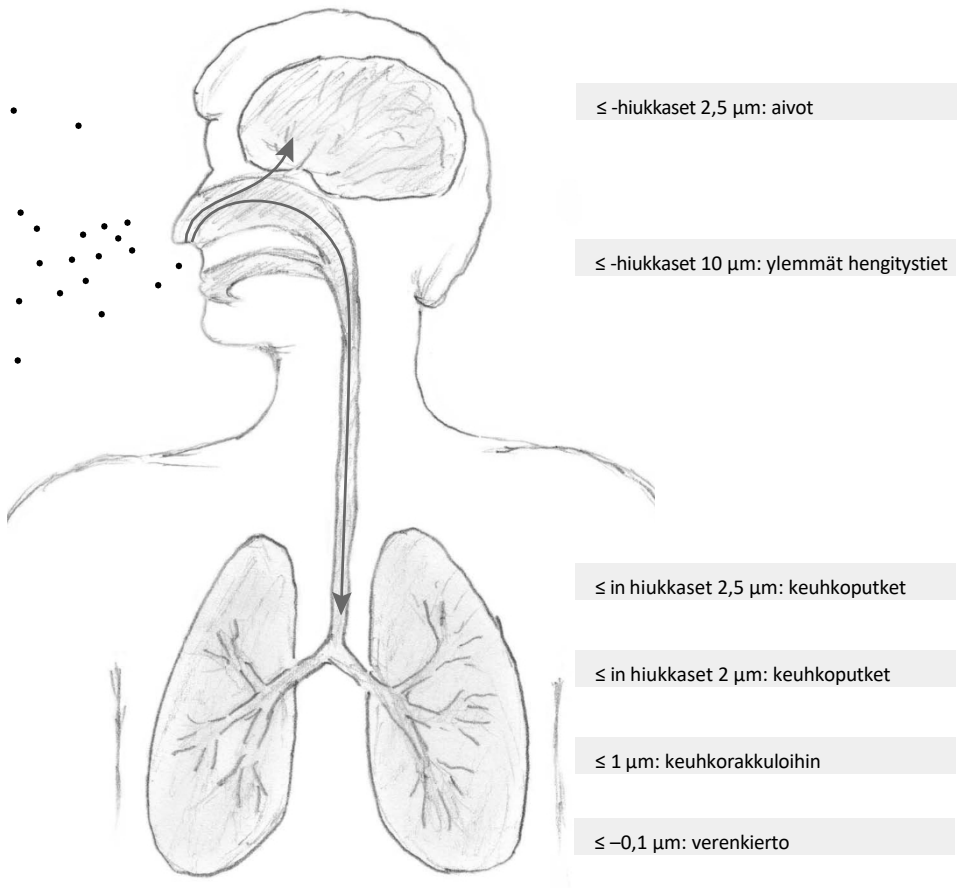
PM10-hiukkaset voivat joutua hengitysteihin

Kun Yhdysvalloissa vuonna 1987 määriteltiin ilmanlaatuvaatimukset, aluksi tutkittiin PM10-luokan ilman epäpuhtauksia, eli halkaisijaltaan 10 mikrometriä tai pienempiä hiukkasia. Miksi juuri tämä kokoluokka? Koska tämän kokoiset hiukkaset eivät suodatu ja erotu hengitettäessä suun ja nenän kautta. Ne pääsevät keuhkoihin.

PM2,5-hiukkaset pääsevät keuhkorakkuloihin

Sittemmin tämä alue on rajattu edelleen PM2,5:een. Myös tässä tapauksessa terveys oli ratkaiseva tekijä: alle 2,5 mikrometrin kokoiset hiukkaset voivat tunkeutua keuhkorakkuloihin. Kun ilmansaasteet pääsevät tunkeutumaan kehomme sisimpään, voidaan kuvitella, millaisia haitallisia vaikutuksia niillä voi olla terveytemme.

Hiukkasten imeytyminen hengityksen kautta



On jo hyvin todistettu, että PM10-hiukkaset voivat vahingoittaa ylempiä hengitysteitä ja PM2,5-hiukkaset alempia hengitysteitä. Uusimpien tutkimusten mukaan hiukkaset, jotka ovat pienempiä kuin 2,5 μm , päästään suoraan aivoihin hajuainin tai verenkierron kautta ja heikentää siellä suorituskykyä.

Kuva 40

Yksi haastateltavistani tiivistä asian äskettäin uudessa podcastissani "Luftpost" seuraavasti:

"Se, mitä hengitämme tuotantotiloissa, on usein aineita, jotka eivät kuulu kehoomme ja jotka eivät saa päästä kehoomme!"

Mutta myös tässä asiassa on suuria väärinkäsityksiä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden ylläpidossa!

6.1. Sisäilman laatua koskeva väärinkäsitys

Yli kahden vuosikymmenen kokemuksella alalta minulle on edelleen mysteeri, miksi sisäilman laadusta on niin vakavia väärinkäsityksiä. Ihmiset olettavat jostain syystä, että sisäilma on laadultaan hyväksyttävää eikä siinä ole merkittävää pilaantumista.

Väärinkäsitys

Sisäilman laatu on useimmiten vaaratonta.

Olemme olleet mukana valistamassa tästä aiheesta jo yli kymmenen vuotta, mutta emme ole saaneet juuri huomiota. Usein kohtaamme hämmästyneitä ilmeitä, jotka paljastavat, että ihmiset eivät oikein usko selityksiämme! Miksi näin on? Mitä haluamme valistaa? Pohjimmiltaan kyse on varsin yksinkertaisesta asiasta, nimittäin ilman pilaantumisen torjunnasta Saksan suurkaupungeissa verrattuna ilman pilaantumisen torjuntaan sisätiloissa.

Hienojakoisen pölyn mittaaminen suurkaupungeissa

Suurissa kaupungeissa puhutaan ilman pilaantumisesta ja harkitaan ajokieltoja, kun PM10-hiukkasten raja-arvo 50 ylittyy pidemmän ajan. Arvot määritetään mittaamalla yhdellä mittauspisteellä kaupungissa, kuinka monta PM10-hiukkasta on kuutiometrissä ilmaa.

Yksinkertaisesti selitettynä: Otetaan esimerkiksi yksi kuutiometri kaupunkilailmaa ja mitataan sopivalla mittalaitteella, kuinka monta halkaisijaltaan 10 mikrometrin tai pienempää hiukkasia tämä kuutiometri kaupunkilailmaa sisältää. Hiukkasen halkaisijan avulla voidaan laskea sen tilavuus, tiheyden avulla sen paino ja mitatun lukumäärän avulla voidaan laskea haitallisten aineiden kokonaispaino kuutiometrissä kaupunkilailmaa. Tämä kokonaispaino ilmoitetaan mikrogrammoina.

Ulkoilman laadun merkitve



Ilmanlaadun merkityksen kasvu näkyy nykyisten sääsovellusten yksityiskohtaisissa pilaantuneiden aineiden luetteloissa. Sovelluksessa näytetään syötetyn kaupungin ajankohtaiset arvot ja selitetään, mitä haitallisia vaikutuksia epäpuhtauksilla voi olla.

Esimerkki
Stuttgartista 14.
heinäkuuta 2023
klo 16.05 **PM10: 25**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ **PM2,5: 10**

$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kuva 41

Nykyiset ulkoilman ilman pilaantumisen raja-arvot

Jos esimerkiksi kokonaispaine on 20 mikrogrammaa, WHO:n standardien mukaan kyseessä on vähäinen ilman pilaantuminen ja siten hyväksyttävä ilmanlaatu. Esimerkiksi EU:n hiukkassuuntaviivoissa on määritetty, että PM10-hiukkasten päivittäinen keskiarvo saa olla enintään 50 mikrogrammaa kuutiometrissä kaupunkilman ja että tämä raja-arvo saa ylittyä enintään 35 päivänä vuodessa.

Maailmanlaajuiset pyrkimykset raja-arvojen alentamiseksi

Maailmanlaajuisesti käydään parhaillaan keskusteluja ja pyritään laskemaan näitä raja-arvoja edelleen, esimerkiksi 40 mikrogrammaan hiukkasia kuutiometrissä. Myös PM2,5-hiukkasten tarkastelu PM10-hiukkasten sijaan on yhä enemmän nousemassa esiin maailmanlaajuisesti. Tämä on tilanne suurkaupungeissa.

Sisäilman pilaantuminen

Mikä on tilanne sisätiloissa? Eli tiloissa, joissa esimerkiksi kokataan tai joissa modernit työstökoneet työstävät metalliosia.

Käytännön esimerkki: mittaukset sisätiloissa

Me REVEN GmbH:ssa mittaamme säännöllisesti sisäilman pilaantumista. Miten teemme sen? Käyttämällä tarkalleen samaa mittaustekniikkaa ja menettelytapaa, joka on aiemmin kuvattu kaupunkien sisäilman mittauksissa. Mittaamme haitallisten hiukkasten määrän kuutiometrissä sisäilmaa, esimerkiksi tuotantolaitoksessa tai suuressa hotelleikeittiössä.

Tällä tavalla saatu tulos antaa ilmanlaatuindeksin, joka voi olla esimerkiksi 10 000, 50 000 tai 100 000. Nämä ovat aivan eri suuruusluokkia kuin kaupungeissa! Olemme joutuneet esittämään asiakkaillemme jopa 500 000:n mittaustuloksen! Tämä tarkoittaa, että kuutiometrissä huoneilmaa on jopa 500 000 mikrogrammaa haitallisia hiukkasia! Ja tämä ei ole lainkaan harvinaista tuotantotiloissa!

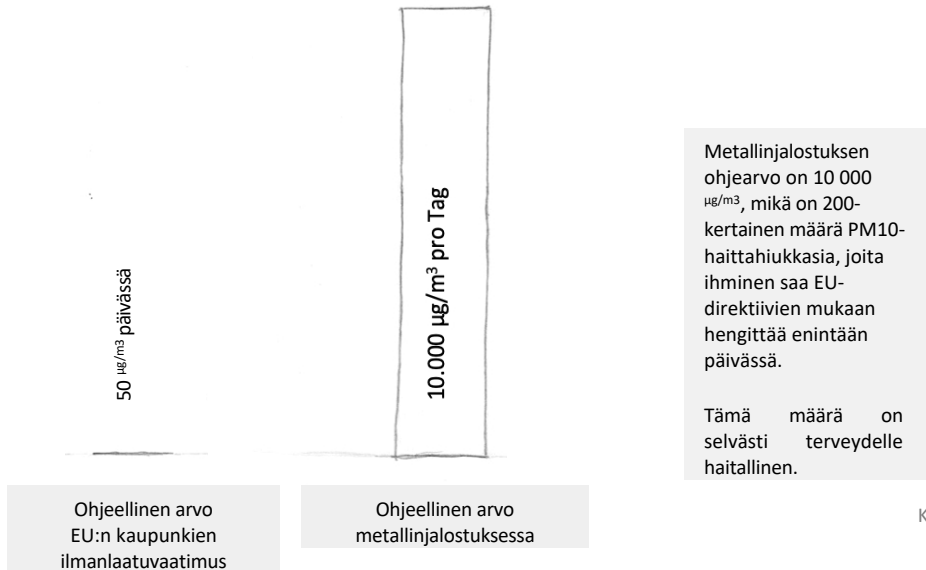
Viralliset raja-arvojen suositukset koneenrakennukselle

Myös asiaankuuluvia ohjeita ja standardeja tarkasteltaessa käy selväksi, että tällaiset korkeat pitoisuudet eivät ole harvinaisia. Koneenrakennuksessa virallisissa ohjeissa on seuraava suositus:

Metallinjalostuksessa sekä lasin ja keramiikan jalostuksessa käytettävien vesiliukoisten jäähdytysvoiteluaineiden raja-arvo on 10 milligrammaa näitä aineita kuutiometrissä huoneilmaa, samoin kuin vesiliukoisten jäähdytysvoiteluaineiden, joiden leimahduspiste on alle 100 astetta.

Nämä 10 milligrammaa vastaavat suurkaupunkien ilmanlaatuindeksiä 10 000! Jos tällainen arvo mitattaisiin viikon ajan Stuttgartin keskustassa, siellä ei saisi ajaa yhtään autoa päivällä, ja kaikki tiedotusvälineet raportoivat asiasta maan joka kolkassa.

Vertailu rajahdut haitallisille hiukkasille (PM10)



Kuva 42

Jos tällainen ilman pilaantuminen mitataan koneenrakennustehtaassa tai hotellin keittiössä, se ei kiinnosta juuri ketään. Edes näiden alojen edunvalvojat eivät kiinnitä asiaan kovin paljon huomiota. Päinvastoin – näistä olosuhteista vaietaan parempia tietoja huolimatta, koska niiden poistaminen maksaisi rahaa.

Mittaustulosten merkitys työntekijöille

Muistutuksena: EU:n hiukkassuositusasetuksessa on määritetty, että PM10-hiukkasten päivittäinen keskiarvo saa olla enintään 50 mikrogrammaa kuutiometrissä kaupunkilman ja että tämä raja-arvo saa ylittyä enintään 35 päivänä vuodessa.

Jos edellä mainittu 10 milligrammaa mitataan koneenrakennustehtaassa, se tarkoittaa, että tehtaan työntekijät joutuvat työskentelemään noin 200 työpäivänä vuodessa enintään 10 000 mikrogramman pitoisuudessa.

Käytännön johtopäätös

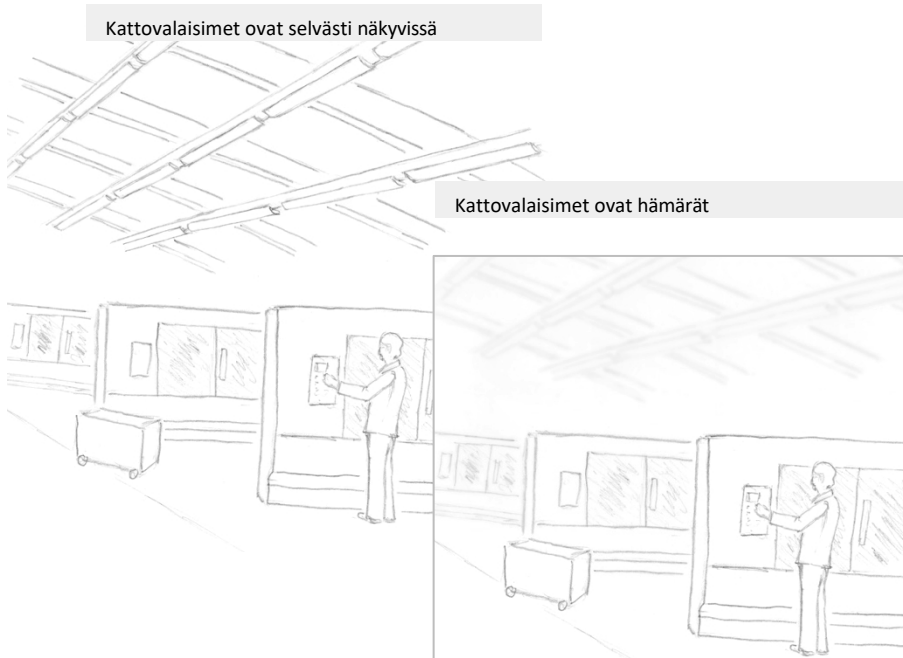
Olemme viimeisten 20 vuoden aikana suorittaneet tuhansia sisäilman pitoisuusmittauksia ympäri maailmaa. Olemme käyneet kaikenlaisissa tuotantolaitoksissa, joissa valmistetaan erilaisia tuotteita erilaisista materiaaleista. Kaikissa mittauksissamme on kuitenkin toistuvasti ilmennyt seuraava seikka:

Aina kun ilma oli näkyvässä, mitasimme yhden kuutiometrin sisäilmasta yli 10 000 mikrogrammaa ilman epäpuhtauksia.

Yksinkertainen menetelmä ilmanlaadun arvioimiseksi

Tulevaisuudessa voit ehkä itse arvioida ilmanlaadun! Jos o- tuotantotilassa, olipa kyseessä sitten hotellikeittiö, elintarviketeollisuuden tuotantolaitos tai konepaja, ja huomaat, että ilma ei ole enää kirkasta, vaan muistuttaa pikemminkin syksyistä sumua, ilman pilaantuminen on vähintään 10 000 mikrogrammaa kuutiometriä kohti. Helpoin tapa todeta tämä on katsomalla huoneen valaistusta! Jos valaisin näkyy selvästi ja sen ääriviivat ovat selkeät ja ilma valaisimen ympärillä on näkymätöntä, kaikki on kunnossa. Jos valaisinta ei kuitenkaan enää näy selvästi, koska sen ympärille on muodostunut hämärä sumu, voit olla varma, että ilmanlaatuindeksi on kyseisessä tilassa noin 10 000!

Ilmanlaadun helppo arviointi



Jos huoneen kattovalaisimet eivät ole selvästi näkyvissä, ilman saastumisaste on erittäin korkea, noin 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kuva 43

Ero ulko- ja sisäilman laadun arvioinnissa

Tämä vertailu Saksan kaupunkien keskustojen voimakkaasti keskustellun ilman pilaantumisen kanssa osoittaa eron, joka herättää hämmästyä ja ymmärryksen puutetta, kun kyse on sisätiloista. Meiltä kysytään usein, miten tällaiset erot voidaan selittää.

Mielestämme niitä ei voida perustella. Kaikkien vastuuhenkilöiden selitykset ovat vain tekosyitä, joilla pyritään välttämään kiireellisesti tarvittavia investointeja.

Kukaan ei yksinkertaisesti ole tietoinen riskeistä, joita tästä aiheutuu kaikille osapuolille. Pienhiukkasten pitoisuudet, jotka ulkotiloissa katsotaan vakavasti terveydelle haitallisiksi, katsotaan sisätiloissa 200-kertaisina vielä hyväksyttäviksi? Kuka on vastuussa tästä vaarasta tulevaisuudessa?

Ilmanvaihtolaitteiden valmistajilta vaaditaan ajattelutavan muutosta

Myös me, ilmanvaihtolaitteiden ja ilmanpuhdistimien valmistajat, joudumme kohtaamaan tämän ongelman! Miksi? Koska myös meidän alallamme on satoja teollisten keittiöiden tai koneenrakennusyritysten ilmanvaihtolaitteiden valmistajia, joilla ei ole edes yksinkertaisimpia mittauslaitteita, joilla tällaisia ilman epäpuhtauksia voitaisiin edes alustavasti mitata ja analysoida.

Samalla ne tarjoavat kuitenkin ilmanpuhdistustuotteita, joiden on tarkoitus tuulettaa tiloja ja puhdistaa huoneilma haitallisista aineista.

Keittiön ilmanvaihtoa koskeva standardi DIN EN 16282

Kaupalliseen käyttöön tarkoitetuille keittiön ilmanvaihtolaitteille on nykyään olemassa keittiön ilmanvaihtoa koskeva standardi DIN EN 16282, joka on voimassa lähes kaikkialla Euroopassa. Standardin mukaan suurkeittiöissä kaikki haitalliset aineet on kerättävä, imettävä ja erotettava poistoilmasta, kuten olemme oppineet edellisissä luvuissa.

Jos molemmat, eli haitallisten aineiden kerääminen ja imu sekä niiden erottaminen poistoilmasta, onnistuvat, on

- a) todella hyvä, moderni ja tehokas ilmanvaihtojärjestelmä ja
- b) hyvä ilmanlaatu ja erittäin alhainen haitallisten aineiden pitoisuus tiloissa.

Toteutuksen puutteellinen tarkastus

Kysymykseni teille: Kuinka monessa uudessa ammattikeittiössä standardin noudattaminen tarkistetaan käyttöönoton yhteydessä? Noin yhtä usein kuin uusien ajoneuvojen ilmoitettu polttoaineenkulutus? Tai yhtä usein kuin uusien lämpöpumppujen sähkönkulutus?

1 000 uudesta asennetusta ammattikeittiön ilmanvaihtolaitteesta alle kymmenessä tämä tarkistetaan!

Käytännön esimerkki

Olen useita kertoja kokenut, että kilpailijat ovat ottaneet meihin yhteyttä, kun rakennuttaja on vaatinut tätä tarkastusta, ja pyytäneet meitä suorittamaan mittaukset heidän puolestaan, koska heillä ei ole tarvittavia mittauslaitteita!

Otsoni – esimerkki kaasujen aiheuttamasta ilman pilaantumisesta

Kaasujen aiheuttaman ilman pilaantumisen osalta tilanne on hyvin samanlainen, ja myös tässä havaitaan sama ilmiö. Haluan havainnollistaa tätä otsonin avulla. Otsonin vaarallisuudesta olemme jo kertoneet luvussa 4. Otsonin raja-arvo sisäilman pitoisuuksille on monissa Euroopan maissa edelleen enintään 200 mikrogrammaa kuutiometrissä. Tämä oli myös Saksan aiempi raja-arvo, mutta se on sittemmin kumottu. Sveitsissä raja-arvo on kuitenkin edelleen voimassa. Saksan tutkimuksen järjestön (DFG) syöpää aiheuttavien aineiden luokituskriteerien mukaan otsoni on luokiteltu vielä riittämättömästi tutkituksi aineeksi, mutta sen epäillään aiheuttavan syöpää ihmisille.

Sääsovellus kertoo, onko ilman pitoisuus on korkea



Sääsovelluksessa korkeimmat pilaantuneiden aineiden pitoisuudet näkyvät ensimmäisenä. Ylimmällä sijalla on otsoni, jonka arvo on 104 µg/m³. Tämä pitoisuus ylittää WHO:n suositteleman 8 tunnin keskiarvon (katso kuva 29).

Esimerkki Hoyerswerda
20. elokuuta 2023
klo 9.55

o₃: 104 µg/m³

Kuva 44

Otsoni – raja-arvot ulkoilmassa

Ulkotilan raja-arvoista ja terveysriskeistä tiedottaa Saksan ympäristövirasto. Se varoittaa, että ilmassa oleva otsoni voi heikentää keuhkojen toimintaa, aiheuttaa hengitysteiden tulehdusreaktioita ja hengitysvaikeuksia. Voimassa on

Raja-arvo on 180 mikrogrammaa otsonia kuutiometrissä kaupunkilman. Tätä arvoa kutsutaan tiedotusrajaksi. Jos pitoisuus ylittää tämän arvon, väestölle annetaan käyttäytymissuosituksia ja varoituksia tiedotusvälineiden kautta. Kun pitoisuus on 240 mikrogrammaa otsonia kuutiometrissä kaupunkilman, hälytyskynnys ylittyy ja hälytys annetaan. Lisäksi on huomattava, että ulkoilman otsonipitoisuus saa ylittää 120 mikrogrammaa kuutiometrissä kaupunkilman keskimäärin kahdeksan tunnin aikana enintään 25 päivänä kalenterivuodessa.

Otsoni – raja-arvot keittiön ilmanvaihdoissa

Tällä hetkellä keittiön ilmanvaihdon asiantuntijat kuitenkin ilmoittavat edelleen sallituksi raja-arvoksi 20 000 mikrogrammaa otsonia kuutiometrissä ilmaa. Tämä tieto perustuu myös eurooppalaiseen standardiin DIN EN 16282, joka on säännöstö, jonka laatimiseen on osallistunut myös monia kansallisia teollisuusjärjestöjä. Pahaa ajattelevat ovat pahoja!

Tässä standardissa voidaan lukea, että otsonin pitoisuus teollisen keittiön poistoilmassa ei saa ylittää 10 ppm. Ilmanpaineessa 1013 hektopascaliala ja lämpötilassa 20 astetta standardissa mainittu 10 ppm otsonia vastaa melko tarkasti raja-arvoa 20 000 mikrogrammaa otsonia kuutiometrissä ilmaa (katso kuva 29).

Otsoni – ristiriitaisuudet, jotka puhuvat puolestaan

Mielestäni myös tässä esimerkissä esitetyt erot sisä- ja ulkoilman laadun arvioinnissa puhuvat puolestaan eivätkä vaadi lisäselvityksiä. Itse asiassa tässäkin tapauksessa pitäisi olla selvää, mitä on tehtävä, eli otsonin muodostuminen on vältettävä kokonaan, olipa kyseessä sitten sisä- tai ulkoilma!

Tämän tavoitteen saavuttamiseksi ilman pilaantuminen on kuitenkin mitattava ja analysoitava. Miten tämä voidaan toteuttaa, kerrotaan seuraavassa.

6.2. Hiukkasmittaukset tekevät ilman pilaantumisen näkyväksi!

Millä mittaustekniikalla voidaan mitata ilmassa olevia haitallisia aineita? Millä mittaustekniikalla voidaan todentaa ilmanvaihtolaitteen tehokkuus? Periaatteessa se ei ole monimutkaista, ja se on jo kuvattu luvussa 3. Ilman haitallisten aineiden pitoisuuksien tarkkaan määrittämiseen suositellaan

- a) hiukkas- ja aerosolimittaustekniikkaa sekä
- b) liekki-ionisaatiodetektoria (FID)

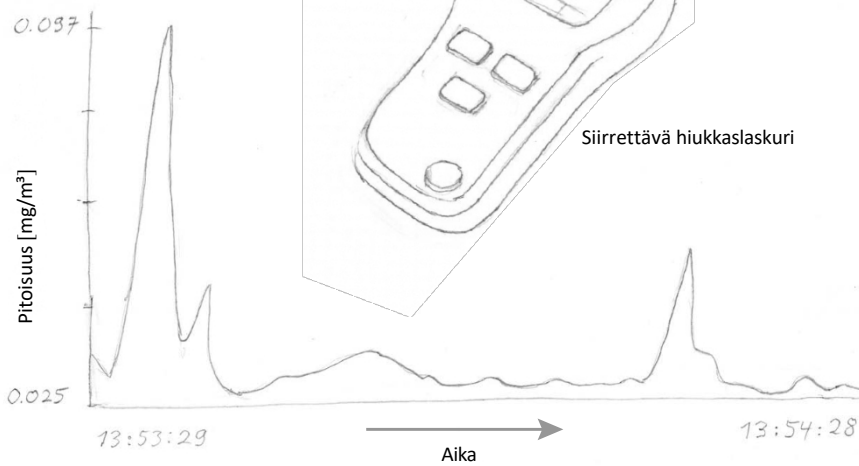
FID-mittauslaitteet on kuvattu yksityiskohtaisesti luvussa 3. Hiukkas- ja aerosolimittauslaitteet ovat jo pitkään olleet puhtaiden tilojen tekniikan huippua. Jo vuosikymmenten ajan sairaaloiden leikkaussaleissa ja mikroprosessorien tuotantotiloissa on käytetty hiukkaslaskimia ilmanvaihtolaitteiden käyttöönoton yhteydessä niiden toiminnan todentamiseksi. Periaatteessa hiukkaslaskimella todistetaan yksinkertaisesti ja ymmärrettävästi, että tällaisen puhdastilan ilma on todella puhdasta ja vapaa pienimmistäkin hiukkasista.

Hiukkasten mittaaminen

Hiukkaslaskurit voivat analysoida monimutkaisen optiikan ja laser säteiden avulla, onko huoneilman pienimpiä hiukkasia. Tällöin lasketaan hiukkasten lukumäärä ja tutkitaan samanaikaisesti hiukkasten kokoa, eli niiden aerodynaamista halkaisijaa.

Siirrettävä hiukkaslaskuri

Kannettava, akkukäyttöinen hiukkaslaskuri, jossa on hajavalon mittaus ja tietojen tallennus aerosolimassojen reaaliaikaiseen mittaukseen.



Kuva 45

Hiukkasmittaustekniikka on sovitettava tilanteeseen

Kuten puhdastiloissa, myös tuotantolaitoksissa, ammattikeittiöissä tai koneenrakennustehtaissa voidaan analysoida huoneilmaa ja määrittää hiukaspitoisuudet. Periaatteessa kyseessä on täsmälleen sama menettely, mutta yhdellä suurella ja tärkeällä erolla:

Hiukkasten määrä eroaa huomattavasti puhdastiloista! Puhdastiloissa tarkastetaan, onko huoneilman PM10-hiukkasia lainkaan, kun taas keittiön tai tuotantolaitoksen huoneilmasta mitataan kuutiometrissä esiintyvien hiukkasten määrä. Tällöin kyseessä on usein

Kymmenet tuhannet tai jopa enemmän kuin puhdastilassa! Hiukkaslaskurit on sovitettava näihin olosuhteisiin tai valittava oikea mittaustekniikka.

Käytännön esimerkki: hiukkasten mittaus ilman ohennuksella

Kun 25 vuotta sitten teimme ensimmäiset hiukkasmittaukset tällaisissa erittäin saastuneissa tiloissa, yritimme käyttää perinteisiä hiukkasmittareita, koska tuolloin ei ollut juurikaan sopivampaa mittaustekniikkaa. Kuten voi kuvitella, näitä ensimmäisiä mittauksia ei usein voitu validoida, ne olivat vaikeasti ymmärrettäviä ja laadultaan erittäin heikkoja, koska hiukkaslaskimet eivät pystyneet mittaamaan korkeita hiukkaspitoisuuksia. Ensimmäinen parannusyritys oli määritellä analysoitavan ilman laimennus. Tämä tarkoittaa, että analysoitava ilma laimennettiin sopivilla laimennusasteilla esimerkiksi 1 000-kertaiseksi puhtaalla, hiukkasettomalla ilmalla. Laimennettu ilma mitattiin sitten perinteisillä hiukkasmittareilla ja tulos ekstrapoloitiin kertoimella 1 000. Hiukkaslaskurien samanaikainen kehitys varmisti, että laitteet olivat myöhemmin vähemmän herkkiä erittäin korkeille hiukkaspitoisuuksille ja mittaustulokset tulivat yhä tarkemmiksi.

Nykyaikaiset laitteet takaavat tarkat mittaukset

Nykyiset hiukkaslaskimet pystyvät analysoimaan jopa erittäin saastunutta sisäilmaa samalla tarkkuudella, johon olemme tottuneet jo vuosikymmenien ajan puhdastiloissa. Alan on vain haluttava tätä tarkkaa mittausta ja oltava valmis investoimaan moderniin mittaustekniikkaan.

Mittauksia tehdään liian vähän

Tällä hetkellä saksankielisillä keittiön ilmanvaihtomarkkinoilla on vain muutama valmistaja, joka käyttää tällaista mittaustekniikkaa uusien ilmanvaihtolaitteiden käyttöönotossa.

Valitettavasti tämä ei ole väärinkäsitys!

Ilmanvaihtojärjestelmien optimaalinen toiminta oletetaan yksinkertaisesti ilman mittaustuloksia.

Ilmanvaihtojärjestelmän moitteeton toiminta, tehokas ilmanvaihto ja ilman epäpuhtauksien erottelu ja suodatus ilmavirrasta ovat asioita, joita pidetään itsestään selvinä ja annettuina. Ajatuksena on, että kaikki toimii jotenkin ja on kunnossa. Useimmat eivät halua tietää, onko näin todella, eivätkä varsinkaan halua läpinäkyvyyttä analyysien ja dokumentoinnin muodossa.

Mittaustekniikka on välttämätöntä optimaalisen ilmanlaadun saavuttamiseksi

Olemme edellisissä luvuissa selittäneet yksityiskohtaisesti, kuinka monimutkaisia ilmanvaihtotekniikan tehtävät, kuten mittaus ja imu, suodatus ja erottelu sekä tuuletus raikkaalla ilmalla, todella ovat. Näistä syistä mittaustekniikka on välttämätöntä sen todentamiseksi, että sisäilma on todella vapaa haitallisista aineista. Mittaustekniikan säännöllisen käytön laiminlyönnille ei ole mitään tekosyytä.

Mittaustulosten puuttuminen otsonipuhdistimista

Sopivilla mittauslaitteilla voidaan mitata myös vaarallisia kaasuja, kuten otsonia. Mutta tässäkin tapauksessa on havaittavissa sama asenne kuin edellä kuvatussa hiukkasten mittaustekniikassa: tuhansista otsonipuhdistimien tarjoajista tuskin löydät yhtäkään, joka voi sopivalla mittaustekniikalla todistaa, että sen tuotteet eivät aiheuta enemmän haittaa kuin hyötyä tuottaman otsonin vuoksi.

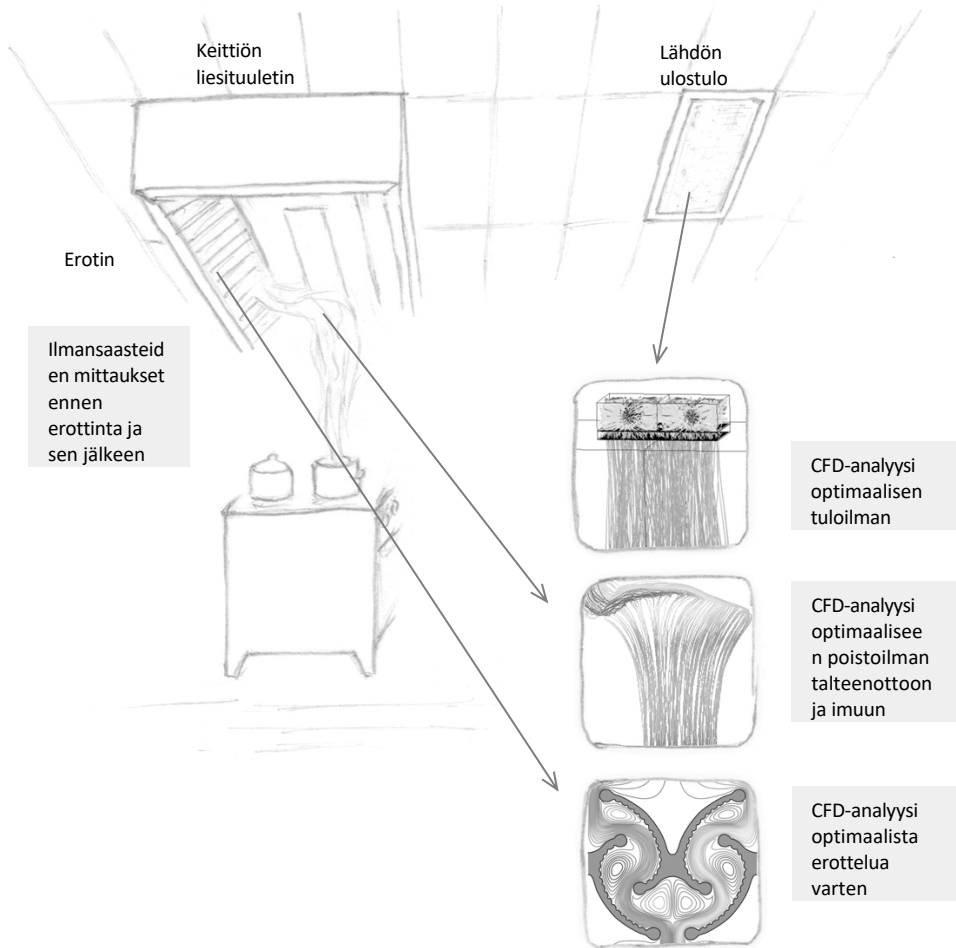
Luotettava ilmanvaihtotekniikka perustuu tieteelliseen tutkimukseen

Kuten edellisissä luvuissa on jo osoitettu, myös tässä yhteydessä on selvää, että luotettava tuotekehitys ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden alalla edellyttää tieteellistä lähestymistapaa. Suuruiset lupaukset houkuttelevissa mainoslehdissä saattavat liian usein antaa väärän kuvan alastamme. Olkaa ehdottomasti valppaana ja kyseenalaistakaa tällaiset lupaukset.

Yhteenveto

–Toivon, että olen onnistunut herättämään kiinnostuksenne aiheeseen ja antamaan teille mielenkiintoista tietoa. Nyt ympyrä on sulkeutunut: olemme käsitelleet tehokkaan ilmankeruun ja -poiston luvussa 1 ja sopivan mittaustekniikan ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden tehokkuuden määrittämiseksi luvussa 6.

Tieteellisesti perusteltu ilmanvaihtotekniikka



Rentschler REVEN tarkistaa ja optimoi keittiön ilmanvaihtotekniikan toimivuuden tieteellisesti perustelluin menetelmin.

Lopuksi

Olet nyt lukenut kaikki tämän kirjan luvut, jotka ovat alun perin peräisin podcastistamme.

"Ilmanvaihtotekniikkaan ja ilmanpuhtauteen liittyvät väärinkäsitykset". Toivon, että olen voinut antaa teille joitakin vinkkejä. Eräs kilpailija kritisoi äskettäin podcastin sisältöä. Hänen mielestään se oli liian pinnallinen ja hän oli odottanut minulta enemmän. Kuten jo aiemmin mainitsin, tavoitteeni oli tuoda ilmanvaihtotekniikkaan ja ilmanpuhtauteen liittyvät aiheet helposti ymmärrettäväksi ja mahdollisimman viihdyttäväksi. En halunnut kirjoittaa tieteellistä artikkelia. Ilmanvaihtoalan aiheet ovat melko niche-aiheita, jotka eivät kiinnosta suurta yleisöä. Siksi minulle oli tärkeää selittää väärinkäsitykset myös alan ulkopuolisille helposti ja ymmärrettävästi. Toivon, että olen onnistunut siinä.

Tämän podcastin pohjalta olemme kirjoittaneet tämän kirjan. Se sisältää monia mielenkiintoisia kuvia, jotka tukevat yksittäisiä tietoja visuaalisesti.

Minulle on tärkeää tehdä alastamme houkutteleva nuorille, sillä ilmanlaadun säilyttäminen on tärkeä aihe nyt ja tulevaisuudessa. Siksi aiheeseen on suhtauduttava huolellisesti ja vastuuntuntoisesti.

Myyntiosaston kollegani kantavat tätä kirjaa mukanaan ja antavat mielellään yhden kappaleen teille, jotta voitte tutustua eri aiheisiin, kun keskustellette heidän kanssaan uusista projekteista, prosesseista ja suunnitelmista. Haluamme nimittäin, että teknologiamme ja tuotteemme ymmärretään!

Kiitoksena podcastimme kuuntelijoille tarjoamme uuden kirjan ilmaiseksi.

Kirjaprojektimme rinnalla on nyt myös uusi podcast. Sen nimi on "Luftpost".



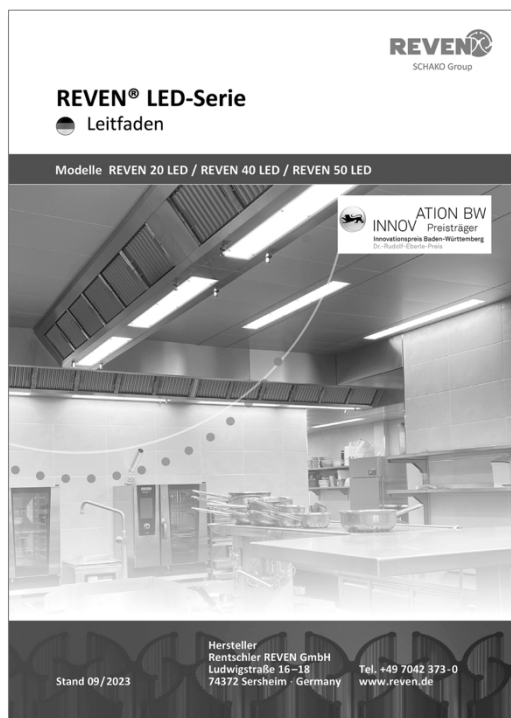
Tämä uusi podcast-sarja käsittelee puhdasta ilmaa. Esittelen ihmisiä ja yrityksiä, jotka työskentelevät ilmanpuhdistuksen ja ilmanvaihtotekniikan parissa. Haastattelen eri alojen toimijoita ja keskustelen teknologioista. Valitsin tämän nimen sen herättämän assosiaation vuoksi. Aiemmin uutiset ja tiedotteet lähetettiin usein lentopostina. Haluan välittää podcastissani "Luftpost" ajankohtaisia uutisia puhtaasta ilmasta ja terveellisestä ympäristöstä.

Löydät sen linkistä reven.news/luftpost, ensimmäiset jaksot ovat jo verkossa.

Jos olet itse toimija ilmanvaihto- tai ilmanpuhdistusalalla, voimme yhdessä suunnitella podcast-jakson. Voin myös tulla paikan päälle. Ota yhteyttä osoitteeseen marketing@reven.de.

Mielenkiintoista REVENiltä

LED-valaisimien opas



Hyvän valaistuksen merkitystä tilan käytössä aliarvioidaan usein.

Erityisesti ammattikeittiöissä oikeanlainen valaistus on erittäin tärkeää. Siksi suunnittelussa on otettava huomioon ja huomioitava tekijät kuten valoisuus, kontrasti ja värisävyt. Tässä valaistuksen hallinta tarjoaa suuria etuja. Tässä LED-oppaassa selitämme, mitkä tekijät ovat tärkeitä hyvän valaistuksen kannalta ja miten REVEN® LED-valaisimet täyttävät nämä vaatimukset.

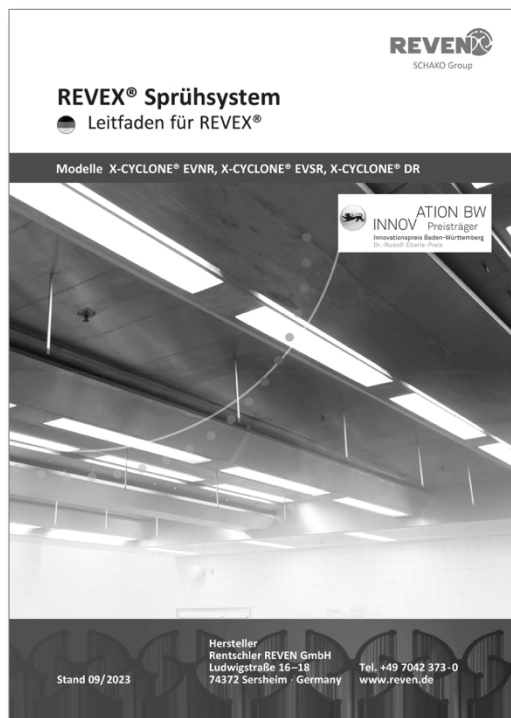
Esite RSC-ohjaus



Rentschler REVEN tarjoaa älykkään RSC-säätöjärjestelmän suurkeittiöiden ilmanvaihtolaitteiden taloudellisuuden parantamiseksi. Järjestelmä säättää tulo- ja poistoilman määrää portaattomasti ruoanlaittotoiminnan mukaan innovatiivisen Teollisuus 4.0 -standardin mukaisesti.

Esitteestämme löydät tekniset yksityiskohdat, jotka on otettava huomioon RSC-ohjausjärjestelmän asennuksessa.

REVEX®-sumutusjärjestelmän käyttöopas



Keittiön ilmanvaihtolaitteiden puhdistus on aiemmin jäänyt usein liian vähälle huomiolle.

Ilmanvaihtolaitteiden säännöllinen, ammattitaitoinen ja asianmukainen puhdistus ammattikeittiöissä varmistaa laitteiden moitteettoman toiminnan, vähentää palovaaraa ja estää mikro-organismien kasvua laitteiden sisällä. Lisäksi se suojaa keittiöhenkilökunnan terveyttä.

Ilmanvaihtotekniikan ja ilmanpuhtauden ylläpidon väärinkäsityksiä

Kirja

Podcast sai niin suuren vastakaikon, että siitä syntyi luonnostaan idea kirjaksi. Puhuttelevaa palautetta:

"... podcast ilmavirtauksista herätti kiinnostuksen kuulla lisää ..."

"... haluan onnitella teitä mielenkiintoisesta podcastista "Väärinkäsityksiä ilmanvaihtotekniikassa ja ilmanpuhtauden hallinnassa" ja kiittää siitä saamastani tiedosta ..."

"... kiitos todella mielenkiintoisesta podcastista. Olisin iloinen, jos sitä jatkettaisiin. Olen ollut yli 20 vuotta projektipäällikkönä ilmanvaihtotekniikan alalla ja sain paljon käytännön tietoa ja ideoita tulevia projekteja varten. Olisin iloinen, jos voisin rakentaa seuraavan keittiöjärjestelmän yhdessä teidän kanssanne ..."

"... Haluan onnitella teitä podcastista. Aihe on hyvin ymmärrettävä myös minulle, joka en ole niin perehtynyt aiheeseen ..."

"... podcastinne tarkkaavainen kuuntelija haluaisin käyttää tilaisuutta hyväkseni ja tilata vuonna 2023 julkaistavan alan kirjan. Toivon lisää jaksoja aiheesta ilma – arvokkaimmasta ravintoaineestamme ..."

Kirjoittaja

Dipl. Ing. Sven Rentschler on Rentschler Reven GmbH:n toimitusjohtaja. Yritys on keskisuuri ilmanpuhdistuslaitteiden valmistaja. Yrittäjänä hän on asettanut tavoitteekseen parantaa ilmanpuhdistuksen tunnettuutta teollisuudessa ja kaupassa maailmanlaajuisesti. Hänen sitoutumisensa on tuottanut kaksi kansainvälistä patenttia ja Baden-Württembergin osavaltion innovaatiopalkinnon. Lisäksi Sven Rentschler on bloggaaja ja puhuja ilmanpuhtauden alalla.

Kohderyhmä

Kaikki, jotka ovat kiinnostuneita optimaalisen ilmanvaihdon ja ilmanpuhdistuksen huomioimisesta. Aloittelijat, kertaajat ja ammattilaiset ilmasto- ja ilmanvaihtotalalla sekä alan ulkopuolelta tulevat ammattilaiset, erityisesti ilmanvaihtosuunnittelijat koneenrakennuksessa ja elintarviketeollisuudessa, urakoitsijat, asiantuntijat, suurkeittiöiden ylläpitäjät ja suunnittelijat.

● ILMANVAIHTO ● ILMASTO ● KYLMYYS

2023 cci-dialog.de

cci Buch on cci Dialog GmbH:n tavaramerkki

Saatavana myös e-kirjana

ISBN 978-3-922420-74-3



9 783922 420743