



Lämmöntalteenoton haasteet ammattikeittiöissä

Mittausmenetelmä rasvanpoistojärjestelmien toiminnan arvioimiseen

LTO-laitteiden käyttökustannusvertailu

Uskomuksia keittiöilmanvaihdosta



Keittiöilmanvaihdon tehtävä on tarjota tilaan terveelliset, viihtyisät ja tuottavat työskentelyolosuhteet.

Keittiöilmanvaihdon parissa työskentelee paljon eri laitevalmistajia. Eri tuotteilla ja tekniikoilla on kaikilla omat käyttökohteensa. Tuotteiden valinnassa tulee huomioida kunkin tekniikan aiheuttamat rajoitukset sekä sovelluskohteen aiheuttamat reunaehdot.

Kaikki tekniikat edellyttävät toimiakseen onnistunutta mitoitusta, asennusta ja huoltoa.

Keittiöissä poistoilma on kosteaa ja rasvaista. Paloeristysvaatimukset ovat tiukemmat kuin yleisilmanvaihdossa. Tämä aiheuttaa ilmanvaihdolle ja lämmöntalteenotolle erityisvaatimuksia.

Keittiöiden ilmanvaihtoratkaisujen tulee olla käyttövarmoja, turvallisia, energiatehokkaita, riittävän yksinkertaisia sekä käyttökustannuksiltaan edullisia.

Keittiöilmanvaihtoon liittyen alalla on paljon uskomuksia ja yleistyksiä, jotka kaipaavat mielestäni laajempaa keskustelua.

Koneellisella tulo-poisto-ilmanvaihdolla poistetaan epäpuhtauksien lisäksi myös ruuanlaitossa syntyvät lämpö- ja kosteuskuormat. Mikäli ilmanvaihtoratkaisu perustuu kiertoilman käyttöön, tulee kiertoilma puhdistaa monissa suodatusportaisissa käyttäen kalliita suodatustekniikoita. Lisäksi kiertoilma täytyy jäähdyttää myös lämmityskaudella.

UV- ja otsonointitekniikat vähentävät kanavistoon kertyvän liian määrää ja parantavat ilmanvaihdon paloturvallisuutta.

Otsonointi- tai UV-tekniikat eivät kuitenkaan ole keittiöilmanvaihdon lämmöntalteenoton perusedellytys. Perusedellytys ammattikeittiön lämmöntalteenotolle on LTO-laitteen kyky toimia likaantuneena ja laitteen helppo puhdistettavuus.

Suurista lämpökuormista johtuen valmistuskeittiöiden poistoilma on huomattavasti lämpimämpää kuin haluttu tuloilman sisäänpuhalluslämpötila.

Tämän vuoksi keittiön LTO-laitteelle ei tule hakea samaa lämpötilasuhdetta kuin esimerkiksi asuntoilmanvaihdon LTO-ratkaisuille.

Perustelemme yllä olevia väittämiä tarkemmin tässä asiakaslehtemme numerossa.

Haluun lausua suuren kiitoksen tämän numeron asiantuntijakirjoituksista Niko Ortjulle ja Svein Ruudille. Toivottavasti tämä lehti aikaansaa paljon asiapitoista jatkokeskustelua tästä tärkeästä aiheesta.

Antoisia lukuhetkiä ja kiitos kuluneesta vuodesta.
Hyvää joulunodotusta ja menestyksellistä vuotta 2021!

MARKUS CASTRÉN
Toimitusjohtaja, Retermia Oy

SISÄLLYS

Ammattikeittiöiden rasvanerotus 4

Niko Ortju kirjoittaa haasteista, joita ruoanvalmistuksessa vapautuva rasva tuo ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon.

Mittausmenetelmä suurkeittiöiden rasvanpoistojärjestelmien toiminnan arvioimiseen 8

Svein Ruud kuvailee Ruotsissa kehitettyä mittausmenetelmää - ja kertoo yllättävistä tutkimustuloksista.

LTO:n lämpötilasuhteen vaikutus vuotuisen energian kulutukseen ammattikeittiöissä 10

Ammattikeittiöiden ilmanvaihdon lämmöntalteenotossa ei juurikaan ole tarvetta yli 60 prosentin lämpötilasuhteelle.

Retermia-ratkaisu ammattikeittiöissä 12

Neulalämmönsiirtimien suuri liankeräyskyky ja helppo huollettavuus Retermian valteina.

Käyttökustannusvertailu 14

Laskelmat paljastavat: LTO-laitteiden käyttökustannuksissa merkittäviä eroja.





Ammattikeittiöiden rasvanerotus

Ammattikeittiössä ilmanvaihdon toimivuutta koettelevat ruoanvalmistuksessa vapautuva lämpö, kosteus ja partikkelit sekä kaasumaiset yhdisteet. Erityisiä haasteita ammattikeittiön ilmanvaihdolle luo ruoanvalmistuksessa vapautuva rasva.

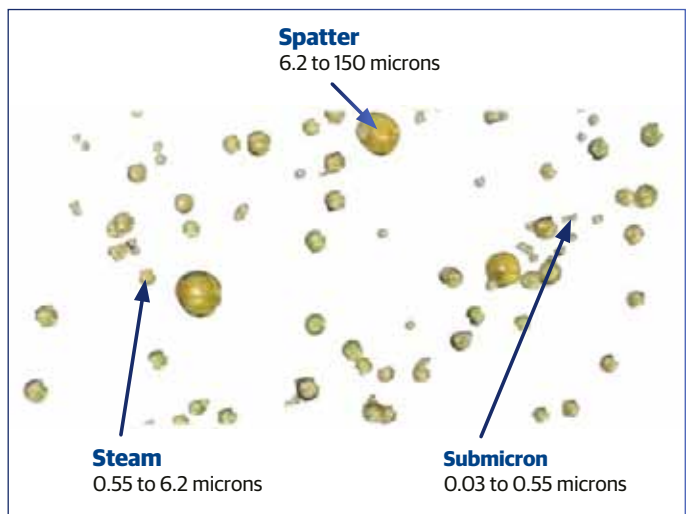
Tässä kirjoituksessa käsitellään ruoan valmistusprosesseissa vapautuvan rasvan koostumusta, rasvan koostumuksen vaikutusta rasvanerotusjärjestelmän valintaan sekä markkinoilta löytyviä rasvanerotusmenetelmiä ja niiden toimintaa. Lisäksi kirjoituksessa käsitellään otsonijärjestelmiin liittyviä riskejä sekä ilmasyötteisten otsonijärjestelmien typpioksidipäästöjä.

Ruoanvalmistuksessa vapautuvat epäpuhtaudet

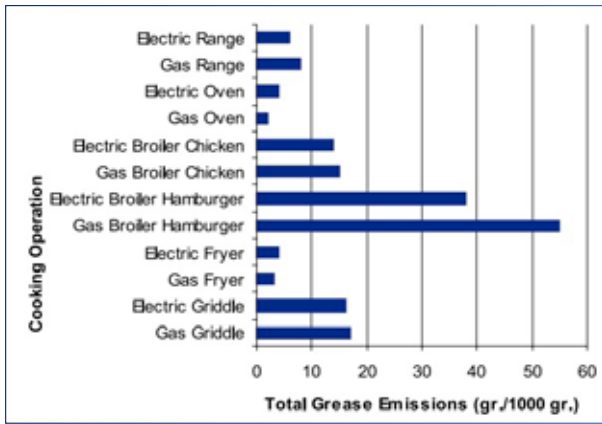
Ruoanvalmistuksessa vapautuva rasva voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään partikkelikoon mukaan: rasvapisaroihin, höyryyn ja submikroneihin. Kyseiset ryhmät ovat esitettyinä kuvassa 1.

Vapautuvan rasvan partikkelien kokojakauma ja kaasumaisten yhdisteiden osuus vaihtelevat suuresti käytetyn prosessin sekä sen mukaan, mitä raaka-ainetta valmistetaan.

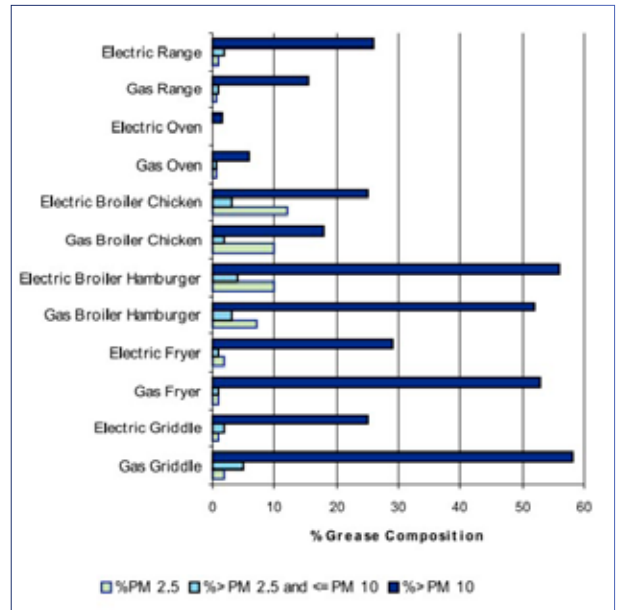
University of Minnesotan ASHRAE-tutkimushankkeessa on määritelty tyypillisten ruoanvalmistustilanteiden rasvapäästöt. Ruoan valmistusprosesseissa vapautuvan rasvan määrä sekä hiukkaskoon jakautuminen ruoanvalmistusprosessin mukaan on esitetty kuvassa 2.



KUVA 1 | Ruoanvalmistuksessa syntyvän rasvan eri koostumukset.



KUVA 2 | Ruoan valmistusprosesseissa vapautuvan rasvan määrä sekä hiukkaskoon jakautuminen ruoanvalmistusprosessin mukaan.



Tutkimuksen tuloksista huomataan valmistettavan elintarvikkeen ja valmistustavan merkitys rasvapäästöjen kokonaismäärään sekä rasvan partikkelien kokojakaumaan. Esimerkiksi hampurilaispihvin paistamisessa syntyy huomattava määrä rasvapäästöjä, kun taas uunilla valmistettaessa rasvaa vapautuu huomattavasti pienempi määrä. On myös tärkeää tiedostaa parilalla kypsennettävän hampurilaisen ja kanan valmistusprosessissa syntyvien partikkelikooltaan alle 10 µm:n rasvapartikkelien huomattava määrä.

Ruoanvalmistuksessa vapautuvan rasvan määrällä sekä partikkelien kokojakaumalla on keskeinen merkitys valikoitavan rasvanerotusjärjestelmän valintaan sekä järjestelmän huoltovälin määrittämiseen.

Rasvanerotusjärjestelmät

Markkinoilla on laaja tarjonta erilaisia, ammattikeittiöihin tarkoitettuja, rasvanerotusjärjestelmiä. Järjestelmien toimintaperiaatteet vaihtelevat mekaanisesta erotuksesta UV-valoon ja otsonigeneraattoreihin. Valikoitavaan järjestelmään vaikuttavat keskeisesti ilmavirran suuruus ja rasvakuormituksen määrä.

Mekaaniset rasvanerotusjärjestelmät

Mekaanisten rasvasuodattimien tarkoituksena on erotella mekaanisesti ilmassa leijuvat "rasvapisarot" ja pöly, ennen kuin ne pääsevät poistoilmakanavaan. Mitä isompia pisarat ovat sitä tehokkaampi rasvasuodatin on. Pienemmät pisarat pääsevät suodattimen läpi ja kondensoituvat kanavien seinämiin tai ilmastointilaitteeseen tai kulkeutuvat ilman mukana ulos. Rasvasuodattimien erottelukyky heikkenee jyrkästi

mentäessä alle 10 µm:n hiukkaskokoon.

Yleisimpien ammattikeittiöissä käytettyjen mekaanisten rasvasuodattimien toiminta perustuu rasvapartikkelien liikeradan nopeaan muutokseen. Poistoilmavirran mukana kulkeutuva rasvapartikkeli muuttaa nopeasti suuntaansa, iskeytyy suodattimen seinämiin ja valuu suodattimen rasvankeräysastiaan.

Rasvapartikkelin liikeradan nopea muutos saadaan aikaan suodattimen mukaan joko keskipakovoiman tai esimerkiksi lamellisuodattimen tavoin pakottamalla ilma vaihtamaan suuntaa useita kertoja.

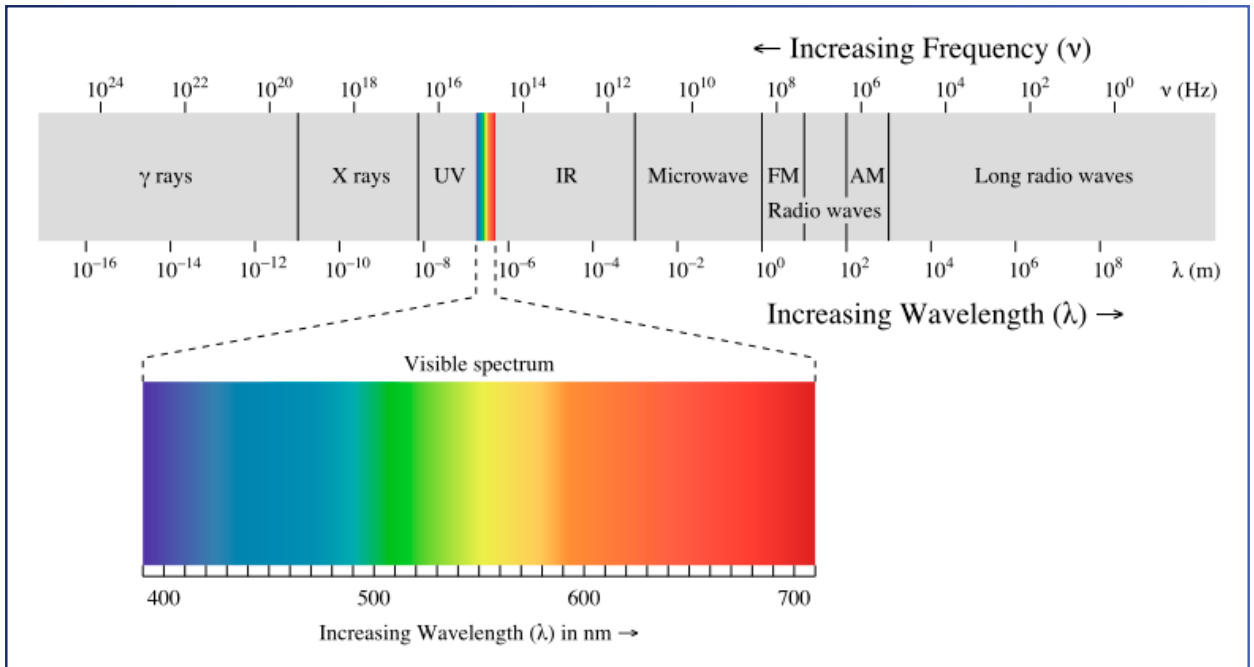
Kuivapuhdistusjärjestelmät (UV ja otsoni)

Kuivapuhdistusjärjestelmät, kuten UV ja otsoni, ovat parhaimmillaan pienille hiukkasille. Tästä syystä keittiön likainen ilma on esisuodatettava mekaanisesti myös silloin, kun käytettävissä on kuivapuhdistusjärjestelmä. Markkinoilta löytyviä kuivapuhdistusjärjestelmiä ovat UV-järjestelmät sekä ilma- ja happisyöttöiset otsonijärjestelmät.

UV-järjestelmät

Markkinoilta löytyvät, UV-valoa hyödyntävät, rasvanerotusjärjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: otsonia tuottaviin ja otsonia tuottamattomiin järjestelmiin. UV-valo aallonpituuksien 160–240 nm välillä luo hapesta otsonia. Otsonituotannon huippu saavutetaan 185 nm:n aallonpituudella. Kuvassa 3 on esitetty valon taajuudet ja aallonpituudet.

Otsonia tuottavien järjestelmien toiminta perustuu otsonin ja



KUVA 3 | Valon taajuuudet ja aallonpituudet.

valon kykyyn rikkoa rasvaisen höyryn kaksoissidos uudestaan ja uudestaan. Prosessin jatkuessa tarpeeksi pitkään, molekyyli jakautuu hiilidioksidiksi ja vedeksi.

Otsonia tuottamattomat järjestelmät tarvitsevat ultravioletti- valon lisäksi katalyyttiaineen reaktion aikaansaamiseksi. Rasvasuodattimen kammio on pinnoitettu katalyyttiaineella, jossa ultravioletti rikkoo rasvaisen höyryn kaksoissidokset. Esimerkiksi titaanioksidia käytetään katalyyttiaineena. Järjestelmässä UV-lamppu on säädetty tuottamaan ultraviolettiä 160–240 nm aallonpituuden ulkopuolelta, ettei otsonia muodostu.

Ilmasyötteiset otsonijärjestelmät

Ilmasyötteisten järjestelmien toiminta perustuu otsonin kykyyn tuhota rasvaa ja epäpuhtauksia pilkkomalla ne pienempiin osiin. Järjestelmässä suodatettua ilmaa johdetaan otsonigeneraattoriin, jossa ilman sisältämästä hapestä valmistetaan koronapurkausmenetelmää hyödyntäen otsonia. Tästä otsonirikas ilma siirtyy kuppuun tai poistokanavaan reagoimaan rasvaisen ilman kanssa.

Ilmasyötteisiä järjestelmiä käytetään ammattikeittiöissä, joissa rasvankuormitus on alhainen ja ilmavirtaus on alle 2500 m³/h. Ilmasyötteiset järjestelmät on rajattu ilmavirroille, jotka ovat maksimissaan 2500 m³/h, kuten standardissa EN 16282-8:2017 on määritelty.

Ilmasyötteisten järjestelmien haittana ovat niiden aiheuttamat NOx-päästöt.

Happisyötteiset otsonijärjestelmät

Happisyötteiset otsonijärjestelmät eroavat ilmasyötteisistä otsonijärjestelmistä. Happisyötteisissä otsonijärjestelmissä käytetään raaka-aineena kuivaa, puhdasta, happea eikä kosteutta sisältävää ympäristön ilmaa. Järjestelmässä on nestejäähdytys ja erillinen happigeneraattori. Edellä mainittujen eroavaisuuksien takia happisyötteiset järjestelmät kykenevät tuottamaan voimakaspitoista otsonia. Happisyötteiset otsonijärjestelmät tuhoavat rasvaa ja epäpuhtauksia samalla tavalla kuin ilmasyötteiset järjestelmät.

Happisyötteiset otsonijärjestelmät kykenevät käsittelemään suuria ilmamääriä ja palvelemaan useaa huuvaa samanaikaisesti.

Rasvanerotusjärjestelmien yhdistäminen

Jos ammattikeittiön ruoanvalmistusprosessissa vapautuu partikkelikooltaan suurten rasvahiukkasten lisäksi huomattava määrä pienempiä rasvahiukkasia, on järkevää hyödyntää mekaanisten rasvasuodattimien lisäksi kuivapuhdistusjärjestelmiä.

Kun mekaanisten rasvanerotusjärjestelmien kyky erotella suuret rasvahiukkaset ja kuivapuhdistusjärjestelmien kyky erotella pienemmät rasvahiukkaset yhdistetään, saavutetaan maksimaalinen erotusaste. Tällöin rasvakanavistoon jäävän rasvan ja epäpuhtauksien määrä minimoidaan. Tämä myös edesauttaa paloturvallisuutta.

Ilmasyöttöisten otsonijärjestelmien aiheuttamat NOx-päästöt

Ammattikeittiön kohdepoiston otsonijärjestelmän valinnalla on ympäristövaikutuksia. Ilmasyöttöiset otsonijärjestelmät tuottavat sivutuotteena NOx-päästöjä eli typen oksideja. Happisyöttöiset- ja UV-otsonijärjestelmät eivät tuota NOx-päästöjä.

Ilmasyöttöisten otsonijärjestelmien otsonituotannon raaka-aineena toimiva ilma sisältää luonnostaan typpeä. Kun typpeä sisältävä ilma kulkee plasmakentän läpi otsonijärjestelmässä, tyyppi ionisoituu. Tämä synnyttää NOx-päästöjä. Tiettyissä tilanteissa otsonijärjestelmä voi tuottaa NOx-päästöjä enemmän kuin otsonia. (4)

Kun tiedetään typen oksidien vaikutukset ympäristölle ja ihmisen terveydelle, on syytä tarkastella näiden järjestelmien käytön tarpeellisuutta.

Otsonijärjestelmien riskit

Liiallisesta ilman otsonipitoisuudesta aiheutuu ihmiselle terveysongelmia. Laittevalmistajilla, suunnittelijoilla sekä asentajilla on siten huomattava vastuu siitä, että otsonointijärjestelmät toimivat ongelmitta eivätkä aiheuta tiloissa työskenteleville ihmisille vaaraa. Otsoni aiheuttaa ihmiselle pieninäkin pitoisuuksina oireita ja suurina pitoisuuksina jopa hengenvaaran.

Rasvakanava, joka palvelee otsonia hyödyntäviä rasvanerotusjärjestelmiä, on asennettava erityisen tiiviisti, jotta kanavistossa kulkeva jäännösotsoni ei pääse vuotamaan rakennukseen. Erityisesti ulospuhallus- ja raitisilmapäätelaitteiden välisen etäisyyden on oltava riittävä, jotta jäännösotsoni ei missään tilanteessa pääse kulkeutumaan takaisin rakennukseen raitisilman mukana.

Käyttäjien opastus on tärkeää. Kun ammattikeittiössä on käytössä otsonointijärjestelmä, täytyy käyttäjiä opastaa ja kouluttaa riittävästi. Haasteellista tästä tekee ammattikeittiöiden työntekijöiden vaihtuvuus. Myös liiketoimintaa harjoittavan organisaation vaihtuessa täytyy uusia käyttäjiä opastaa ja kouluttaa otsonijärjestelmien käytöstä ja riskeistä.

Lopuksi

Ammattikeittiöiden rasvanerotusprosessit ovat laaja ja haastava osa ammattikeittiöiden ilmanvaihtoa. Aiheesta erityisen haastavan tekee kunkin ammattikeittiön yksilöllisyys. Keittiöillä

on erilaisia käyttötarkoituksia ja käyttöasteita, ja niissä käsitellään erilaisia raaka-aineita. Rasvakanavistojen pituuksien vaihtelu kohteen mukaan ja ulospuhalluslaitteiden sijoittelut raitisilmanottoaukkoihin nähdén ovat kaikissa kohteissa erilaisia.

Ammattikeittiön rasvakanaviston paloturvallisuuden, huollettavuuden ja asennuskustannusten kannalta paras ratkaisu on rasvakanavan vieni keittiön huuvesta suoraan ylös vesikatolle. Tällöin otsonijärjestelmien vaatima reaktioaika ei kuitenkaan yleensä ole riittävä. Ilma- ja happisyöttöisissä otsonijärjestelmissä reaktioaika on 3 sekuntia ja UV-valoon perustuissa järjestelmissä 2 sekuntia. Tässä tilanteessa suunnittelijan on tarkkaan pohdittava otsonijärjestelmän tarpeellisuutta.



NIKO ORTJU
LVI-suunnittelija, Ins. (AMK).

Lähteitä:

1. Greenheck Fan Corp. Kitchen Ventilation Systems. 2014. Saatavissa: <https://aqcindustrial.com.mx/wp-content/uploads/2018/08/ALL-KVSHoods.pdf>.
2. Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnitteluopas. Halton Oy.
3. Oxidation Technologies, LCC. Saatavissa: <https://www.oxidationtech.com/>.
4. Montecchio, Francesco 2018. NOx emissions and HNO3 formation: air pollution with analysis of air-fed ozone generators. Tukholma: KHT Royal Institute of Technology.



Mittausmenetelmä suurkeittiöiden rasvanpoistojärjestelmien toiminnan arvioimiseen

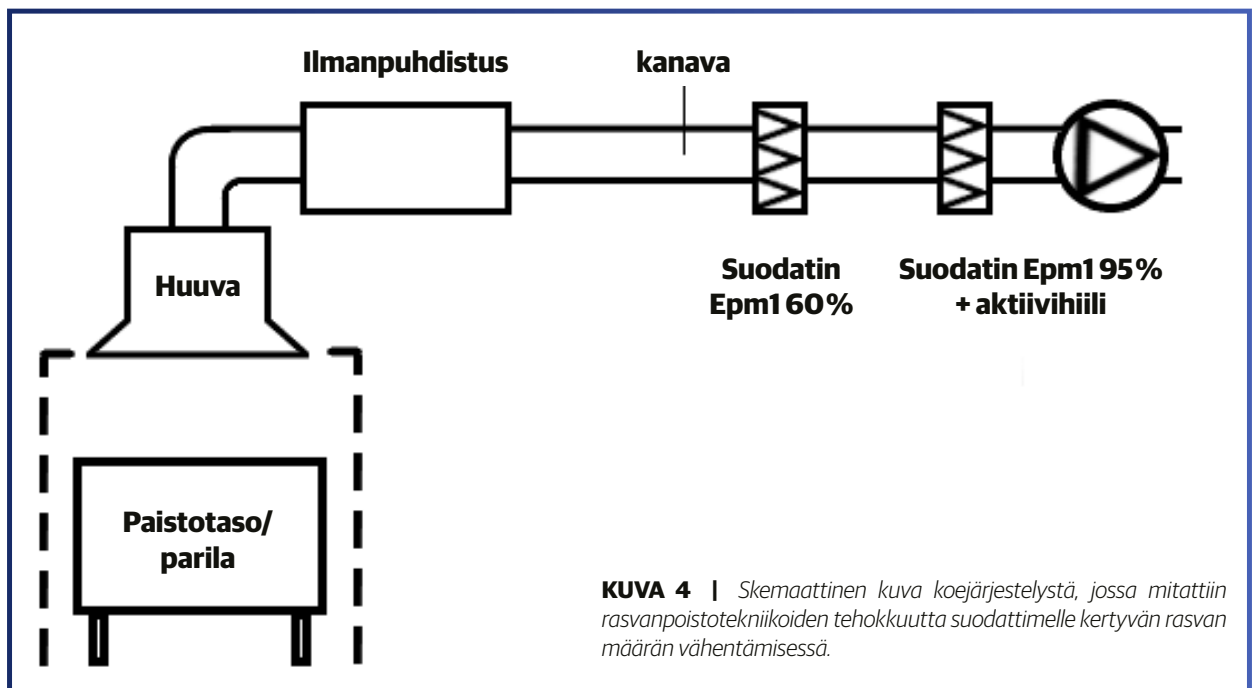
Tässä projektissa esitellään testausmenetelmä suurkeittiöiden rasvanerotusjärjestelmien arviointiin. Erilaisten rasvan erotusmenetelmien toimivuutta on tutkittu käytännön kenttämittauksin sekä laboratoriotutkimuksin. Testausmetodiikkaa täydennetään turvallisuus- ja käyttöohjein kunkin rasvanerotusmenetelmän osalta.

Projektin toteutti RISE Research Institutes of Sweden, CIT Energy Management:in avustuksella.

Päätarkoitus RISE:n projektiosuudessa oli yrittää löytää suhteellisen yksinkertainen ja nopea mittausmenetelmä sen toteamiseen, miten paljon hyötyä UV- ja otsonointitekniikoista on lämmöntalteenoton mahdollistamiseen haastavissa keittiöolosuhteissa.

Alun perin tarkoituksenamme oli mitata rasvan kertymistä lämmöntalteenottolaitteen pintaan. Huomasimme kuitenkin

hyvin nopeasti, että tämänkaltaista tutkimusprojektia olisi pitänyt jatkaa useita vuosia voidakseen todeta eroa lämmöntalteenoton toiminnassa. Lämmöntalteenottolaitetta nimittäin suojataan keittiöissä EPM1 60% (F7) -luokan suodattimella. Kaikki tämän suodattimen läpi menevä lika menee suurelta osin läpi myös lämmöntalteenottolaitteesta. Ongelmana rasvaisissa olosuhteissa ei siksi ole lämmöntalteenottolaitteen tukkeutuminen, vaan suodattimen pikainen tukkeutuminen ja jatkuvat suodattimen vaihdot järjestelmän toiminnan varmistamiseksi. Käytännön ratkaisuna tutkimuksessa ilmenneeseen ongelmaamme päädyimme punnitsemaan kuvatus kaltaista suodatinta. Seurasimme suodattimen massan kasvua eri rasvanpoistotekniikoiden kanssa ja ilman rasvanpoistotekniikkaa, kun suodatin altistettiin raskaalle, mutta kuitenkin realistiselle rasitukselle yhden tunnin ajan. Yhteen rasvakanaavaan suihku-



KUVA 4 | Skemaattinen kuva koejärjestelystä, jossa mitattiin rasvanpoistotekniikoiden tehokkuutta suodattimelle kertyvän rasvan määrän vähentämisessä.

Suodatustekniikka*Epm1 60 % -tyyppiselle suodattimelle kertyneen rasvan määrän vähentyminen*

Vain mekaaninen rasvasuodatin	≈ 0 %
+ otsoni	≈ 4 %
+ UV	≈ 13 %
+ UV + otsoni	≈ 7 %

Huom.! Suuri mittausepätaarkkuus! Arviolta noin +-3 prosenttiyksikköä.

Taulukko 1 | Rasvanpoiston tehokkuus

timme rasvapartikkeleita sisältävää aerosolia, jossa rasvapartikkelien massajakauma vastasi todellisen McDonald's-ravintolan mekaanisissa suodattimissa mitaamaamme. Rasvapartikkelit generoitiin samalla tavoin kuin eräissä amerikkalaisissa tutkimusprojektissa, jossa tutkittiin mekaanisten rasvasuodattimien rasvanerotuskykyä. Ilman virtausnopeus ja rasvakanavan pituus olivat sellaisia, että otsonilla oli tarpeeksi aikaa reagoida rasvapartikkelien kanssa.

Tulos oli, että mikään tutkituista tekniikoista ei näyttänyt merkittävästi vähentävän testisuodattimeen kertyvän rasvan määrää!

Massan kertyminen suodattimeen toki väheni, mutta ei enempää kuin noin 4-13 %. Esittelemäämme metodiikkaa ei siksi kannata lanseerata standardimenetelmäksi sen arvioimiseen, kuinka hyvin erilaiset puhdistustekniikat vähentävät ilmanvaihtokoneiden suodattimiin kohdistuvaa kuormitusta.

Saimme kiinnostavia tuloksia happisytteisistä otsonijärjestelmistä. Nimittäin, että massan kokonaiskasvu molemmille suodattimille on lähes sama kuin generoitujen rasvapartikkelien massa. Tämä viittaa siihen, että periaatteessa kaikki generoitunut rasva kulkee rasvakanavan läpi partikkeleina, jotka myöhemmin kiinnittyvät suodattimeen,

mikä on erittäin positiivinen tulos kanaviston puhdistamistarpeen näkökulmasta katsottuna.

Vaikka suodattimen massakuormitus edellä mainitun mukaisesti oli pieni, UV-järjestelmä johti suurimpaan mitattavissa olevaan muutokseen suodattimeen kertyneen rasvan määrässä. Tästä ei voi tehdä johtopäätöstä, etteikö UV-järjestelmä ei pitäisi rasvakanavaa puhtana, sillä UV-tekniikka osittain muuttaa rasvamolekyylejä kaasumaiseen muotoon, jolloin rasva ei tartu kanavistoon tai suodattimeen.

Tutkimustulokset pätevät vain niissä olosuhteissa, joita käytimme koejärjestelyssämme ja vain siinä suhteessa, kuinka paljon massaa kertyi ilmanvaihdon suodattimeen. Toisissa olosuhteissa ja todellisessa rakennuksessa tulokset voivat olla erilaiset. Koska UV- ja/ tai otsonipuhdistus myös näytti vaikuttavan rasvapartikkelien kokoon ja pintarakenteeseen, se saattaa siksi vaikuttaa positiivisesti suodattimen toimintaan, vaikka massakuormitus olisikin lähes sama. Tätä aspektia ei tutkittu tarkemmin tässä projektissa.

Lisää tutkimuksia tarvittaisiin sen ymmärtämiseksi, mitä tapahtuu rasvapartikkeleille UV- ja otsonointikäsittelyissä sekä millaisia vaikutuksia em. käsittelyillä on kanavan pintaan ja ilmanvaihdon suodattimiin.



KUVA 5 | Koehuone ja aerosoligeneraattori.



SVEIN RUUD

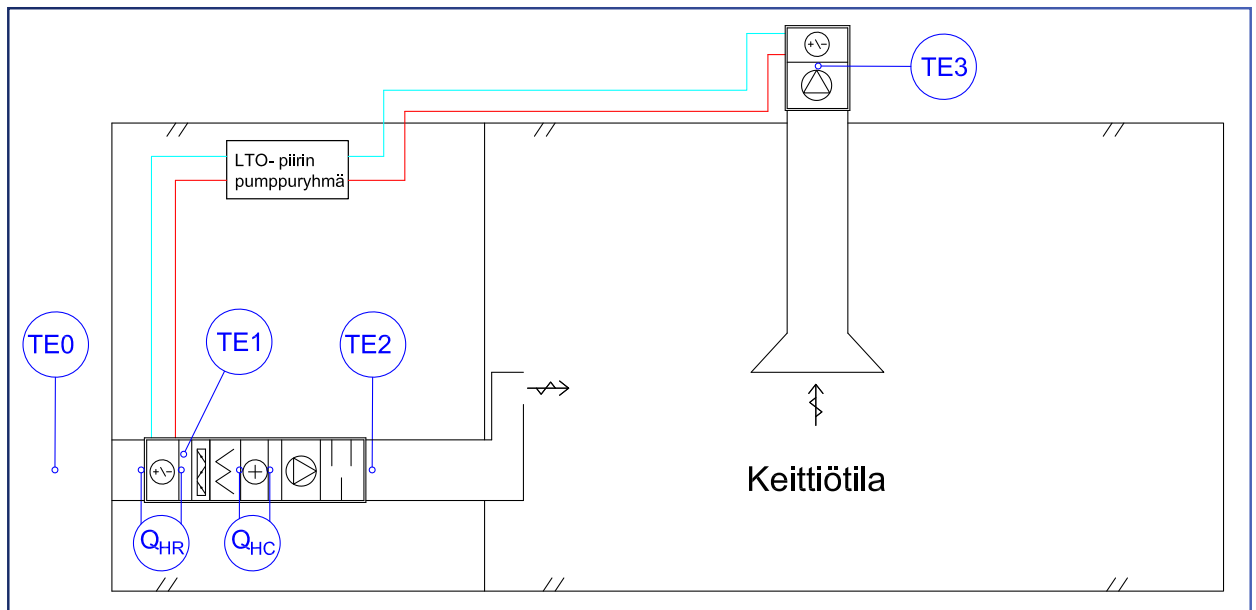
Tekn.Lic., Senior Expert
RISE Research Institutes of Sweden
Division Samhällsbyggnad
– Energi och cirkulär ekonomi

Tutkimusraportit voi ladata itselleen sivulta: <http://belok.se/matmetodik-for-provning-av-fettreduceringsystem-i-storkoksventilation/>

Kirjoituksen alkuperäinen kieli: ruotsi. Käännös: Nina Jaakkola. Käännöksen tarkistanut: Markus Castrén, DI

LTO:n lämpötilasuhteen vaikutus vuotuiseseen energian kulutukseen ammattikeittiöissä

Keittiölaitteiden suurista lämpökuormista johtuen keittiöiden poistoilman lämpötila on tyypillisesti 25...35 °C välillä. Lämmityskaudella koneellinen tulo-poistoilmanvaihto mahdollistaa keittiön lämpökuormien poistamisen tuulettamalla tilaa. Jotta lämpökuormia saadaan tehokkaasti poistettua, on tuloilman sisänpuhalluslämpötila 15...16 °C. Poistoilman lämpöenergiaa ei siis voida lähestulkoonkaan täysimääräisesti hyödyntää tuloilman lämmityksessä. Tästä syystä lämmön talteenoton lämpötilasuhteen maksimointi ei ole tarpeen tai edes tavoittelemisen arvoista. Keittiön ilmanvaihtokoneet eivät kuulu ekosuunnittelun piiriin, eli minimivaatimusta lämpötilasuhteelle ei ole.



KUVA 6 | Periaatekuva lämmöntalteenotolla varustetusta ammattikeittiön ilmanvaihtojärjestelmästä. Kuvassa TE0 on ulkoilman lämpötila, TE1 on LTO:n jälkeinen tuloilman lämpötila, TE2 on tuloilmakoneen sisänpuhalluslämpötila ja TE3 on poistoilman lämpötila ennen LTO:ta.

Tuloilman vuosihyötysuhde kuvaa, kuinka suuren osan tuloilman vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta lämmöntalteenotto kattaa. Tuloilman vuosihyötysuhde lasketaan vertaamalla lämmöntalteenotolla säästettyä energiaa (QHR) tuloilman vuotuisen lämmitysenergian tarpeeseen (QNEED). Tuloilman vuotuinen lämmitysenergian tarve aiheutuu tuloilman lämmittämisestä ulkoilman lämpötilasta (TE0) LTO-tulopatterin jälkeiseen asetusarvoon (TE1set). TE1set puolestaan on tuloilman sisänpuhalluslämpötila (TE2), josta vähennetään tulopuhaltimen lämmitysvaikutus (0,5...1 °C).

$$\varepsilon_{s,annual} = \frac{Q_{HR}}{Q_{NEED}} = \frac{Q_{HR}}{Q_{HR} + Q_{HC}}$$

missä:

QHR on LTO-järjestelmän talteenottama vuotuinen lämpöenergia, kWh.

QNEED on tuloilman vuotuinen lämmitysenergian tarve, kWh.

QHC on tuloilman vuotuinen jälkilämmitysenergian (ostoenergian) tarve, kWh.

LTO-järjestelmän talteenottama vuotuinen lämpöenergia voidaan laskea seuraavasti:

$$Q_{HR} = \sum_0^{8760} \dot{V}_{supply} * \rho_{air} * c_{P_{air}} * (TE1 - TE0)$$

missä:

\dot{V}_{supply} on tuloilmavirta, m³/s

ρ_{air} on ilman tiheys, kg/m³

$c_{P_{air}}$ on ilman ominaislämpökapasiteetti vakio paineessa, kJ/kg°C

Tuloilman vuotuinen jälkilämmitysenergian tarve voidaan laskea seuraavasti:

$$Q_{HC} = \sum_0^{8760} \dot{V}_{supply} * \rho_{air} * c_{p_{air}} * (TE1_{set} - TE1)$$

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty kolmella eri säädätällä laskettuna lämmöntalteenoton tuloilman vuosihyötysuhde lämpötilasuhteen ollessa muuttujana. Tulo- ja poistoilmavirtoina taulukoiden simulaatioissa on käytetty arvoa 1000 l/s ja ilmanvaihdon on oletettu olevan jatkuvasti päällä. LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan asetusarvona (TE1,set) on käytetty +15 °C, jolloin tuloilman sisäänpuhalluslämpötila (TE2) olisi noin +16 °C.

LTO-järjestelmän lämpötilasuhte	Poistoilman lämpötila	LTO:n jälkeisen tuloilman asetusarvo-lämpötila	Laskennassa käytetty säävuosi	LTO-järjestelmän talteenottama vuotuinen lämpöenergia	Tuloilman vuotuinen jälkilämmitysenergian tarve	Tuloilman vuosihyötysuhde
ϵ_T %	TE3 °C	TE1,set °C		Q_{HR}	Q_{HC}	$\epsilon_{s, annual}$
50	25	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	87,4	18,1	82,8
60	25	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	99,1	6,4	93,9
70	25	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	104,5	1,0	99,1
80	25	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	105,5	0,0	100,0
50	25	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	101,5	25,3	80,0
60	25	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	116,6	10,2	92,0
70	25	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	124,9	1,9	98,5
80	25	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	126,8	0,0	100,0
50	25	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	121,6	39,3	75,6
60	25	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	141,5	19,4	87,9
70	25	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	155,1	5,8	96,4
80	25	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	160,7	0,2	99,9

Taulukko 2 | LTO:n lämpötilasuhteen vaikutus tuloilman vuosihyötysuhteeseen poistoilman lämpötilan ollessa +25 °C.

LTO-järjestelmän lämpötilasuhte	Poistoilman lämpötila	LTO:n jälkeisen tuloilman asetusarvo-lämpötila	Laskennassa käytetty säävuosi	LTO-järjestelmän talteenottama vuotuinen lämpöenergia	Tuloilman vuotuinen jälkilämmitysenergian tarve	Tuloilman vuosihyötysuhde
ϵ_T %	TE3 °C	TE1,set °C		Q_{HR}	Q_{HC}	$\epsilon_{s, annual}$
50	30	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	97,5	8,0	92,4
60	30	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	103,9	1,6	98,5
70	30	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	105,5	0,0	100,0
80	30	15	Hki-Vantaa Referenssivuosi 2012	105,5	0,0	100,0
50	30	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	114,1	12,7	90,0
60	30	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	124,0	2,8	97,8
70	30	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	126,7	0,1	99,9
80	30	15	Jyväskylä Referenssivuosi 2012	126,8	0,0	100,0
50	30	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	136,6	24,3	84,9
60	30	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	152,4	8,5	94,7
70	30	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	159,8	1,1	99,3
80	30	15	Sodankylä Referenssivuosi 2012	160,9	0,0	100,0

Taulukko 3 | LTO:n lämpötilasuhteen vaikutus tuloilman vuosihyötysuhteeseen poistoilman lämpötilan ollessa +30 °C.

Kuten taulukoista 2 ja 3 nähdään, keittiöilmanvaihdon lämmöntalteenotossa ei juurikaan ole tarvetta yli 60% lämpötilasuhteelle.

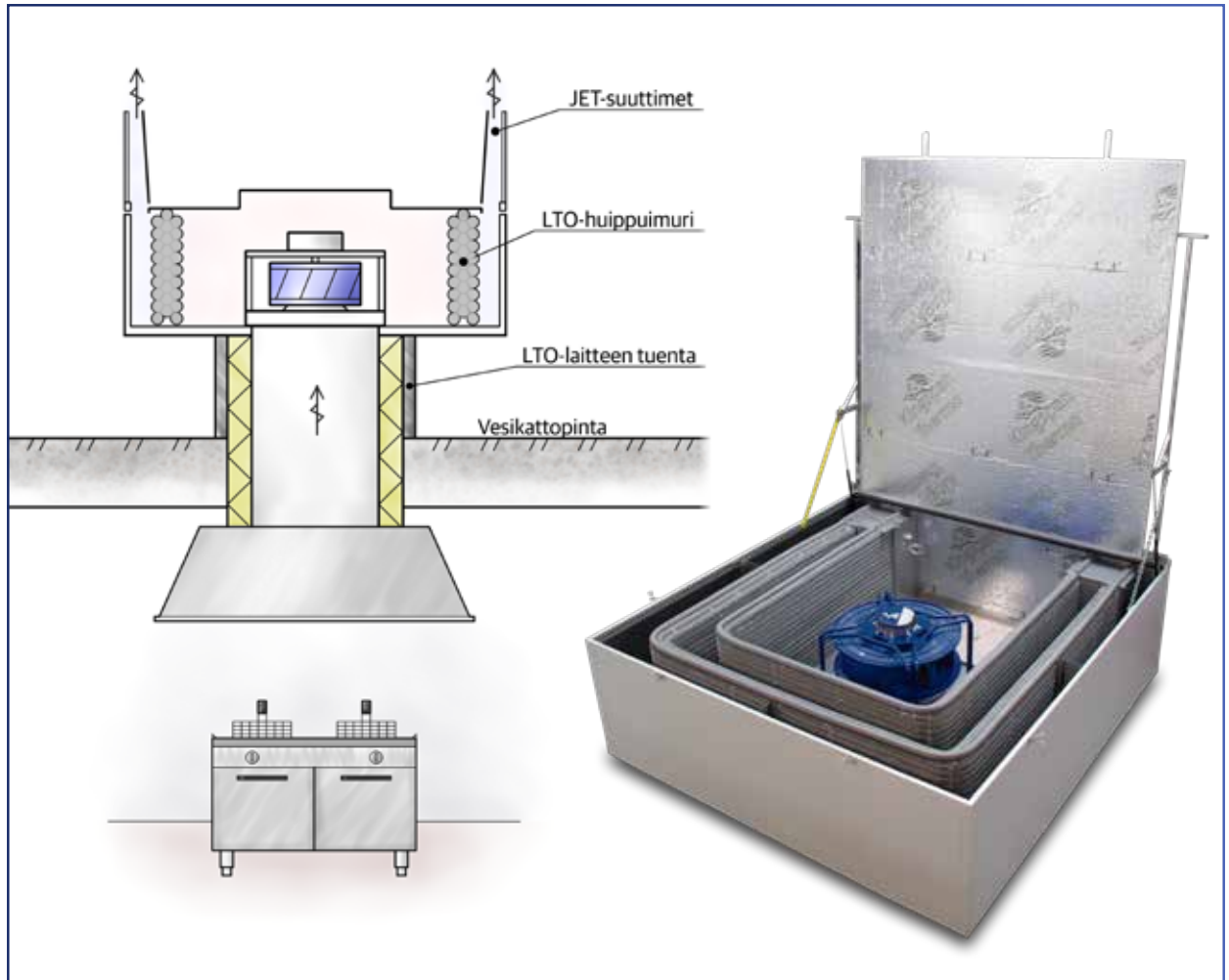
Keittiöilmanvaihdossa tulee käyttää erillisiä tulo- ja poistoilmakoneita, jotta poistoilman hajuja, epäpuhtauksia tai kosteutta ei pääse siirtymään tuloilmaan. Energiatsehokkuuden näkövinkkelistäkin katsottuna regeneratiivisella LTO-laitteella (pyörivä LTO, vastavirtavaihdin jne.) varustetulle tulo- ja poistokonepaketille tai kiertoilmakoneen käytölle ei löydy perusteita.

Retermia-ratkaisu ammattikeittiössä

Ammattikeittiöiden ilmanvaihdon ja lämmöntalteenotto-laitteiden tulee olla paikan päällä pestävissä ja LTO-laitteen tulee sietää likaantumista. Retermia-ratkaisu täyttää nämä vaatimukset. Retermian poistoilmakoneessa ei ole vaihdettavia suodattimia, mistä syntyy merkittäviä säästöjä käyttökustannuksissa.

Poistokoneena käytetään tyyppillisesti LTO-huippumuria, joka asennetaan keittiötilan yläpuolelle vesikatolle.

LTO-huippumuri mahdollistaa lyhyen, helposti puhdistettavan ja paloturvallisen kanaviston. Poistoilmakoneelle ei tarvitse rakentaa paloeristettyä konehuonetta, ja rakennuskustannuksissa säästetään. Jos raittiin ilman otto sijaitsee lähellä jäteilman ulospuhallusta, LTOH-laitteeseen voidaan asentaa JET-ulospuhallussuuttimet. JET-ulospuhallussuuttimet antavat jäteilmasuihkulle pitkän heittopituuden.



KUVA 7 | LTO-huippumurin asennusperiaate. LTO-huippumuri sijaitsee vesikatolla keittiötilan yläpuolella, jolloin poistoilmakanavistosta tulee lyhyt ja koko kanavisto on alipaineinen. Ratkaisu on helppo asentaa, huoltoystävällinen sekä paloturvallinen.

LTO-huippumurin kansi on avattavissa huollon ajaksi, jolloin huoltohenkilö pääsee laitteen sisälle suorittamaan pesua. Laitteen pohja on varustettu lukuisilla pesu- ja kondenssive-

siyhteillä. Poistopuhallin on sijoitettu saranoidun kippikehyksen päälle, mikä mahdollistaa poistokanaviston nuohouksen LTOH-laitteen kautta.



Kuva 8. LTO-huippumurin sisällä on tila huoltohenkilölle ja pohjavati kestää huoltohenkilön painon. Retermian LTO-laitteet on varustettu huoltokansilla, vesitiiviillä pohjavadilla sekä useilla pesu- ja kondenssivesiviemäreillä. Poistoilmakanavisto päästään nuohoamaan LTO-huippumurin kautta kippaamalla poistopuhallin sivuun.

Ammattikeittiöissä Retermia-laitteen huoltoväli on kaksi kertaa vuodessa: keväällä sekä syksyllä, ennen lämmityskauden alkua. Neulaputkista koostuvalla lämpöpinnalla on suuri lian-keräyskyky ilman, että ilmapuolen painehäviö merkittävästi kasvaa tai lämmönsiirtokyky heikkenee. Lika - niin kuiva jauhemainen pöly kuin keittiön rasvakin - kertyy ohueksi kalvoksi neularivan ympärille. Lämmönsiirtopinnan likaantuessa neularivan ulkopinta-ala kasvaa, mikä kompensoi lian aiheuttaman eristysvaikutuksen lämmönsiirrossa. Lisäksi lämmönsiirtopinta on helposti puhdistettavissa ja lämmönsiirto-ominaisuudet säilyvät lähes muuttumattomina normaalin huoltovälin ajan.

Neulälämmönsiirtimiä on käytetty ammattikeittiöiden ilmanvaihdon lämmöntalteenottoon 1980-luvun puolivälistä lähtien. Likaantumisen vaikutusta neulälämmönsiirtimen lämmönsiirtokykyyn on testattu sekä jauhemaisella testipölyllä laboratoriomittauksin että kahdessa käytännön keittiökohteessa (Hesburger) noin kuuden kuukauden seurantamittauksin (Heinonen J. 2002. Ammattikeittiöiden sisäilmasto, ilmastointijärjestelmät ja -laitteet. Lisensiaattitutkimus. TKK, Konetekniikan osasto. Espoo). Tehdyissä tutkimuksissa oli sama lopputulo: neulälämmönsiirtimen lämmönsiirtokyky säilyy lähes muuttumattomana normaalin huoltovälin ajan.

Käyttökustannusvertailu - Retermia vs. tavanomainen LTO ammattikeittiössä

Alla on laskelma hampurilaisravintolan keittiön poistoilmakoneen suodattimen vaihdon tarpeesta. Rasvakuormitukset ym. lähtötiedot perustuvat tässä lehdessä esitettyjen vierailijakirjoitusten aineistoon.

	Määrä	Yksikkö
Laskentaesimerkki: hampurilaisravintola		
Hampurilaisannoksia päivässä	250	kpl
Pihvi	150	g
Pihvin rasvapitoisuus	20	%
Rasvan määrä pihveissä vuorokautta kohden	7,5	kg
Rasvahuuvien ilmamäärä	1	m ³ /s
Sähkökäyttöinen parila		
Sähköparilalla valmistuksessa vapautuvan rasvan määrä	38	g / kg
Ruuan valmistuksessa vapautuvan rasvan määrä vuorokaudessa	285	g / vrk
Höyryn osuus rasvasta	30	%
Pisaran osuus rasvasta	70	%
Höyrymuotoista rasvaa	85,5	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin 2,5 µm	28,5	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin 2,5...10 µm	14,3	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin > 10 µm	156,8	g / vrk
Mekaaninen rasvanerotin		
Höyryn sieppauskyky (hiukkaskoko keskimäärin 2,5 µm)	0	%
Sieppauskyky, partikkelin hiukkaskoko keskimäärin 2,5 µm	7	%
Sieppauskyky, partikkelin hiukkaskoko keskimäärin 2,5...10 µm	75	%
Sieppauskyky, partikkelin hiukkaskoko keskimäärin > 10 µm	95	%
Rasvakuormitus kanavistoon mekaanisen rasvanerotin jälkeen		
Höyrymuotoista rasvaa	85,5	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin 2,5 µm	26,5	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin 2,5...10 µm	3,6	g / vrk
Pisaramuotoista rasvaa, hiukkaskoko keskimäärin > 10 µm	7,8	g / vrk
Yhteensä	123,4	g / vrk
UV-suodatus & otsonointi		
Otsonin & UV-käsittelyn pienennys suodattimelle kertyvän rasvan määrään.	10	%
Arvio perustuu RISE:n tutkimukseen, ei eritelty hiukkaskokojakaumittain.		
UV:n & otsonoinnin jälkeisen pulverisoituneen rasvan kuormitus kanavistoon	111	g / vrk
UV:n & otsonoinnin jälkeisen pulverisoituneen rasvan kuormitus kanavistoon	777	g / viikko

TAULUKKO 4 | Rasvakuormitus poistoilmakoneelle hampurilaisravintolassa.

Suodatusluokka	ISO ePM1 60% (F7)		
	Normaali konemitoitus	Väljä konemitoitus	
Suodatinyksikön koko	592 mm x 592 mm x 640 mm		
Suodatinpusseja		10	kpl
Suodattimia	1,5	2	kpl
Alkupainehäviö (puhdas suodatin)	45	30	Pa
Loppupainehäviö (suodatin hälytys)	225	225	Pa
Jolloin suodattimiin on kertynyt rasvaa *)	1170	1560	g
Suodattimen vaihtoväli	1,5	2	viikkoa

*) Suodattimeen kertyneen lian ja loppupainehäviön välinen yhteys perustuu erään tunnetun suodatinvalmistajan suodattimen testitulokseen.

TAULUKKO 5 | Tavanomaisen poistoilmakoneen suodattimen vaihdon tarpeen määrittely.

Tavanomaisen poistoilmakoneen suodattimen vaihtoväliksi saadaan 2-3 kertaa kuukaudessa. Tämä vastaa myös kentältä saatua palautetta suodattimen vaihdon tarpeesta rasvakeittiöiden poistoilmakoneissa.

Kun lämmöntalteenoton lämpötilasuhde oletetaan vertailtavissa ilmanvaihtoratkaisuissa yhtä suureksi, käyttökustannussäästöjä syntyy suodatinkustannusten lisäksi ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutuksessa. Alla vertailu tavanomaisen ja Retermian ilmanvaihtoratkaisun käyttökustannuksissa ammattikeittiösovelluksessa.

	Kanaviston painehäviö	LTO-patterin painehäviö	Suodattimen painehäviö keskimäärin	Ilmamäärä	Puhaltimen kokonaishyötysuhde	SFP
	Pa	Pa	Pa	m3/s	-	kW / m3/s
Retermia LTO-huippumuri	100	40		1	0,6	0,23
Tavanomainen poistoilmakone, normaali mitoitus	100	150	150	1	0,6	0,42
Tavanomainen poistoilmakone, väljä mitoitus	100	100	100	1	0,6	0,33

TAULUKKO 6 | Tavanomaisen poistoilmakoneen ja Retermia-ratkaisun poistoilmakoneen SFP-lukujen määrittely.

	Retermia poistokone	Tavanomainen poistokone, normaali mitoitus	Tavanomainen poistokone, väljä mitoitus	
Sähkön hinta	125	125	125	EUR/ MWh
Puhallinsähkön kulutus	2,0	3,7	2,9	MWh / a
Puhallinsähkön kustannus	256	456	365	EUR / a
LTOH-laitteen puhdistuksen kustannus				
Huoltokertojen lukumäärä	2			krt / a
Huollon kesto	2			h / krt
Tuntikustannus	50			EUR / h
Vuotuinen huoltokustannus	200	0	0	EUR / a
Tavanomaisen poistoilmakoneen suodatinkustannukset				
Poistoilmakoneen aukkonopeus mitoitusilmavirralla		1,70	1,30	m/s
592 x 592 koon EPM1 60% (F7)-suodattimia poistoilmakoneessa		1,5	2,0	kpl
Poistoilmasuodattimien vaihdon tarve vuodessa		35	26	krt / a
592 x 592 koon EPM1 60% (F7)-suodattimen hinta		65	65	EUR / kpl
Suodattimen vaihtokustannus, sisältää suodattimen hävityksen		15	15	EUR / vaihtokerta
Suodatinkustannukset euroissa	0	4200	4160	EUR / a
Vuotuiset käyttökustannukset				
	456	4656	4525	EUR / a
Elinkaari	20	20	20	a
Käyttökustannukset elinkaaren aikana	9110	93125	90500	EUR
Kaikki yllä esitetyt hinnat ovat arvolisäverottomia.				

TAULUKKO 7 | Tavanomaisen ja Retermia-poistoilmakoneen käyttökustannusvertailu ammattikeittiöympäristössä. Vertailussa on oletettu ilmanvaihdon olevan jatkuvasti päällä.

Taulukon 7 laskentatuloksista nähdään, että laskentaesimerkin tavanomaisen poistoilmakoneen vaihdettavat suodattimet muodostavat noin 3800 € vuotuisen käyttökustannuserän, kun poistoilman suodatinta vaihdetaan kahden viikon välein. Tavanomaisen, LTO:lla varustetun, poistoilmakoneen huoltokustannukset ovat suodatinvaihtoista johtuen 9-10 kertaa suuremmat Retermia-ratkaisuun nähden. Suuruusluokan vuoksi mainittakoon, että yllä olevissa laskentaesimerkeissä käytetyn, 1000 l/s ilmavirralla mitoitettun, poistoilmakoneen hankintahinta on suuruusluokkaa 3000...6000 EUR (+alv).

Taulukoista 2 ja 3 nähdään, että Helsingissä sijaitsevan keittiötilan tuloilman lämmitysenergian tarve ilman lämmöntalteenottoa on 105,5 MWh/a. Lämmön hinnalla 60 € / MWh ja LTO:n lämpötilasuhteen ollessa 60% (tuloilman vuosihyötysuhde tällöin 94%) tämä tarkoittaa 5944 € vuotuista säästöä lämmityskustannuksissa. Tavanomaisen poistoilmakoneen huoltokustannukset ovat siis yli 70 prosenttia saavutetusta lämmönsäästöstä. Retermia-ratkaisussa huoltokustannusten osuus lämmön säästöstä on noin 3 prosenttia.

RETERMIA 

ReTermia Oy | www.retermia.fi