



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Satu Riski

Ammattikeittiölaitteiden poistoilmamäärämitoitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.2.2019

Tekijä Otsikko	Satu Riski Ammattikeittiölaitteiden poistoilmamäärämitoitus
Sivumäärä Aika	43 sivua 15.2.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Seppo Innanen LVI-tekniikko, AMK-insinööri, Martti Pennanen
<p>Tämän insinööriyön tarkoitus on perehtyä ammattikeittiölaitteiden ilmamäärämitoitukseen, jotta vaadittavat sisäilmaolosuhteet ammattikeittiössä toteutuvat. Työssä vertaillaan eri ilmamäärämitoitustapoja kuten saksalaisen VDI-standardin mukaista laskentamenetelmää, laitteiden tehoon tai sähkötehoon perustuvaa mitoitusta sekä laitetyppeihin jaottelevaa ilmamäärämitoitusta.</p> <p>Lisäksi työssä pohditaan puuhiiliuunin huuvaratkaisuja, poistoilman tarvetta sekä poistoilman lämpötilaa. Puuhiiliuunin poistoilman lämpötila on kohtuullinen uunin luukun ollessa kiinni, mutta kun uunin luukku avataan, poistoilman lämpötila nousee yli 70 °C:seen. Tällöin on perusteltua vaatia erillistä savuhormia puuhiiliuunille, jollei käytetä poistoilman jäähdyttämiseen esimerkiksi vesisumua.</p>	
Avainsanat	huuva, ilmamäärä, puuhiiliuuni, ammattikeittiö

Author Title	Satu Riski The Required Exhaust Air Volume for Commercial Kitchen Appliances
Number of Pages Date	43 pages 15 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Seppo Innanen, Senior Lecturer Martti Pennanen, Bachelor of Engineering
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to study the required amount of exhaust air for commercial kitchen appliances in order to achieve the required indoor climate conditions in a commercial kitchen. Different computing methods were compared, such as the computational method according to the German VDI standard, calculation based on power or electrical power, and air quantity measurement for device types.</p> <p>In addition, consideration was given to the need for a canopy hood and the exhaust air volume from a charcoal furnace, and to the temperature of the exhaust air. The temperature of the exhaust air from a coal furnace is reasonable when the oven door is closed, but as a result of a heat generated by the opening of the oven door, the exhaust air temperature rises to over 70 °C. In this case, it is justified to require the use of a smoke chimney for a charcoal furnace unless, for example, water mist is used to cool the exhaust air.</p>	
Keywords	canopy hood, exhaust air volume, charcoal furnace, commercial kitchen

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ammattikeittiön sisäilmastovaatimukset	1
3	Ammattikeittiön ilmanvaihdon toteutustavat	4
3.1	Tuloilma	5
3.2	Sieppaussuihku	7
3.3	Yleispoistot	9
3.4	Kohdepoistot	10
3.4.1	Huuvan koko	11
3.4.2	Sieppausnopeus	12
3.4.3	Ilmastointikanavan mitoitus	13
4	Ammattikeittiön ilmanvaihdon kuormitustekijät	13
4.1	Lämpö- ja kosteuskuormat	13
4.2	Epäpuhtaudet ja rasva	19
4.2.1	Ruoanlaitossa syntyvät partikkelit	19
4.2.2	Rasvanerotus	20
5	Huuvan ilmamäärämitoitus ja mitoitustapojen vertailu	21
5.1	Saksalaisen ilmastointistandardin mukainen VDI-laskenta	21
5.2	Poistoilmavirran mitoitus laitteen sähkötehon perusteella	25
5.3	Huuvan poistoilmamäärän määrittäminen kokeellisesti	26
5.4	Eri mitoitustapojen vertailu	28
6	Puuhiiuunin huuvamitoitus	31
6.1	Puuhiiuunin poistoilman lämpötilan määrittäminen	33
6.1.1	Poistoilman lämpötilan asettamat vaatimukset	33
6.1.2	Poistoilman lämpötilan määrittäminen laskennallisesti	34
6.2	Puuhiiuunin huuvartekniset ratkaisut	36
6.3	Puuhiiuunin savuhormi ja huippuimuri	38
7	Yhteenveto	39

1 Johdanto

Tämä työ on tehty Awillas Oy:lle sisäiseksi ohjeeksi ammattikeittiön huuvan ilmamäärämitoitukseen. Ammattikeittiön ilmanvaihdon suunnitelmissa tulee ottaa huomioon valaistuksesta, keittölaitteista ja astianpesusta muodostuvat lämpö-, epäpuhtaus- ja kosteuskuormat, joiden poistamiseen käytetään ammattikeittiöissä tarkoitukseen soveltuvia huuvia. Huuvan poistoilman määrä määräytyy sen alle sijoitettujen laitteiden tyytin ja niiden kuormituksen mukaan.

Tässä työssä pohditaan huuvan poistoilmamäärämitoitusta erilaisilla laskentamenetelmillä, kuten saksalaisen standardin VDI-laskentamenetelmän, eri huuvatoimittajien (Jeven ja Climecon) määrittämien laitekertoimien mukaan sekä kokeellisen mitoituksen avulla. Näiden menetelmien ilmamääriä verrataan keskenään. Lisäksi tässä työssä pohditaan ammattikeittiössä yleistyneessä puuhiiligrillin poistoilmavaihdon toteutustapoja, poistoilman lämpötilaa ja ilmamääratarvetta. Puuhiiligrillin poistoilman lämpötilalle esitetään yhtälö, jonka oikeellisuutta verrataan kokeellisesti saatuihin arvoihin.

2 Ammattikeittiön sisäilmastovaatimukset

Ammattikeittiöille on annettu ohjeita ja määräyksiä sisäilmaston lämpö-, kosteus- ja äänioiloista, jotta keittiössä saavutetaan viihtyisät ja terveelliset työskentelyolosuhteet. Ammattikeittiön ilmanvaihdon määrä tulee olla sellainen, että astianpesussa ja ruoanlaitossa syntyneet epäpuhtaudet, hajut, kosteus ja lämpö saadaan poistettua työskentelyalueelta.

Ammattikeittiöitä on eri tasoisia: keskus-, valmistus-, komponentti-, kuumennus- ja jake-lukeittiöitä [1, s. 1]. Näissä eri tason keittiöissä ruoanlaitossa syntyvien epäpuhtaus- ja lämpökuomien suuruus eroaa toisistaan. Ammattikeittiöiden ilmanvaihto suunnitellaan huomioiden keittiöiden kuormitus sekä rakennushankkeeseen ryhtyvän tavoitetaso sisäilmastoluokalle.

Vuonna 2018 voimaan tullut Sisäilmastoluokitus 2018 jakaa sisäilmaston tavoitteet sisäilmastoluokkiin S1, S2 ja S3, joista S3- luokka on ilmanvaihdon vähimmäistaso. **Sisäilmastoluokassa S1** tulee olla yksilöllinen sisäilmasto, mikä tarkoittaa sitä, että keittiössä on oma ilmanvaihtojärjestelmä, jolla tilan käyttäjä hallitsee tilan lämpöoloja ja epäpuhtauslähteitä. Lisäksi tilassa vallitsee erittäin hyvät ääniolosuhteet ja valaistus on mahdollista säätää yksilöllisesti. **Sisäilmastoluokassa S2** vallitsee hyvä sisäilmasto, mikä tarkoittaa sitä, että tilassa ei ole häiritseviä hajuja, lämpöolot ovat hyvät, mutta ylikuumeneminen kesähelteellä on sallittua, epäpuhtauslähteet ovat hallinnassa ja tilassa vallitsee hyvät valaistus ja ääniolosuhteet. **Sisäilmastoluokassa S3** on tyydyttävä sisäilmasto, joka täyttää asetusten edellyttämät vaatimukset. [2, s. 5]. Kuvassa 1 esitetään huuva-toimittaja Jevenin koostama näkemys sisäilmastoluokkien eri vaatimuksista.

Rakennustiedon (RT) laatimassa ohjeessa ammattikeittiön sisäilmaston suunnitteluun on koostettu sisäilmastoluokan mukaiset ohjearvot, jotka esitetään taulukossa 1. Lämpöoloihin voidaan vaikuttaa tuloilman lämpötilalla sekä poistoilman määrällä. Ilman liikuttamista vaakasuoraan on pyrittävä välttämään vedon tunteen ja hajujen siirtymisen estämiseksi, mikä pitää ottaa huomioon tulo- ja poistopäätelaitteiden sijoittelussa. Työkentelykorkeudella vertikaalisen ilmannonopeuden tulee olla 0,25 ... 0,5 m/s riippuen vuodenaikasta ja tilan lämpötilasta. [1]

Lämmitys- ja ilmastointilaitteiden äänitason tulee olla kaikissa eri tyyppin keittiöissä maksimissaan 38 dB ja hetkellisesti sallitaan 5 dB:n ylitys. Ilmanvaihtokanavista, päätelaitteista tai huuvista ei saa aiheutua tilaan ylimääräistä meteliä. Ilmanvaihtokanavat tulee suunnitella ja mitoittaa niin, että ilmannonopeus runkokanavissa on noin 5...7 m/s. [3, s. 17.] SFS-standardissa SFS-EN 16282-5:2017 suositellaan kanavahaarojen nopeudeksi 3...4 m/s [4, s. 9].

FINVAC ry on julkaissut 30.11.2017 oppaan ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa [5]. Oppaaseen on kerätty keittiöiden ja aputilojen ohjeelliset ilmamäärät. Nämä esitetään taulukossa 2. Opas ei ota kantaa siihen, miten poistoilma hoidetaan, mutta ilmamäärät ovat suuntaa-antavia vähimmäisilmamääriä. Tarkemmat ilmamäärät tulee mitoittaa keittiölaitteiden mukaan, sillä eri keittiölaitteet tuottavat eri määrän lämpö- ja epäpuhtautekijöitä keittiötilaan.

Sk1


- Keittiö varustettava omalla ilmanvaihtojärjestelmällä.
- Erityyppiset työpisteet muodostavat omat säätövyöhykkeensä.


Sk3

- Keittiö varustettava omalla ilmanvaihtojärjestelmällä tai omalla säätövyöhykkeellä.
- Keittiö tulee ensisijaisesti varustaa omalla ilmanvaihtojärjestelmällä.

Sk2

- Keittiö varustettava omalla ilmanvaihtojärjestelmällä.
- Astianpesu- ja ruoanvalmistusosasto erotettava toisistaan erillisiksi säätövyöhykkeiksi.





Top ventilation for top chefs

Kuva 1. Sisäilmastoluokan tuomat vaatimukset keittiölle [6, s. 11].

Taulukko 1. Ruoanvalmistus- ja astianpesuosaston sisäilmaston ohjearvot eri tasoluokissa [1, s. 4].

Taulukko 2.

Ruoanvalmistus- ja astianpesuosaston sisäilmaston ohjearvot eri tasoluokissa

	Yksikkö	Luokka Sk1	Sk2	Sk3
<i>Ruoanvalmistus</i>				
Sisälämpötila talvi	°C	19...21	19...21	19...22
Sisälämpötila kesä	°C	19...23	19...25	19...28
Sisälämpötilan säädettävyys	°C	± 2	± 2	–
Sisälämpötilan hetkellinen poikkeama asetusarvosta	°C	± 2	± 3	± 4
Vertikaalinen lämpötilaero	°C/m	<2	<3	<4
Säteilyepäsymmetria	°C	<10	<20	<30
Ilman suhteellinen kosteus	%	<70	<70	<70
Ilman enimmäisnopeus	m/s	kuvan 1 mukaan		
Lämmitys- ja ilmastointilaitteiden äänitaso	dB(A)	<40	<40	<40
<i>Astianpesu</i>				
Sisälämpötila talvi	°C	18...20	18...20	18...21
Sisälämpötila kesä	°C	18...22	18...24	18...28
Sisälämpötilan säädettävyys	°C	± 2	± 2	–
Sisälämpötilan hetkellinen poikkeama asetusarvosta	°C	± 2	± 3	± 4
Vertikaalinen lämpötilaero	°C/m	<2	<2	<3
Säteilyepäsymmetria	°C	<5	<10	<15
Ilman suhteellinen kosteus	%	<70	<70	<70
Ilman enimmäisnopeus	m/s	kuvan 1 mukaan		
Lämmitys- ja ilmastointilaitteiden äänitaso	dB(A)	<40	<40	<40

Taulukko 2. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa on esitetty koontitaulukko eri keittiötyyppien ilmavirroista [5, s. 21].

Taulukko 3.13.1 Keittiöt ja niiden aputilat

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm ³ /s,hlö	Ulkoilma- virta dm ³ /s,m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s,m ²	Muita ohjeita
Keittiöt				LVI 06-10304 ¹⁾
Keskuskeittiö			15	Keskuskeittiöissä ruoka valmistetaan muualle kuljetettavaksi LVI 06-10304 ¹⁾
Valmistuskeittiö			15 dm ³ /s,m ² , koko keittiöalue 25 dm ³ /s,m ² , kuuma keittiö	Ruoka valmistetaan yleensä esikäsitellyistä raaka- aineista LVI 06-10304 ¹⁾ Mitoitus laitteiden ja niiden sijoittelun mukaisesti, ahtaissa keittiöissä suurempi arvo väljissä pienempi, lopullinen mitoitus aina laitteiden mukaan ks. myös CEN standardi ²⁾
Komponenttikeittiö			10	Ruoka valmistetaan esivalmistetuista raaka- aineista LVI 06-10304 ¹⁾
Kuumennuskeittiö			10	Ruoka kuumennetaan einesvalmisteista, pakasteista tai keskuskeittiön tuotteista LVI 06-10304 ¹⁾
Jakelukeittiö esim. sairaalan osastokeittiö			5	Jakaa muualta tulleen lämpimän tai kylmän ruoan LVI 06-10304 ¹⁾
Kahviokeittiö			3	Kuitenkin vähintään 30 dm ³ /s,keittiö
Astianpesutila			10	
Ruoka-aineiden esikäsitely		2-4	2-4	Ruoka-aineesta riippuen
Kuivavarasto			0,5	
Kylmävarastot >4 m ²			0,35	
Jätehuone			5	
Jäähdytetty jätehuone			2	

1) LVI 06-10304 Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

2) EN 16282-1:2016 CEN/TC 156 Equipment for commercial kitchens — Components for ventilation in commercial kitchens — Part 1: General requirements including calculation method

3 Ammattikeittiön ilmanvaihdon toteutustavat

Ammattikeittiölaitteet tuottavat keittiöön lämpöä, epäpuhtauksia, hajuja ja vesihöyryä, jotka pitää poistaa, jotta keittiön työskentely- ja hygieniaoletukset pysyvät hyvinä.

Keittiön sisäilmastoa hallitaan tuloilmalla sekä yleis- ja kohdepoistoilla. Tuloilman osuus on 85–90 % poistoilman määrästä, jotta keittiötila on alipaineinen muihin tiloihin nähden. Kuitenkin tilakokonaisuus pyritään suunnittelemaan tasapainoon, jolloin yleensä ruokasalin puolelle tuodaan tuloilmaa ammattikeittiön poistoilman kompensoimiseksi, mistä

tulee sopia erikseen viranomaisen kanssa, sillä keittiö- ja asiakastilojen ilmanvaihdon tulee olla erikseen säädettävissä.

3.1 Tuloilma

Tuloilma pyritään tuomaan keittiöön niin, ettei siitä aiheudu vetoa tai se ei aiheuta voimakkaita virtauksia tilassa. Yleensä pyritään käyttämään syrjäyttävää ilmanjakoa, jossa jäähdytetty tuloilma tuodaan tilaan alhaisella nopeudella. Tällöin raikas hieman viileä tuloilma laskeutuu työskentelyalueella, ja lämmin, likainen poistoilma nousee ylös kohti poistolaitteita.

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tuloilma tuodaan joko kattoon tai seinälle sijoitettujen piennopeuslaitteiden avulla tai huuvan etureunasta puhaltamalla kuten kuvassa 5 esitetään. Viileämmällä tuloilmalla on selkeä virtaussuunta oleskelupaikalle, jolloin likainen ja lämmin ilma ei sekoitu ympäröivään huoneilmaan, vaan poistuu eri poistojen kautta oleskelualueelta.

Sekoittavassa ilmanvaihdossa (kuva 3) tuloilma sekoittuu huonetilaan, jolloin keittiötilassa vallitsee periaatteessa sama lämpötila kaikkialla. Kun tuloilma sekoittuu lämpimään huoneilmaan, ilmanvaihdon tulee olla 1,2-kertainen syrjäyttävään ilmamäärän nähden [7, s. 515], jotta kaikki epäpuhtaudet saadaan poistettua työskentelyalueelta.



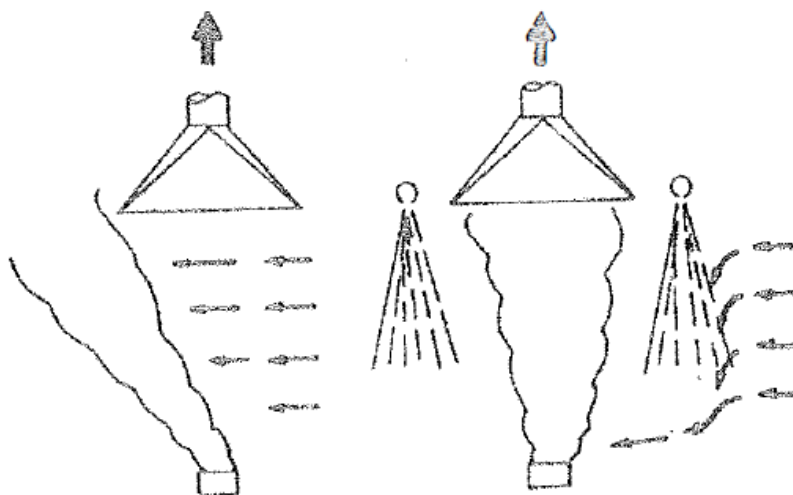
Kuva 2. Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tuloilma tuodaan alhaisella nopeudella huonetilaan. Kuva Haltonin Kitchen Design -oppaasta [8].



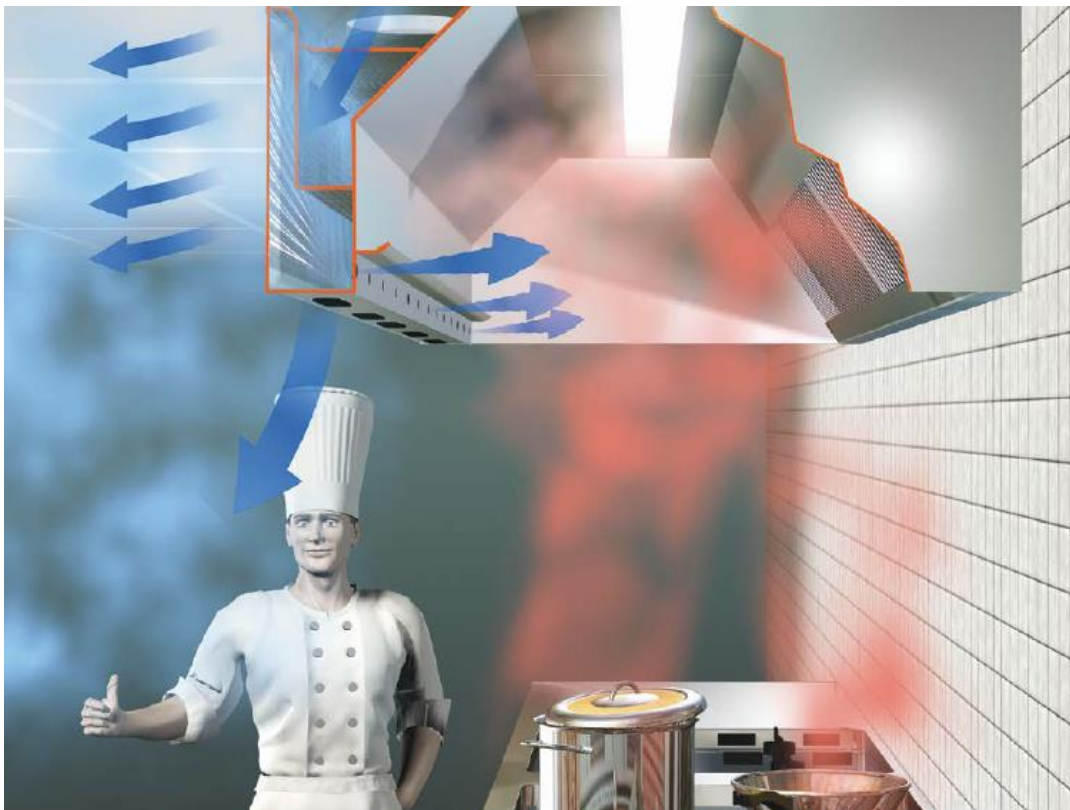
Kuva 3. Sekoittavassa ilmanvaihdossa tuloilma sekoittuu huoneilmaan. Kuva Haltonin Kitchen Design -oppaasta [8].

3.2 Sieppaussuihku

Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tuloilma ja lämmin, likainen poistoilma halutaan pitää erillään. Keittölaitteista muodostuvat epäpuhtaudet ja höyryt saadaan ohjattua poistoilma-kanavaan, kun tuloilmaa suihkutetaan alaspäin huuvan molemmin puolin, kuten kuvassa 4 esitetään. Tällöin poistoilma ohjautuu poistolaitteeseen eikä sekoitu ympäröivään keittiötilaan. Sieppaussuihkulla voidaan alentaa poistoilman määrää 36 % Ilmastointilaitoksen mitoitus -kirjan mukaan [7, s. 515]. Keskilattiahuuvassa ilmasuihku tulee tuoda molemmin puolille huuvausta, jotta ilmasuihku ei työnnä poistoilmaa ohi huuvan.



Kuva 4. Kohdepoiston tehostaminen ilmasuihkulla molemmin puolin huuvausta [9, s. 73].



Kuva 5. Syrjäyttävässä ilmanvaihdossa tuloilma tuodaan huuvan reunasta, otsapintaan tuodaan ilmasuihku ilmaverhoksi, jolloin poistoilma ohjautuu huuvaan. Kuva Haltonin Kitchen Design -oppaasta [8].

Nykyään ruoanvalmistus halutaan tuoda asiakkaiden nähtäville, mikä tuo haasteen ilmanhallintaan. Ruoanlaitossa syntyneet käryt tulee poistaa ilman, että asiakas tuntee vetoa tai ruoanlaittopisteen välillä on tarjoilun estäviä väliseiniä. Ilmaseinän muodostaminen on näissä tapauksissa ainoa mahdollinen ratkaisu. Ilmaseinä voidaan muodostaa myös alhaaltapäin puhallettavalla sieppaussuihkulla. Kuvassa 6 esitetään Haltonin valikoimissa oleva alhaaltapäin puhaltava ilmaseinä. Näitä käytetään esimerkiksi tarjoilulinjan ja valmistuspisteen välillä. Alhaaltapäin puhaltava ilmasuihku ohjaa ilman ylöspäin kohti huuva. Tehokkain tapa ilmaseinän muodostamiselle on käyttää sekä alhaalta että ylhäältä päin puhaltavia ilmasuihkuja.

Ruoanvalmistuspisteen ollessa ruokailutilassa, mutta kuitenkin niin, että ruoka tarjoillaan muuta kautta, on tehokkainta käyttää käryjen ohjaamiseen esimerkiksi läpinäkyvää 500 mm korkeaa ohjurilevyä, joka on ylösastaan taivutettu 150 mm matkalta 30°...45°:n kulmaan.



Kuva 6. Alhaaltapäin puhaltava ilmasuihku. Kuva Haltonin kotisivuilta. [10]

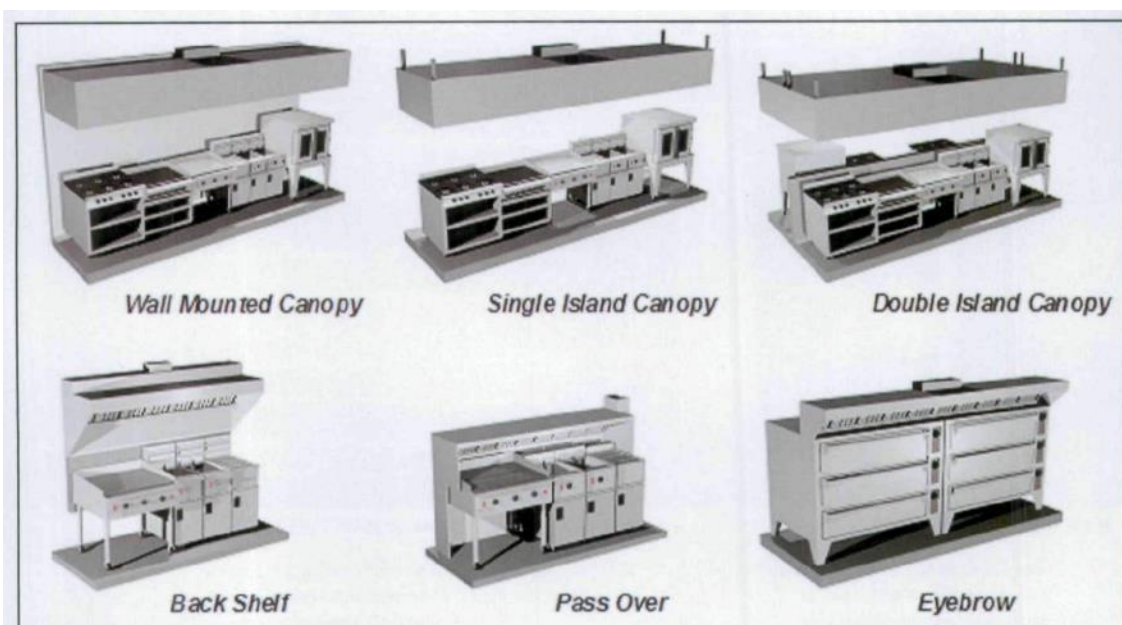
3.3 Yleispoistot

Suurin osa poistoilmasta poistuu erilaisten kohdepoistojen kautta keittiötilassa, mutta tämän lisäksi keittiössä tulee olla yleispoistoja esimerkiksi käytävillä, varastoissa ja niiden laitteiden lähetyvillä, joilla ei varsinaisesti ole huuvan tarvetta. Myös yli 4 m²:n kylmävarastoissa tulee olla poistoilmalaite, koska kylmiössä säilytettävät vihannekset ja hedelmät tuottavat kypsyessään kaasuja, jotka pitää poistaa tuotteiden hyvänä säilyttämiseksi. Yleispoistot sijoitetaan niin, että keittiössä ei synny vaakasuuntaisia konvektiovirtauksia. Keittiön yleispoisto on yleensä 10 % keittiön kokonaispoistoilmamäärästä. [6]

Lisäksi ammattikeittiöiden ilmanvaihto suunnitellaan noin 10–20 % alipaineiseksi muihin tiloihin nähden, jotta keittiössä syntyvä epäpuhdas ilma ei kulkeudu muihin tiloihin [11].

3.4 Kohdepoistot

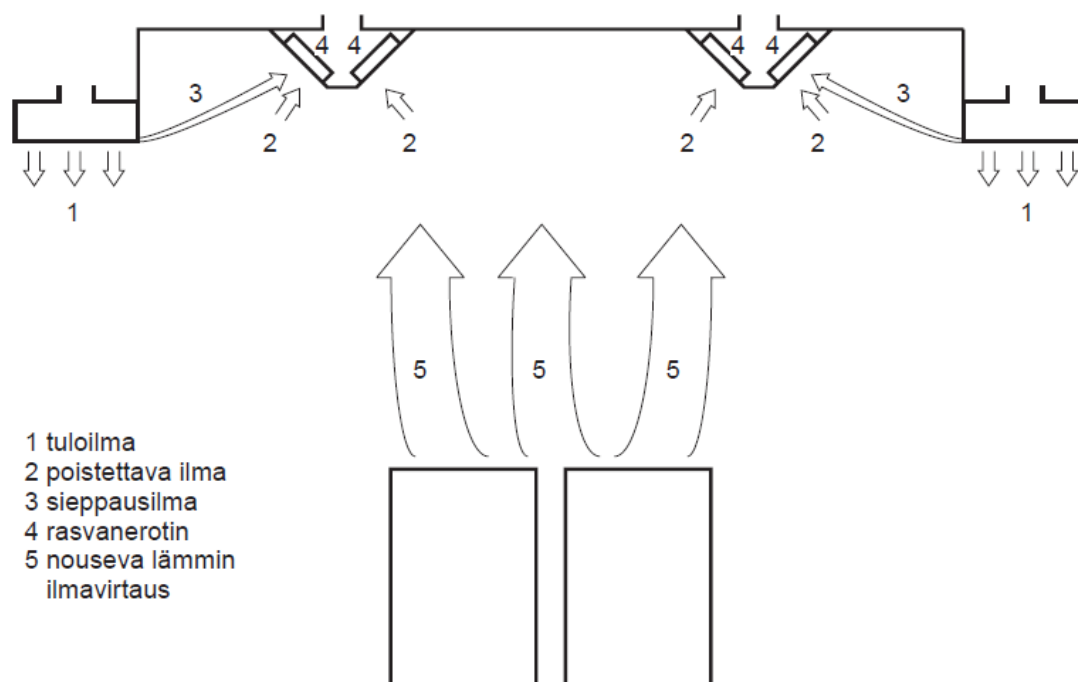
Kohdepoiston tarkoitus on poistaa lämpö, kosteus ja epäpuhtaus niiden muodostumispaikalla. Kohdepoistoja on kahta eri luokkaa: tyyppin 1 huuvut on tarkoitettu sekä savun että rasvojen poistoon ja tyyppin 2 huuvut on tarkoitettu lähinnä kondenssiveden poistoon. Ammattikeittiö suunnitellaan aina ensi sijaisesta toiminnalliselta kannalta, jolloin huuvut tulee suunnitella keittiölaitteiden sijoittelun ehdoilla. Huuvien tyyppi ja ilmamäärämitoitus vaihtelee keittiölaitteiden mukaan. Seinän viereen asennetun huuvan poistoilmamäärätarve on pienempi kuin keskilattiahuuvan poistoilmamäärätarpeen. Seinän vierelle asennetun huuvan poistoilman ohjaaminen poistokanavaan on helpompaa, sillä ilma ei lähde karkuun huuvan toiselta puolelta. Kuvassa 7 on esitetty erilaisia huuvatyyppejä. 'Eyebrow'-huuvaa eli höyrykupua käytetään uunien päällä, johon luukun avaamisessa syntyvä höyry saadaan kaapattua.



Kuva 7. Erilaisia kohdepoistoratkaisuja [12].

Ilmastointikatto eroaa kohdepoistoista siten, että siinä tuloilma tuodaan käytäville. Lämpö- ja epäpuhtauskuormat nousevat ylöspäin, jossa katossa olevien poistoilmalaitteiden kautta haitalliset epäpuhtaudet ja lämpökuormat siirtyvät pois keittiötilasta, kuten

kuvassa 8 esitetään. Yleensä ilmastointikatto-ratkaisu on kalliimpi, ja sitä käytetään useimmiten vain suurissa valmistuskeittiössä.



Kuva 8. Ilmastointikaton toimintaperiaate [1, s. 8].

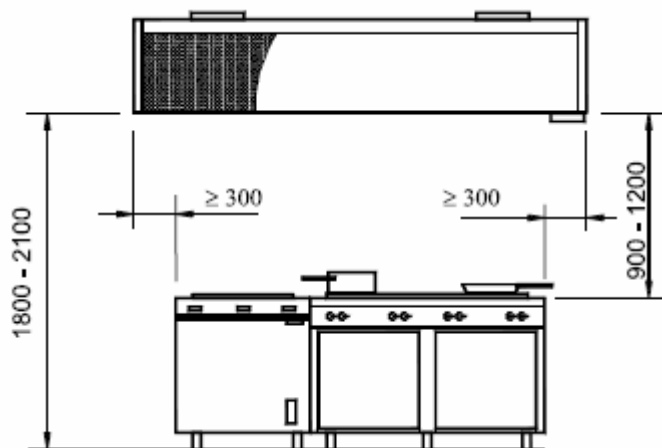
3.4.1 Huuvan koko

Huuvan koon määrittämisessä tulee huomioida se, että ylösnousevaan höyryyn eli konvektiopilveen eli pluumiin indusoituu ympäriltä lisää ilmaa, jolloin pilven leveys kasvaa. Ovellisilla keittölaitteilla konvektiopilvi muodostuu oviluukun kohdalle, jolloin oviaukosta nouseva konvektiopilvi tulee saada mahtumaan huuvan alle. [7, s. 284]

Huuvan ylitys laitteesta eli epäpuhtauslähteestä tulee olla 0,4-kertainen epäpuhtauslähteen etäisyyteen nähden poistoilmalaitteesta [14]. Nyrkkisääntö on, että huuvan ylitys on 300...400 mm laitteen tai oven reunasta mitattuna, kun huuvan toinen reuna on kiinni seinässä. Huuvan ylitystä voidaan pienentää ohjaamalla poistoilmaa sieppausilmalla.

Sieppausilma muodostaa huuvan reunaan alaspäin puhaltavan ilmaseinämän, mikä estää ilmapilveä leviämästä huuvan ulkopuolelle.

Huuva asennetaan yleensä 2 100 mm lattiasta, jotta työntekijöiden ei tarvitse varoa huuva. Kupukoneen kondenssihuuva tulee asentaa niin korkealle, että kupukoneen luukun saa kokonaan avattua.



Kuva 9. Huuvan koko ja reunaylistys. Kuva Halton Kitchen Design -kirjasta. [8]

Standardissa SFS-EN 16282-2:2016 annetaan ohjeita huuvan asennusetaisyysille. Keittiölaitteiden suurin etäisyys huuvan alareunasta on 1 200 mm. Paloturvallisuuden takia minimietäisyys on 450 mm suodattimen ja laitteen välillä. [13, s. 9]

3.4.2 Sieppausnopeus

Keittiölaitteissa syntyvässä höyryssä on mukana yleensä rasvaa ja epäpuhtauksia kiinteinä pieninä hiukkasina. Jotta rasvahiukkaset saadaan talteen, tulee huuvan otsapinta-nopeuden olla 0,25–0,5 m/s riippuen laitteen epäpuhtauskuormituksesta [9, s. 48].

SFS-EN 16282-1:2017 -standardin [14] mukaan kevyessä laitekuormituksessa sieppausnopeuden tulee olla 0,15 m/s, keskiraskaassa 0,225 m/s ja raskaassa kuormituksessa 0,3 m/s. Tämä yleensä toteutuu, ja lämmön- ja kosteuskuorman poistaminen määrittelee poistoilmamäärän.

3.4.3 Ilmastointikanavan mitoitus

Poistokanavan koko mitoitetaan niin, että ilmannoisuus on maksimissaan 9 m/s [8, s. 47]. Ilmamäärän kasvaessa kanavaäänit voimistuvat. Keittiössä äänitaso saa olla jatkuvana maksimissaan 38 dB. Ilman nopeuden kasvaessa painehäviö kasvaa, mikä tulee huomioida poistoilmakoneen puhaltimen kapasiteetissa.

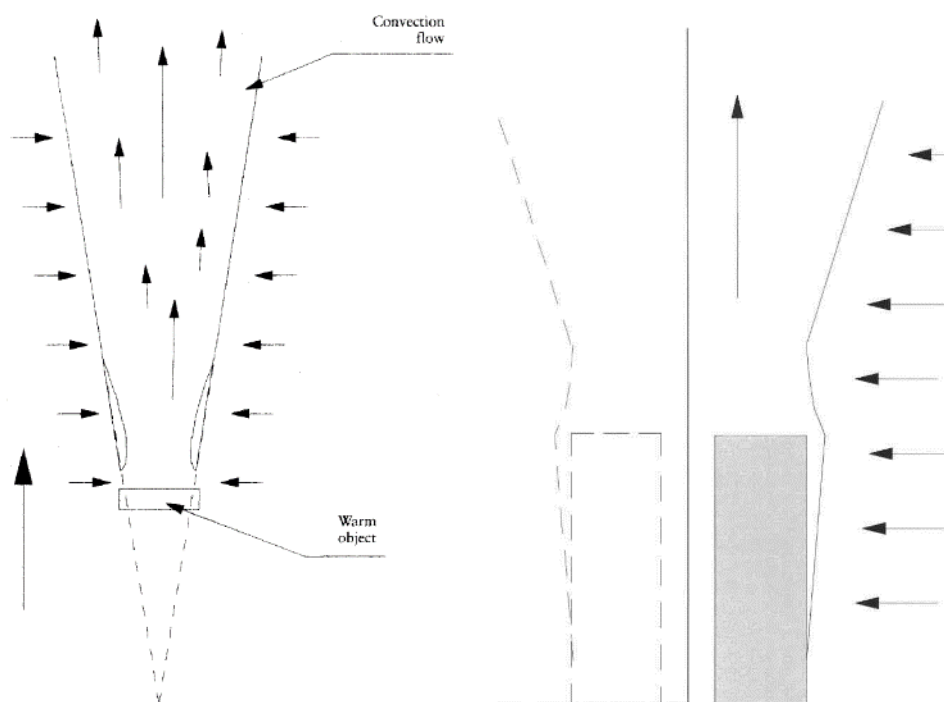
Ammattikeittiöt RT 94-11254 -kortissa [3, s. 17] suositellaan, että tuloilman kanavanopeus on maksimissaan 7 m/s. Kanavamitoituksessa on kuitenkin tavoite, että nopeus on hieman alle 5 m/s.

4 Ammattikeittiön ilmanvaihdon kuormitustekijät

4.1 Lämpö- ja kosteuskuormat

Lämpö siirtyy ympäristöön johtumalla, säteilemällä ja konvektiolla. Johtumalla ja säteilemällä siirtyvää lämpöä ei ilmanvaihdolla voida poistaa, vaan näihin voidaan vaikuttaa valitsemalla sellaiset keittiölaitteet, jotka siirtävät energian tehokkaasti ruokaan eivätkä lämmitä ympäristöä. Vältettäviä keittiölaitteita LVI 06-10304 -kortin [1, s. 2] mukaan ovat paistinpannut, valurautaiset liedet ja parilat, kun taas suositeltavaa on käyttää induktiolieksiä, joissa lämpö siirtyy suoraan astiaan.

Keittiölaitteen lämpökuorma muodostuu pääasiassa konvektiivisesta lämmöstä, jossa ruoanlaiton yhteydessä syntyvät kuuma höyry ja ilma nousevat ylöspäin ja syrjäyttävät ympäröivän viileämmän ilman, joka pyrkii alaspäin. Ilmavirta joutuu pyörremäiseen liikkeeseen. Kun kuuma ilma nousee ylöspäin, siihen sekoittuu ilmaa ympäristöstä, jolloin ilmamäärä konvektiovirtauksessa kasvaa ylöspäin mentäessä. Tätä lämmönlähteiden aiheuttamaa konvektiovirtausta kutsutaan pluumiksi; tätä termiä käytetään monissa tutkimuksissa. Poistoilmakanavaan kulkeutuvan ilman lämpötila koostuu laitteesta syntyvästä lämmöstä sekä huoneilman lämmöstä, jolloin ilmavirran lämpötila kanavassa on sekoittuvien ilmamassojen lämpötila.



Kuva 10. Lämpimän objektin aiheuttama konvektiovirtaus [14, s. 519, 529, Figure 7.59,7.69].

Erityisesti höyryuunit, keittopadat ja astianpesukoneet tuottavat runsaasti vesihöyryä. Litra vettä tuottaa noin kuution vesihöyryä, mikä on hyvä muistaa poistoilmantarvetta mitoitettaessa.

Laitteiden tuottama konvektiivinen lämpö poistetaan työskentelypaikalta poistoilmavirran avulla. Huuvan ilmamäärälaskelmissa, kuten saksalaisen standardin mukaisessa VDI-ilmamäärämitoitustulokselmassa käytetään laitteen konvektiivista lämpökuormaa, kun taas huuvalaitetoimittajien ilmamäärämitoitustulokselmissa (Climecon, Jeven) ilmamäärä lasketaan suoraan laitteen sähkötehosta.

Suomen standardoimisliitto SFS standardissa SFS-EN 16282-1:2017 [15] esitetään saksalaisen VDI-standardin konvektiivisen lämmön laskentakaava tuntuvasta lämmöstä. Yhtälössä 1 laitteen sähköteho kerrotaan valmistajan ilmoittamalla tuntuvaan lämmön kertoimella ja nämä kerrotaan kokeellisella kertoimella 0,5. Kertoimena voidaan käyttää muutakin oikeaksi havaittua arvoa. Näin laskettua tuntuvaa lämpökuormaa voidaan käyttää esimerkiksi saksalaisen standardin mukaisessa VDI-ilmamäärälaskennassa.

$$\dot{Q}_{S,K} = P \cdot \dot{Q}_S \cdot 0,5 \quad (1)$$

$\dot{Q}_{S,K}$	on konvektiivinen lämpökuorma, [kW]
\dot{Q}_S	on tuntuva lämpökuorman kerroin, [W/kW]
P	on laitteen sähköteho, [kW]
0,5	on kokeellinen kerroin, joka voidaan selvittää kokeellisesti, [-]

Tuntuva lämpökuorma on sama kuin laitteen kuivalämpökuorma. Taulukossa 3 esitetään yleisimpien keittiölaitteiden lämpö- ja kosteuskuormituksia.

Taulukko 3. Sähkö-, höyry- ja kaasukäyttöisten keittiölaitteiden keittiötilaan aiheuttamat lämpö- ja kosteuskuormat normaalikäytössä (VDI 2052, 1999) [1, s. 3].

Laite	Sähkö- ja höyrykäyttöiset laitteet				Kaasukäyttöiset laitteet			
	Lämpökuorma yhteensä W/kW	Kuiva lämpökuorma W/kW	Kosteaa lämpökuorma W/kW	Kosteuskuorma g/h/kW	Lämpökuorma yhteensä W/kW	Kuiva lämpökuorma W/kW	Kosteaa lämpökuorma W/kW	Kosteuskuorma g/h/kW
<i>Keittolaitteet</i>								
keittopata	235	35	200	294	400	100	300	441
painekeittopata	50	40	10	15	–	–	–	–
painekeittokaappi	225	25	200	294	–	–	–	–
höyrykeittokaappi	300	120	180	265	330	150	180	265
<i>Paistolaitteet</i>								
paistinpannu	850	450	400	588	900	450	450	630
tasoparila	730	330	400	588	750	350	400	588
salamanteri	875	700	175	257	920	720	200	294
paistin- ja leivinuuni	510	350	160	235	550	350	200	294
kiertoilmauuni	220	70	150	220	250	100	150	220
paisto- ja grillilaitte (pienlaite)	480	250	230	338	–	–	–	–
kastikeautomaatti	310	150	160	235	–	–	–	–
rasvakeitin	790	90	700	1030	790	90	700	1030
automaattinen rasvakeitin	600	50	550	808	–	–	–	–
automaattinen rasvakeitin (integroitu poistoilma)	150	50	100	147	–	–	–	–
<i>Muut laitteet</i>								
liesi (valurauta/avoin)	280	200	80	118	350	250	100	147
liesi (keraaminen/keraaminen)	280	200	80	118	280	160	80	118
liesi (induktio/hehku)	100	70	30	41	420	300	120	176
mikroaaltouuni	60	50	10	15	–	–	–	–
vesihaude	325	125	200	294	415	195	220	323
lämpöviirini ja -kaappi	350	350	–	–	350	350	–	–
kylmäkaluste (ilman keskus-kylmälaiteistoa)	700	700	–	–	–	–	–	–
esikäsitteilylaite	175	175	–	–	–	–	–	–
kuljetusvaunu	1000	1000	–	–	–	–	–	–
<i>Jakelulaitteet</i>								
lämmitetty jakelulaite	325	125	200	–	–	–	–	–
jäähdytetty jakelulaite	700	700	–	–	–	–	–	–
lautasjakelin	300	300	–	–	–	–	–	–
juomanjakeluasema	300	100	200	–	–	–	–	–
<i>Astianpesukoneet</i>								
yksitankkikone	440	290	150	220	–	–	–	–
kaksitankkikone	460	310	150	220	–	–	–	–
tunnelikone (LTO)	420	330	90	130	–	–	–	–

Keittiölaitteen kuluttama energia siirtyy ruokaan, poistoilmaan ja keittiötilaan tuntuvaksi lämmöksi. Keittiölaitteen tuntuva lämpökuorma määritetään ASHRAEssa esitetyn artikkelin [16] mukaan vähentämällä laitteen energiankulutuksesta ruokaan ja ilmanvaihtoon siirtyvä energia (yhtälö 2).

$$\dot{Q}_{S,K} = P_L - \dot{Q}_{RUOKA} - \dot{Q}_{POISTOILMA} \quad (2)$$

$\dot{Q}_{S,K}$	on konvektiivinen lämpökuorma, [kW]
P_L	on laitteen ottoteho, [kW]
\dot{Q}_{RUOKA}	on ruokaan siirtyvä teho, [kW]
$\dot{Q}_{POISTOILMA}$	on poistoilmaan siirtyvä teho, [kW]

Amarnath Singhin ym. artikkelissa [16] määritettiin tuntuva lämpö myös kertoimien avulla, joita käyttämällä tuntuva lämpökuorma voidaan määrittää laitteen sähkötehon avulla. Laitteen sähköteho kerrotaan kertoimella F_L , joka on tuntevan lämmön osuuden suhde valmistajan ilmoittamaan tehoon (yhtälö 3). F_L taas voidaan määrittää kertomalla laitteen hyötysuhde (F_U) laitteen lämmöntuoton ja energiankulutukseen (F_R) suhteella (yhtälö 4).

$$\dot{Q}_{S,K} = P_L \cdot F_L \quad (3)$$

$$F_L = F_U \cdot F_R \quad (4)$$

F_L	on laitteen valmistajan ilmoittava tuntevan lämmön suhde laitteen tehoon, [-]
F_U	on laitteen ottotehon suhde laitteen ilmoitettuun tehoon, [-]
F_R	on lämmön tuotto suhteessa laitteen energiankulutukseen, [-]

Laitteen tuntuva lämpökuorma voidaan arvioida olevan keskimääräisesti sähkölaitteilla noin 33 % ja kaasukäyttöisillä laitteilla noin 44 % laitteen valmistajan ilmoittamasta tehosta, mutta kuvista 11 ja 12 nähdään, että eri keittiölaitteilla on hyvin erilaiset kertoimet ja oheisella laskentatavalla saadaan vain suuntaa antava laitteen lämpökuorma selville. Näitä tuloksia voidaan käyttää vain suuntaa-antavina tuntevan lämmön tehon määrittämisessä, kun laitteelle ei ole määritetty kokeellisesti tuntuvaa lämpökuormaa.

Vuonna 2016 Science and Technology for the Built Environment -lehdessä julkaistiin Meng Kongin ym. laatima artikkeli [17], jossa he tutkivat 20 eri kaupallisen keittiölaitteen rasvan muodostusta ja lämpökuormaa. Kuvassa 11 esitetään tutkimuksessa mitatut lämpökuormat tutkituille keittiölaitteille.

Heat Gain Factors for Electric Appliances Under Wall-Canopy Hoods

Appliance Type	Rated Input kBtu/h (kW)	Average Energy Rate kBtu/h (kW)	F_U	F_R	F_L	NEW Heat Gain ¹ kBtu/h (kW) ASHRAE 1997	OLD Table 6 kBtu/h (kW) ASHRAE 1993	OLD Table 8 kBtu/h (kW) ASHRAE 1993
3-ft Griddle at 375°F 191°C	58.4 kBtu/h (17.1 kW)	9.4 kBtu/h (2.8 kW)	0.16	0.45	0.072	4.2 (1.2 kW)	2.3 (0.7 kW)	2.1 (0.6 kW)
Open Deep-Fat Fryer (50-lb) at 350°F, 177°C	47.8 kBtu/h (14 kW)	2.8 kBtu/h (0.8 kW)	0.06	0.43	0.026	1.2 (0.4 kW)	0.8 (0.2 kW)	0.7 (0.2 kW)
Full-Size Convection Oven at 350°F, 177°C	41.3 kBtu/h (12.1 kW)	17.5 kBtu/h ² (5.1 kW)	0.42	0.17	0.07	2.9 ² (0.8 kW)	1.7 (0.5 kW)	1.8 (0.5 kW)
4-ft Underfired Broiler at 600°F, 316°C	45.1 kBtu/h (14.4 kW)	37.3 kBtu/h (10.9 kW)	0.83	0.29	0.24	11.0 (3.2 kW)	4.0 (1.2 kW)	2.5 (0.7 kW)
Range Top 6-Elements at 1/3 Input	41 kBtu/h (12 kW)	13.8 kBtu/h (4.0 kW)	0.34	0.46	0.16	6.3 (1.8 kW)	15.2 (4.5 kW)	8.0 (2.3 kW)

1. Based on interlaboratory application (Fisher 1996) of the ASTM Standard Test Method for Performance of Commercial Kitchen Ventilation Systems (ASTM 1996).
2. Average energy consumption and heat gain values were based on appliance usage scenario comprising 50% idle and 50% full-load cooking.

TABLE 2
Heat Gain Factors for Gas Appliances Under Wall-Canopy Hoods

Appliance Type	Rated Input kBtu/h (kW)	Average Energy Rate kBtu/h (kW)	F_U	F_R	F_L	NEW Heat Gain ¹ kBtu/h (kW) ASHRAE 1997	OLD Table 6 kBtu/h (kW) ASHRAE 1993	OLD Table 8 kBtu/h (kW) ASHRAE 1993
3-ft Griddle at 375°F 191°C	75 kBtu/h (22.0 kW)	18.8 kBtu/h (5.5 kW)	0.25	0.25	0.062	4.7 (1.4 kW)	1.9 (0.6 kW)	2.8 (0.8 kW)
Open Deep-Fat Fryer (50-lb) at 350°F, 177°C	80 kBtu/h (23.4 kW)	5.5 kBtu/h (1.6 kW)	0.07	0.35	0.02	1.9 (0.6 kW)	4.5 (1.3 kW)	8.0 (2.3 kW)
Full-Size Convection Oven at 350°F, 177°C	70 kBtu/h (20.5 kW)	29.1 kBtu/h ² (8.5 kW)	0.42	0.2	0.08	5.7 ² (1.7 kW)	1.8 (0.5 kW)	2.6 (0.8 kW)
Underfired Broiler (4-ft Charbroiler) at 600°F, 316°C	144 kBtu/h (42.2 kW)	89.3 kBtu/h (26.2 kW)	0.62	0.18	0.11	15.0 (4.4 kW)	7.2 (2.1 kW)	6.3 (1.8 kW)
Range Top 6-Burners at 1/3 Input	120 kBtu/h (35.2 kW)	40 kBtu/h (11.7 kW)	0.34	0.17	0.06	6.7 (2.0 kW)	N/A	19.8 (5.8 kW)

1. Based on interlaboratory application (Fisher 1996) of the ASTM Standard Test Method for Performance of Commercial Kitchen Ventilation Systems (ASTM 1996).
2. Average energy consumption and heat gain values were based on appliance usage scenario comprising 50% idle and 50% full-load cooking.

Kuva 11. Tuntuvan lämmön määrittäminen laitteen tehon ja kertoimien avulla. [17]

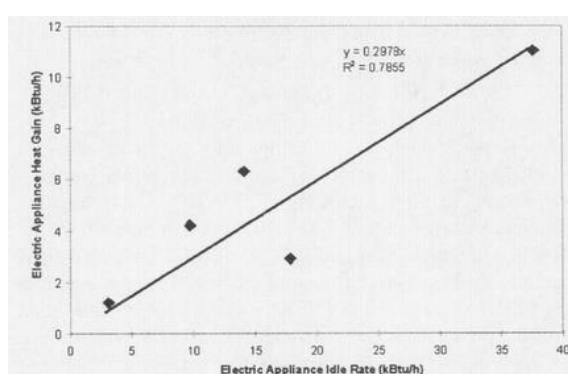


Figure 4 Electric appliance heat gain vs. "idle" energy consumption rate (representative $F_R = 0.30$).

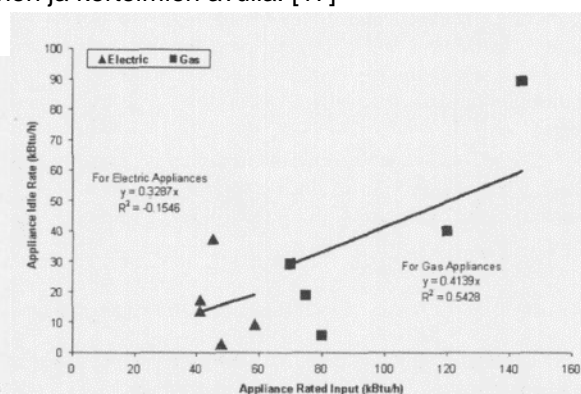


Figure 6 Electric and gas appliance idle energy vs. nameplate input (slopes represent F_U , R^2 value illustrates the lack of correlation between appliance idle energy and appliance input).

Kuva 12. Sähkö- ja kaasulaitteen lämpökuorman riippuvuus tehosta [16, s. 953].

Table 2. Recommended rates of radiant and convective heat gain from unhooded electric appliances during idle (ready-to-cook) conditions (to be recommended as update of Table 5A, chapter 18 in ASHRAE Handbook of Fundamentals, SI).

Appliance	Energy rate, W		Rate of heat gain, W				Usage factor F_U	Radiation factor F_R
	Rated	Standby	Sensible radiant	Sensible convective	Latent	Total		
Cheesemelter	2400	976	443	533	0	976	0.41	0.45
Egg cooker	2380	249	65	184	0	249	0.10	0.26
Fryer, countertop, open deep fryer	4600	431	202	229	0	431	0.09	0.47
Griddle, countertop	8000	1771	848	923	0	1771	0.22	0.48
Hot dog roller	1600	1240	267	973	0	1240	0.77	0.22
Hot plate: single burner	1100	982	314	668	0	982	0.89	0.32
Induction, countertop	5000	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Oven, conveyor (<6 kW)	5000	3932	718	3214	0	3932	0.79	0.18
Oven: microwave	1700	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Oven: rapid cook	5700	1141	96	1045	0	1141	0.20	0.08
Panini grill	1800	673	195	478	0	673	0.37	0.29
Popcorn popper	850	115	28	87	0	115	0.14	0.24
Rice cooker	1550	82	14	68	0	82	0.05	0.17
Soup warmer	800	390	0	53	337	390	0.49	0.00
Steamer (bun)	1500	200	32	168	0	200	0.13	0.16
Steamer, countertop	8300	344	0	248	96	344	0.04	0.00
Toaster, conveyor	1745	1702	358	1344	0	1702	0.98	0.21
Toaster, vertical	2600	759	180	579	0	759	0.29	0.24
Tortilla grill	2200	1034	254	780	0	1034	0.47	0.25
Waffle maker	2700	267	60	207	0	267	0.10	0.22

Kuva 13. Lämpökuorma 20 kaupalliselle keittiölaitteelle [17, s. 856].

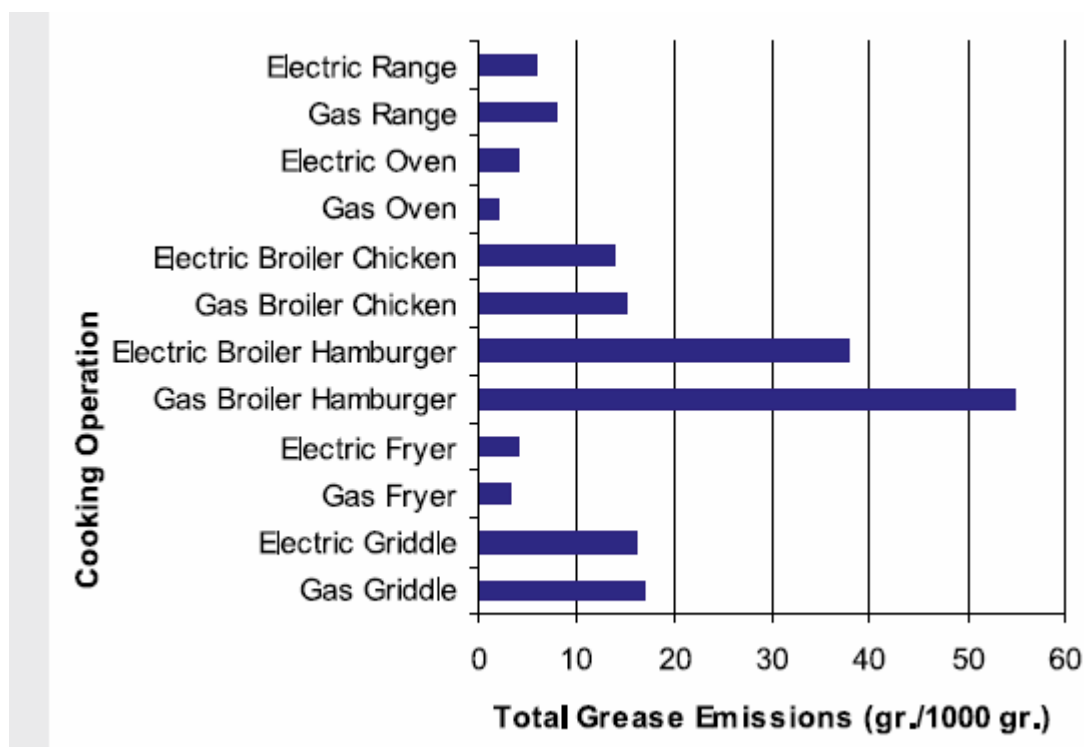
4.2 Epäpuhtaudet ja rasva

4.2.1 Ruoanlaitossa syntyvät partikkelit

Ruoanlaitossa syntyy erilaisia epäpuhtauksia, jotka voivat olla terveydelle vaarallisia. Syntyviä yhdisteitä ovat erilaiset PAH-, VOC-yhdisteet, pienpartikkelit (PM) sekä rasva, jota esiintyy poistoilmassa sekä pieninä partikkeleina että haihtuneina yhdisteinä. Asiaa ovat tutkineet Amarnath Singh ym., jotka selvittivät ruoanlaitossa syntyvien partikkelien koostumuksen ja tutkivat niiden vaikutusta työntekijöiden terveyteen [18].

Meng Kongin ym. [17] artikkelissa, jossa he tutkivat rasvanpartikkelien ja -kaasun muodostusta 20 eri kaupallisella keittiölaitteella, rasvapartikkelien määrä oli 0,12...8,27 mg/m³, kun poistoilmamäärä oli 0,24 m³/s. Tutkituista laitteista vain kolmessa (hot plate range, rapid cook oven ja hot dog roller) rasvapartikkelien määrä oli yli 5 mg/m³.

Haltonin Kitchen Guide -oppaassa [8] esitetään kokonaisrasvanpäästöt eri laitteilla. Kuvasta huomataan, että eri laitteilla on hyvin suuri vaihtelu rasvan tuoton määrässä.



Kuva 14. Kokonaisrasvapäästöt laiteluokan mukaan Haltonin Kitchen Design Guide -oppaasta [8].

4.2.2 Rasvanerotus

Rasvasuodattimen tarkoitus on sekä poistaa tehokkaasti rasvaa poistoilmavirrasta, jotta kanavat pysyvät mahdollisimman puhtaana, että estää palon leviäminen poistoilmakanavaan [8, s. 14]. Rasvasuodattimia on eri tyyppisiä mekaanisia erottimia, joissa erilaisilla pyörreteknikoilla tai suodatuksen avulla saadaan rasva erottumaan poistoilmavirrasta. Rasva kerätään ja poistetaan suodattimista manuaalisesti. Thomas Kuehnin ym. [19] tutkimusten mukaan rasvasuodattimet poistavat lähes kaikki ruoanlaitossa syntyvät hiukkaset, sillä hiukkaset jäävät rasvan ohella rasvasuodattimiin, eikä epäpuhtauksia havaittu ilmanvaihtokanavissa.

Rasvanerottimien jälkeen poistoilmaan jäänyt kaasumainen rasva voidaan hajottaa kemiallisesti otsonin (O₃) tai UV-valolla vedeksi ja hiilidioksidiksi, jolloin poistokanavaan päätyy hyvin vähän rasvaa.

Rasvasuodattimet ja niiden sijainti tulee suunnitella niin, että niiden puhdistaminen on mahdollisimman helppoa työntekijöille. Valmistuskeittiöissä rasvasuodattimet joudutaan puhdistamaan lähes päivittäin, kun taas kuumennuskeittiöissä ruoanlaitossa syntyvän rasvan määrä on vähäisempi ja suodattimien puhdistustarvekin on vähäisempi.

5 Huuvan ilmamäärämitoitus ja mitoitustapojen vertailu

Ruoanlaitossa muodostuvan konvektiivisen lämmön poisjohtamiseen tarvittavan ilmavirran laskemiseksi on useita laskentatapoja, jotka kaikki pohjautuvat kokeellisiin arvioihin ilmamäärän tarpeesta. Tässä työssä vertaillaan yleisesti käytettyjä poistoilmamäärän mitoitustapoja. Eri menetelmissä otetaan huomioon ko. laitteen kuormitustekijät, jotka on selvitetty kokeellisesti. Kaikissa laskentatavoissa lähtökohtana on laitteen sähköteho, josta eri kertoimilla saadaan selville laitteen epäpuhtaus- ja lämpökuormien poistamiseen tarvittava ilmamäärä. Tarkemmissa menetelmissä huomioidaan laitteen kokeellisesti määritetty lämpökuorma ja laitteen koko.

Toisaalta ilmamäärämitoituksissa tulee huomioida se, että työskentely laitteen läheisyydessä aiheuttaa häiriöitä ilmavirtaan. Terveyslaitoksen teettämän tutkimuksen [20, s. 6] mukaan sivusuuntainen ilmavirta kasvattaa pluumin halkaisijaa 0...60 %, lattian pinnassa vaakasuuntainen ilmavirta tai veto kasvattaa pluumia 0...15 % ja kävelijän aiheuttama häiriö kasvattaa pluumia 0...40 %. Tutkimuksessa suositellaan, että tavanomaisiin pluumiyhtälöihin tulisi lisätä 50 % enemmän ilmaa, sillä todellisuudessa pluumit ovat aina häiriintyneitä.

5.1 Saksalaisen ilmastointistandardin mukainen VDI-laskenta

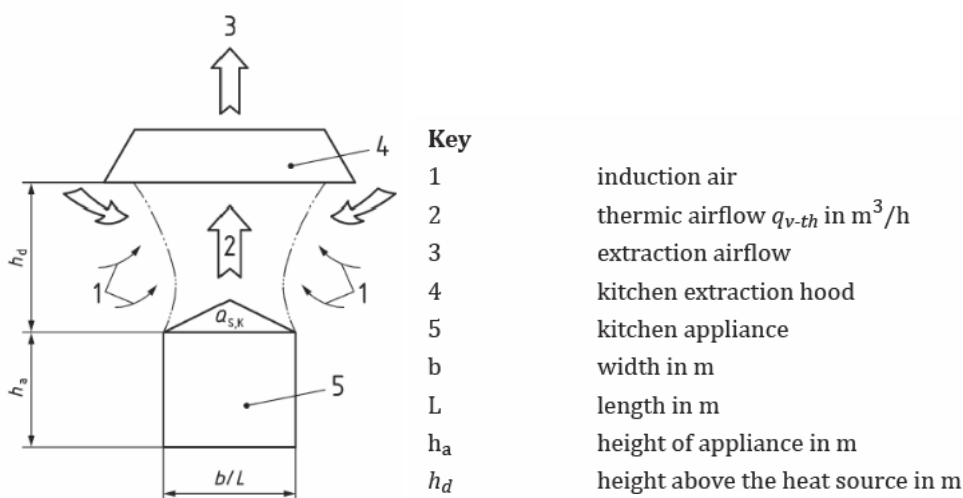
Tunnetuin huuvan lämpökuormamitoitus perustuu saksalaiseen VDI-standardiin. SFS-EN 16282-1:2017 -standardissa [15] esitetään kyseinen laskentamenetelmä.

Laskentamenetelmässä huomioidaan huuvan pystysuora etäisyys lämmönlähteestä, h_d , ja lämmönlähteen konvektiivinen lämpökuorma, $\dot{Q}_{S,K}$, lämmönlähteen koko, b ja L , sekä samanaikaisuuskerroin, φ , joka riippuu ruoanvalmistusyksiköstä eli siitä, millä kuormituksella laitetta kussakin keittiötyypissä käytetään. Taulukkoon 4 on koottu standardissa esitetyt suositellut samanaikaisuuskertoimet eri ruoanvalmistusyksiköille. Yhtälöllä 5 voidaan laskea laitteen tarvitsema poistoilmamäärä, jotta sen tuottama lämpökuorma saadaan poistettua tilasta.

Hydraulinen halkaisija on pyöreillä lämmönlähteillä laitteen halkaisija, mutta suorakulmaisilla laitteilla hydraulinen halkaisija lasketaan yhtälön 6 avulla.

Tarvittava poistoilmavirta q_{v-cap} lasketaan yhtälöllä 5 kertomalla termisen lämmön ilmavirta kertoimella a , joka riippuu keittiön ilmanjakotavasta taulukon 4 mukaisesti.

Kun keittölaitteita on useampia erilaisia saman huuvan alla, muodostuu huuvan ilmanvaihto laskemalla yhteen kunkin laitteen tarvitsema poistoilmamäärä.



Kuva 15. Konvektioilvi lämmönlähteen yläpuolella. [21]

$$q_{v-th} = k \cdot (h_d + 1,7D_h)^{5/3} \cdot (\sum_{j=1}^m \dot{Q}_{S,K} \cdot \varphi)^{1/3} \cdot r \quad (5)$$

q_{v-th} on konvektioilven poistoilmavirta, [m^3/h]

$\dot{Q}_{S,K}$	on konvektiivinen lämpökuorma, [W]
h_d	on poistolaitteen etäisyys keittiölaitteesta, [m]
φ	on samanaikaisuuskerroin, yl. 0,5...0,8, [-]
k	on kokeellinen kerroin; tavallinen huuva $k = 18$, [$m^{4/3} W^{-1/3}h^{-1}$]
D_h	on hydraulinen halkaisija, [m]
m	on laitteiden lukumäärä, [-]
r	on kerroin; 1,00, jos huuva on vapaasti asennettu; 0,63, jos huuva on seinää vasten

$$D_h = \frac{2L \cdot b}{L+b} \quad (6)$$

L ja b on keittiölaitteen pituus ja leveys, [m]

$$q_{v-cap} = q_{v-th} \cdot a \quad (7)$$

q_{v-cap} on tarvittava poistoilmamäärä, [m^3/h]
 a on kerroin, joka riippuu ilmanjakotavasta

Taulukko 4. Samanaikaisuuskertoimen, ϕ , määrittely erikokoisissa ruoanvalmistusyksiköissä SFS-EN 16282-1:2017 -standardin mukaan [15].

	PIENET KEITTIÖT		
	Aterioita päivässä	Aterioita/tarjoilu	Samanaikaisuuskerroin, ϕ
Ruokalot (Snack-barit, ravintolat, hotellin keittiöt)	< 100	-	1,0
Kanttiinit, kasinot, messut	-	150	0,8
Sairaalan			
- valmistuskeittiö	-	250	0,8
- jakelukeittiö	-	40	1,0
Henkilöstöravintolat	-	100	0,9
Valmistus- ja kuumennuskeittiöt	-	50	0,9
Teollisuuskeittiöt	-	-	-
KESKIKOKOISET KEITTIÖT			
Ruokalot (Snack-barit, ravintolat, hotellin keittiöt)	< 250	-	0,7
Kanttiinit, kasinot, messut	-	< 500	0,6
Sairaalan			
- valmistuskeittiö	-	< 650	0,6
- jakelukeittiö	-	-	-
Henkilöstöravintolat	-	< 250	0,6
Valmistus- ja kuumennuskeittiöt	-	< 400	0,6
Teollisuuskeittiöt	< 3000	-	0,7
SUURET KEITTIÖT			
Ruokalot (Snack-barit, ravintolat, hotellin keittiöt)	< 250	-	0,7
Kanttiinit, kasinot, messut	-	> 500	0,6
Sairaalan			
- valmistuskeittiö	-	> 650	0,6
- jakelukeittiö	-	-	-
Henkilöstöravintolat	-	> 250	0,6
Valmistus- ja kuumennuskeittiöt	>3000	-	0,7
Teollisuuskeittiöt	-	-	-

Taulukko 5. Yleisilmanvaihtoratkaisujen vaikutus poistoilmanmäärään [15].

Ilmanjakotapa	Korjauskerroin, a
SEKOITUSILMANVAIHTO	
Suurnopeuslaite horisontaalisesti	1,25
Suurnopeuslaite vertikaalisesti	1,20
PIENNOPEUS	
Kattoasennus	1,10
Tuloilmalaitteet oleskeluvyöhykkeellä	1,05

5.2 Poistoilmavirran mitoitus laitteen sähkötehon perusteella

Eri valmistajilla kuten Jevenillä ja Climeconilla, on laitteen sähkötehoon perustuvia mitoitusaulukoita lämpökuorman hallintaan. Poistoilmamäärä mitoitetaan huomioimalla laitteen sähköteho, P , joka kerrotaan samanaikaisuuskertoimella, S , ja laitekertoimella, Ke . Keittiölaitekerroin määräytyy laitteen käytössä syntyvien hiukkasten ja epäpuhtauksien määrästä, ja on määritetty kokeellisesti. Liitäntäteho antaa viitteitä siitä, kuinka tehokkaasti lämpöä ja epäpuhtauksia syntyy. Samanaikaisuuskerroin ottaa huomioon sen, että huuvan alla olevia laitteita ei yleensä käytetä samanaikaisesti vaan ne ovat toisiaan korvaavia.

$$MP = Ke \cdot P \cdot S \quad (8)$$

MP	on mitoituspoistoilmavirta, [dm^3/s]
Ke	on keittiölaitekerroin, [-]
P	on liitäntäteho, [kW]
S	on samanaikaisuuskerroin, [-]

Huuvatoimittajat ovat määrittäneet eri keittiölaitteille keittiölaitekertoimia, joista joitakin esitetään taulukossa 6. Kertoimissa on hieman poikkeavuuksia. Halton mitoittaa itse keittiölaitteet käyttämällä omaa ohjelmistoaan. Haltonin mitoitus tapa perustuu kokeellisiin lämpökuormalaskelmiin.

Taulukko 6. Keittiölaite ja sen laitekerroin [22; 23; 1]

LAITE	LAITEKERROIN, Ke		
	Jeven	Climecon	RT 06-10304
Painekeittokaappi	5	12	5
Pasta- / riisikeitin	10	10	
Keittopata	10	13	10
Kiertoilmauuni	10	15	10
Yhdistelmäuuni	10	10	10
Pizzauuni	12	15	15
Paahtouuni / Salamanteri	35	30/36	30
Puuhiliuuni / -grilli	60	50	50
Parila	35	30	30
Paistinpannu	30	32	30
Kypsennyskeskus/ paistokaappi	30	27	
Rasvakeitin	20	35 (yksittäinen), 25	25
Halogeeniliesi	20	20	20
Liesi	30	30	30
Kebab-grilli	35	20	
Grilli	60	50	50
Wokkipannu	60	18	
Lämpöhaude/pöytä	35	28	30
Astianpesukone	20	20	20
Patapesukone	20	20	20

5.3 Huuvan poistoilmamäärän määrittäminen kokeellisesti

Sobiski ym. [24] tutkivat eri ammattikeittiölaitteiden poistoilmamäärän tarvetta kokeellisesti. He totesivat artikkelissaan, että huuvan sivupaneelit vähensivät $0,155 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ poistoilmamäärän tarvetta. Lisäksi he totesivat, että poistoilmamäärän tarve riippui enemmän laitteen käytöstä, kuin laitteen sähkötehosta. Esimerkiksi keittopadan päälle asetettu kansi vähensi huomattavasti poistoilmamäärän tarvetta, kun taas kansi avoimena poistoilmamäärän tarve kasvoi paljon yli laskennallisen poistoilmamäärän. He luokittelivat kokeiden perusteella eri keittiölaitteet kuormitusluokkiin riippuen laitteen tuottamista kosteus-, lämpö- ja epäpuhtauskuormista. Taulukossa 7 esitetään Sobiskin ym. määrittelemät kuormitusluokat ja niihin sisällytettävät keittiölaitteet sekä poistoilmavirta, joka vaaditaan ko. laiteryhmästä eri kuormien poistamiseen keittiön sisäilmasta.

Taulukko 7. Poistoilmamäärän tarve keittiölaitteen kuormituksesta riippuen [24].

LUOKKA	LAITE	POISTOILMA- VIRTA dm ³ /s laite
Extra heavy duty	* underfired broilers utilizing solid fuel such as wood, charcoal briquettes, and mesquite	852
Heavy duty	* underfired broilers, gas * wok ranges, electric and gas * overtired (upright) broilers, electric and gas	619
Medium duty	* griddles, electric and gas * double-sided griddles, electric and gas * fryers, electric and gas (including open deep-fat, donut, kettle, and pressure) * pasta cookers, electric and gas * chain (conveyor) broilers, electric and gas (from heavy duty) * underfired broilers, electric (from heavy duty) * range, gas open-burner (with or without oven) (from heavy duty) * hot-top ranges, electric and gas * smoker, electric, pressurized (new) * steam -jacketed kettle, floor mounted, 20 gallon (75.7 L) and larger, electric and gas (from light duty) * conveyor pizza ovens, electric and gas (from light duty)	464
Light duty	* ovens, electric and gas, (including bake, roasting, revolving rack, rethermalizer, convection, combination, counter-top conveyor-baking/finishing, and deck) * braising pans/tilting skillets, electric and gas (from medium duty) * dishwashers, rack conveyor (new) * dishwasher, door type (new) * ranges, electric element (with or without oven), induction cook tops (from medium duty) * rotisseries, electric and gas (from medium duty) * rice cookers, electric and gas (new) * rethermalizers, electric and gas * cheesemelters, electric and gas * salamanders, electric and gas (from heavy duty) * steamers, electric and gas compartment (both pressure and atmospheric types) * steam -jacketed kettles, tabletop, 20 gallon (75.7 L) and less	310

5.4 Eri mitoitustapojen vertailu

Poistoilman määrällä on suuri vaikutus keittiön energiatehokkuuteen, sillä poistoilman mukana häviää paljon lämpöä, jos sitä ei oteta talteen. Energiakustannukset ja laiteinvestoinnit kasvavat, kun ilmavirrat kasvavat suuremmiksi. Siksi ilmamäärien mitoitukseen kannattaa kiinnittää huomioita, ettei ali- tai ylimitoita ilmamäärän tarvetta.

Seuraavissa taulukoissa esitetään poistoilmamäärän mitoitus eri tyyppisillä keittiölaitteilla. Laskennassa käytetyt lämpökuormat on otettu taulukosta 3. VDI-laskennassa samanaikaisuuskertoimena, φ , käytettiin arvoa 0,9, ja laitteen ja huuuvan välisenä etäisyytenä 1,2:ta metriä. Tätä käytettiin myös yhdistelmäuunien laskennassa, sillä näiden uunien luokku aukeaa noin 1,2 metrin korkeudella. VDI-laskennassa oletettiin myös, että laitteen hydraulinen halkaisija oli samaa luokkaa kuin standardissa esitetystä esimerkissä oletettu hydraulinen halkaisija. Ilmanjakotapa keittiössä laskettiin syrjäyttävän ilmanjakotavan mukaan olettaen, että ilmanjako tapahtui katossa olevien piennopeuslaitteiden kautta eli kerroin a oli 1,1. Poistoilmamäärän yksikkö on muutettu $m^3/h \rightarrow dm^3/s$ poiketen kaavan yksiköstä.

Sähkötehoon perustuvassa mitoituskennassa käytettiin Jevenin ja Climeconin sivuilta olevia keittiölaitekertoimia, jotka saatiin valmistajien huuvamitoitusohjelmista. Lisäksi vertailuun otettiin RT 06-10304 -ohjekortin liitteessä olevat keittiölaitekertoimet, jotka perustuvat Haltonin mittaustuloksiin. Samanaikaisuuskertoimena, S , käytettiin 0,8, mikä on yleisesti käytetty kerroin.

Kuormitusluokanmukaisessa mitoituksessa laitteelle annettiin kuormitusluokkaa vastaava ilmamäärä taulukon 3 mukaan.

Laskentatulokset esitetään taulukoissa 8-10 ja kuvaajassa (kuva 16) esitetään eri laskentatavoilla määritetyt ilmamäärät. Kuvaajasta huomataan, että eri laskentamenetelmissä saadut ilmamäärät eivät poikkea paljoa toisistaan. Sen sijaan laitteiden jako eri kuormitusluokkiin ilmamäärän arvioinnissa on turhan karkea menetelmä ja on vain suuntaa antava poistoilmamäärän määrittäminen.

Taulukko 8. Poistoilman määräyty VDI-laskennalla.

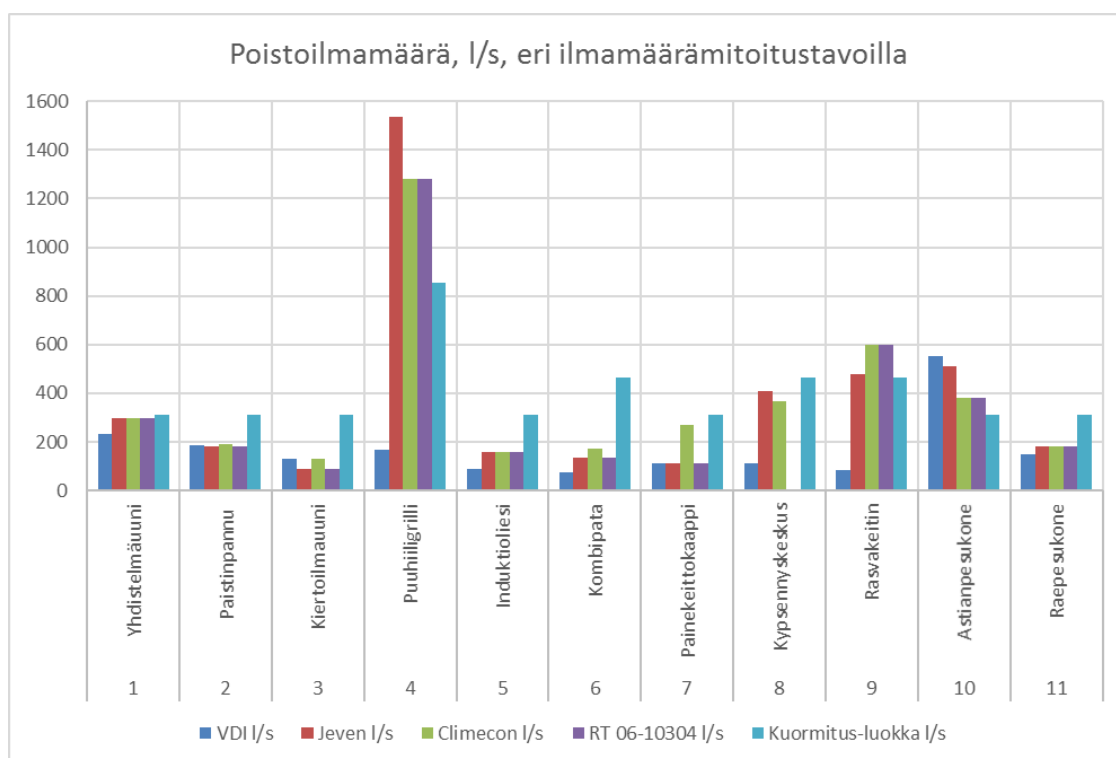
		Sähkö- teho	Tuntuva lämpö- kuorma	Kovectii- vinen lämpö- kuorma	Etäisyys huuvasta	Hydr. haj- kaisija	Asennus- tapa	Poistoil- määrä
		P	Q _s	Q _{s,k}	h _d	D _h	r	Q _{v-cap}
		kW	W/kW	W	m	m		dm ³ /s
1	Yhdistelmäuuni	37	120	2220	1,2	0,89	0,63	230
2	Yhdistelmäuuni	18,6	120	1116	1,2	0,89	0,63	183
3	Kiertoilmauuni	11	70	385	1,2	0,89	0,63	128
4	Puuhiiligrilli	32	350	5600	0,5	2,00	0,63	576
5	Induktioliesi	10	70	350	1,2	0,6	1	141
6	Kombipata	16,75	35	293,125	1,2	0,5	1	117
7	Painekeittokaappi	28	25	350	1,2	0,62	1	145
8	Kypsennyskeskus	17	40	340	1,2	0,8	1	178
9	Kypsennyskeskus	30,6	40	612	1,2	0,8	1	216
10	Astianpesukone	31,9	310	4944,5	0,5	2	0,63	551
11	Raepesukone	11,4	290	1653	0,5	1	0,63	147

Taulukko 9. Poistoilman määräyty sähkötehon avulla.

		VDI	Jeven	Climecon	RT 06-10304	Kuormitus- luokka
		l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
1	Yhdistelmäuuni	230	296	296	296	310
2	Paistinpannu	185	180	192	180	310
3	Kiertoilmauuni	128	88	132	88	310
4	Puuhiiligrilli	165	1536	1280	1280	852
5	Induktioliesi	89	160	160	160	310
6	Kombipata	74	134	174	134	464
7	Painekeittokaappi	113	112	269	112	310
8	Kypsennyskeskus	112	408	367	0	464
9	Rasvakeitin	83	480	840	600	464
10	Astianpesukone	551	510	383	383	310
11	Raepesukone	147	182	182	182	310

Taulukko 10. Poistoilman määräytyminen kuormitusluokan mukaan.

		Sähköteho	Kuormitusluokka	Poistoilmamäärä
		kW		dm ³ /s
1	Yhdistelmäuuni	37	LD	310
2	Yhdistelmäuuni	18,6	LD	310
3	Kiertoilmuuni	11	LD	310
4	Puuhiiogrilli	32	EHD	852
5	Induktioliesi	10	LD	310
6	Kombipata	16,75	MD	464
7	Painekeittokaappi	28	LD	310
8	Kypsennyskeskus	17	MD	464
9	Kypsennyskeskus	30,6	MD	464
10	Astianpesukone	31,9	LD	310
11	Raepesukone	11,4	LD	310



Kuva 16. Poistoilmamäärän määrittäminen eri laskentamenetelmillä.

6 Puuhiiliuunin huuvamitoitus

Puuhiiliuunia tai -grilliä käytetään mm. lihan ja kalan grillaamiseen ja paahtamiseen. Puuhiiliuuni toimii kuin tavallinen pallogrilli, mutta puuhiiliuunissa poltetaan Canutillo-hiiliä ja uunissa on luukku, jota kautta liha asetetaan arinalle hiilien hehkuun. Tavalliseen grilliin nähden ruoan valmistus puuhiiliuunissa on huomattavasti nopeampaa. Puuhiiliuunissa haihtuvat tippuvat pisarat ehtivät höyrystyä ennen kuin ne tippuvat hiilien päälle, mikä vähentää käryjen määrää. Puuhiiliuuni on saavuttanut paljon suosiota, ja niitä on asennettu useita mm. pääkaupunkiseudun alueelle.

Suomessa toimiva keittiölaitevalmistaja Metos myy ammattikäyttöön tarkoitettuja puuhiiliuuneja. Muita valmistajia ovat mm. espanjalainen Jospes ja Pira. Metoksen laatimissa ohjeissa puuhiiliuunille lukee, että puuhiiliuunin hormi ei tarvitse erillistä savuhormia, sillä puuhiiliuuni ei juurikaan kehitä savua. Savukaasut voidaan johtaa tavalliseen keittiön poistokanavaan, sillä puuhiiliuunissa on kipinäkaappari, joka suodattaa ja jäähdyttää uunista purkautuvia palokaasuja. Useissa ravintoloissa puuhiiliuuni on asennettu tavallisen huuvan alle. Tästä on esimerkki 12.1.2019 Ylen uutisissa oleva artikkeli [25], jossa keuhuttiin puuhiiliuunia.



Kuva 17. Puuhiiliuunin edusta lämpenee jopa 400 °C:seen [25].



Kuva 18. Puuhiiliuuni on sijoitettu tavallisen huuvan alle [25].



Kuva 19. Puuhiiliuuni Metos Kopa Basic 500 [26].

6.1 Puuhiiliuunin poistoilman lämpötilan määrittäminen

6.1.1 Poistoilman lämpötilan asettamat vaatimukset

Lämpötila puuhiiliuunin sisällä voi nousta 300...500 °C:seen. Tässä työssä halutaan selvittää, mikä on puuhiiliuunin todellinen savukaasun lämpötila poistoilmakanavassa ja ulospuhalluksessa, jotta puuhiiliuunin tarpeisiin osataan valita oikeanlainen huuvaratkaisu. Puuhiiliuuni voitaisiin valmistajan mukaan asentaa tavallisen huuvarat- kaisu. Puuhiiliuuni voitaisiin valmistajan mukaan asentaa tavallisen huuvarat- kaisu.

Länsi-Uudenmaan paloinsinöörin mukaan puuhiiliuunille tarvitaan erillinen savuhormi, vaikka laite onkin osittain sähkölaite, jolle ei ole erillisiä palomääräyksiä. Vantaan rakennusvalvonta ja paloinsinööri ovat sopineet, että puuhiiligrillit tarvitsevat erillisen savuhormin. Savuhormin määräyksistä voidaan joustaa niin, että hormissa saa olla loivia mutkia, sillä usein nämä asennetaan jo olemassa oleviin kiinteistöihin, joissa kanavareiteille on huonosti tilaa Länsi-Uudenmaan paloinsinööri Piia Piekkarin mukaan [28]. Savuhormilta edellytetään A120 paloeristystä, ja etäisyyden palavaan materiaaliin tulee olla minimissään 100mm.

Poistoilman lämpötilan selvittämiseksi on X-Ovenista määritetty savukaasujen lämpötila etäisyyden funktiona kipinäsiepparista. X-oven mallisen puuhiiliuunin kipinäkaapparin jälkeen lämpötilat alenivat kuvassa 20 esitettyjen mittaustulosten mukaan. [27]

Distance between the oven outlet and the hood	Measured temperature
15 cm	125°C
25 cm	76°C
30 cm	71°C
35 cm	68°C
40 cm	63°C
45 cm	55°C
50 cm	55°C
55 cm	55°C

Kuva 20. X-oven puuhiiliuunin lämpötilat etäisyyden funktiona laitteesta [27].

Tutkittavan puuhiiliuunin lämpötiladataa ei ollut saatavilla. Tämän vuoksi poistoilman lämpötilan selvittämiseksi laadittiin tutkimussuunnitelma, jonka mukaan määritettiin puuhiiliuunin käytössä muodostuneet lämpötilat.

6.1.2 Poistoilman lämpötilan määrittäminen laskennallisesti

Satakunnan ammattikorkeakoulussa Jukka Yrjölä ja Janne Paavilainen ovat kehittäneet palamislaskenta-excelin [29], jossa lasketaan polttoaineen tarvitsema palamisilmamäärä ja syntyvien savukaasujen pitoisuus. Polttoaineen koostumus ja kosteuspitoisuus voidaan syöttää taulukkolaskentaohjelmaan, jolloin todellinen palamisenergia saadaan selville.

Kuvassa 19 esitetyn puuhiiliuunin Metos Kopa Basic 500 -puuhiiliuunin valmistajan ilmoittama poistoilmamäärän tarve on $944 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($3400 \text{ m}^3/\text{h}$). Hiilen kulutus on $3,55 \text{ kg}$, ja uunin keskimääräinen lämpötila on $350 \text{ }^\circ\text{C}$.

Palamislaskentaa hyödyntäen voidaan määrittää puuhiiliuunin tarvitsema palamisilmamäärä. Käytetty ilmakerroin on viisi eli palamiseen otetaan viisinkertainen määrä ilmaa palamisprosessin tarvitsemaan ideaaliseen ilmamäärän nähden. Näillä lähtötiedoilla palamisilman määräksi saadaan laskentaohjelman mukaan noin $20 \text{ dm}^3/\text{s}$. Hiilen määrä vastaa tehoa 18 kW , mutta hiilestä saatava hyötyteho on vain 7 kW . Tällöin hyötysuhde, F_U , on $0,39$.

Oletetaan, että palamisilman lämpötila on $350 \text{ }^\circ\text{C}$:ta ja määrä on $20 \text{ dm}^3/\text{s}$. Tällöin huonetilasta otettu ilmamäärä on $924 \text{ dm}^3/\text{s}$ ($944 \text{ dm}^3/\text{s} - 20 \text{ dm}^3/\text{s}$). Huonetilasta otettu ilma lämpenee puuhiiliuunin tuottaman konvektiivisen lämmön takia joitakin asteita. Haltonin alustavien mittausten mukaan lämpötila nousee noin $30 \text{ }^\circ\text{C}$:seen. Kaavassa 3 oletetaan, että käyttösuhde F_R on yksi. Tuntuvan lämmön suhde laitteen tehoon eli kerroin F_L :n arvo on tällöin $0,39$, mikä tukee Amarnath Singhin ym. [16] tutkimusta.

Yhtälöllä 3 voidaan laskea konvektiivinen lämpökuorma, kun tiedetään hiilen energiasäily ja hyötysuhde. Ideaalikaasun yhtälöstä 9 saadaan laskettua poistoilmakanavassa

olevan ilman lämpötila, kun oletetaan, että huoneilma ehtii lämmitä konvektiivisen lämpötehon verran ja sekoittua palamisilman kanssa huvassa ennen poistoilmakanavaa.

$$\dot{Q}_{S,K} = P_L \cdot F_U \cdot F_R = 18 \text{ kW} \cdot 0,39 \cdot 1,00 = 7,0 \text{ kW}$$

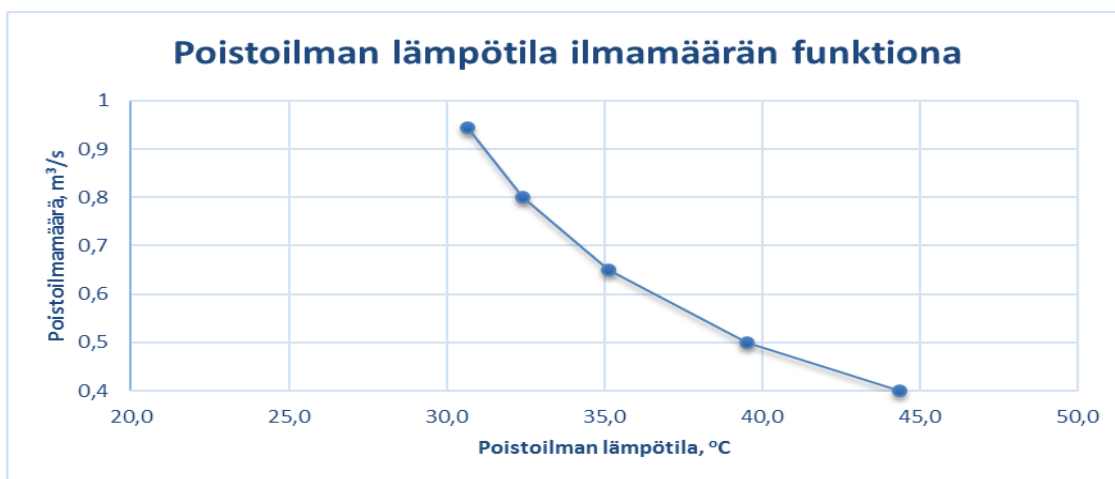
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (9)$$

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_1}{T_1} + \frac{V_2}{T_2} \quad (10)$$

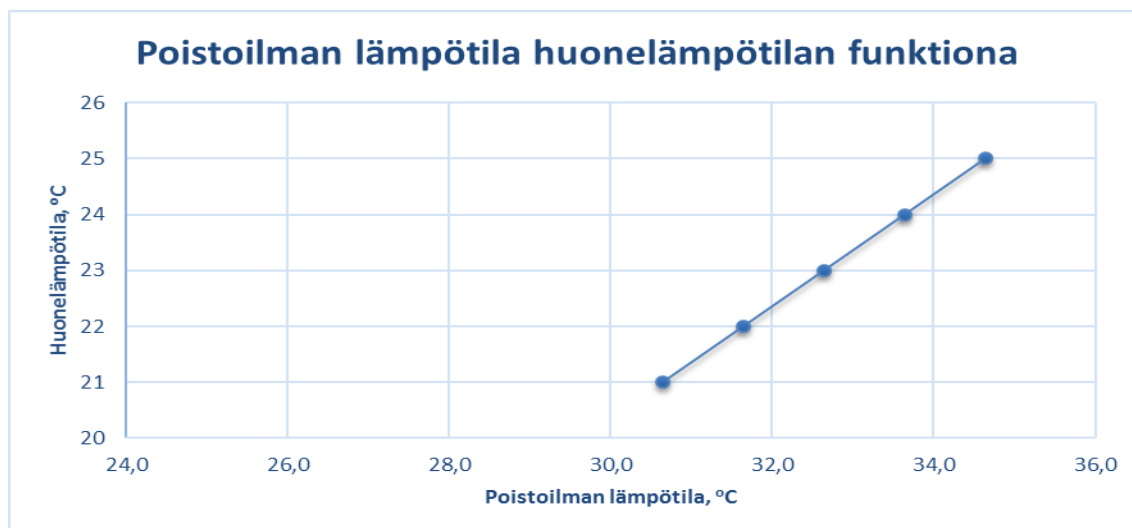
$$T_3 = \frac{V_3}{\left(\frac{V_1}{T_1} + \frac{V_2}{T_2}\right)} \quad (11)$$

p	on paine, [kPa]
V	on tilavuus, [m ³]
T	on lämpötila, [K]

Mikäli paine oletetaan vakioksi, poistoilman lämpötilaksi saadaan noin 31 °C, kun ilmamäärä on 0,944 m³/s. Kuvassa 21 esitetystä kuvaajasta on poistoilmakanavan laskennallinen lämpötila laskettu poistoilmamäärän funktiona olettamalla, että huonelämpötila on 21 °C. Mikäli huonelämpötila on korkeampi ja ilmamäärä vakio 0,944 m³/s, esitetään sen vaikutus poistoilman lämpötilaan kuvassa 22.



Kuva 21. Puuhiiliuunin poistokanavaan johtavan poistoilman lämpötila ilmamäärän funktiona.



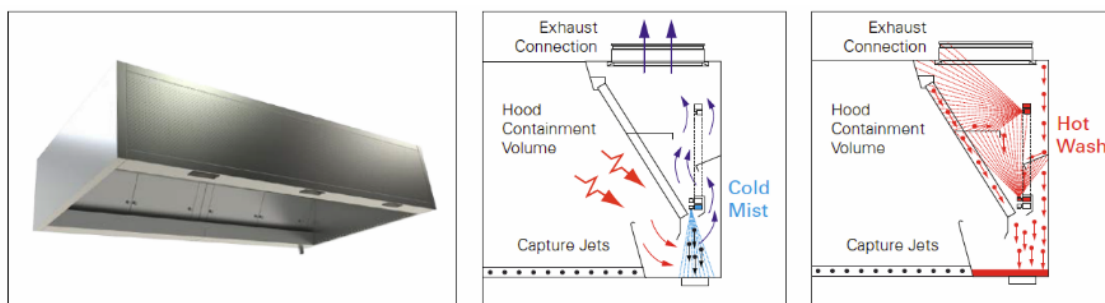
Kuva 22. Laskennallinen poistoilman lämpötila huonelämpötilan muuttuessa.

Kuvien 21 ja 22 kuvaajista päätellen uuniluukun ollessa suljettuna poistoilman lämpötila pysyy kohtuullisen alhaisena. Tämä ei kuitenkaan vielä kerro poistoilman lämpötilaa, kun uunin luukku avataan, joka alustavissa tutkimuksissa nousee yli 70 °C:seen. Tällöin savuhormivaatimus on tarpeellinen perinteisiä huuvia käytettäessä.

6.2 Puuhiiliuunin huuvaratkaisu

Puuhiiliuuni lähtökohtaisesti tarvitsee oman huuvan, jolla on oma savuhormi, sillä poistoilman lämpötila voi nousta yli 70 °C:n, kun uunin luukku on auki. Tässä esitellään Haltonin CMW-FMOD huuva, joka sopii erityisesti puuhiiliuunien huuvaksi. Huuvan etuna tavalliseen huuvaan verrattuna on se, että poistoilmamäärää voidaan alentaa 30...40 % laitevalmistajan ilmoittamasta ilmamäärästä. Tämä perustuu kylmävesisumuun, jota suihkutetaan huuvaan. Kylmä vesisumu alentaa lämpötilaa ja on myös paloturvallinen ratkaisu puuhiiliuunin tarpeisiin. CMW-FMOD huuvassa on Capture Jet -tekniikka, mikä tarkoittaa sieppausilmasuihkun puhaltamista huuvan etureunasta, jotta syntyvä konvektioilvi saadaan pysymään huuvan alla jopa silloin kun, huuvan läheisyydessä on paljon liikettä.

Poistoilmakanavan mitoituksessa tulee huomioida poistoilman vesipitoisuus, joka voi kondensoitua poistoilmakanavaan. Poistoilman nopeuden huuvin poistoilma-aukossa tulee olla Haltonin mukaan noin 4,5...5.5 m/s, jotta vesisumu erottuu poistoilmavirrasta ja jää huuvaan, josta vesi johdetaan viemäriin. Lisäksi puuhiiliuunin huuvin kanavoinnissa tulee ottaa huomioon poltossa syntyvät noki ja muut epäpuhtaudet, jotka tahraavat poistokanavan lähdön mustaksi. Jotta noki jäisi huuvaan, tulisi ilmank nopeuden huuvaan olla alle 0,45 m/s. Tämä tulee huomioida kanavamitoituksessa sekä lisäksi pitää huomioida, että poistokanava tulee olla helposti puhdistettavissa. Haltonin huuvin on automaattinen pesuohjelma, joka huolehtii huuvin puhdistuksesta, mutta ei poista kanavan puhdistustarvetta.



Kuva 23. CMW-FMOD-huuva, vesisumun ja pesun periaatekuva [31, s. 2].



Kuva 24. Puuhiiliuuni, jonka päällä on CMW-FMOD-huuva [10].

Haltonin huuva tarvitsee kylmä- ja lämminvesiliitännät (DN20). Kylmän veden kulutus on 4 dm³/min ja lämpimän veden tarve on 30 dm³/min. Kylmässä vedessä vesijohdon paineen tulee olla 4 bar ja lämpimässä vedessä 5 bar. Haltonin vesisumahuuva on varustettu booster-pumpulla, joka nostaa paineen tarvittavalle tasolle. Lämpimän veden jakojohdottomoituksessa tulee huomioida, että veden tarve on vain hetkellistä, sillä pesu kestää noin 15...30 sekuntia kerrallaan. Huuva tulee viemäroidä kondensoituneen veden ja pesuveden johtamiseksi pois huuvasta.

6.3 Puuhiiliuunin savuhormi ja huippuimuri

Savuhormiin asennettavalta huippuimurilta vaaditaan lämpötilan kestoa. Useimmat valmistajat takasivat huippuimurille 40 °C:n lämpötilan keston, mutta puuhiiliuunin savukaasujen lämpötila voi nousta yli 70 °C:n, kun uunin luukku avataan. Systemairin tuotevalikoimaan kuuluu huippuimuri DVG-H 450EC/F400 huippuimuri, joka kestää jatkuvassa käytössäkin 120 °C:n lämpötilaa.

Savuhormin kanavan materiaali tulee olla 1,25 mm paksua sinkittyä terästä, ja kanava johdetaan vesikatolle. Kanavaliitokset tiivistetään lämpöä kestäväällä silikonilla (Bostik 1600 tai 1610). Savuhormiin asennetaan perhospelti, joka sulkeutuu, kun huippuimuri ei ole käytössä.



Kuva 25. Systemair DVG-H 450EC/F400 -huippuimuri [32].

7 Yhteenveto

Ammattikeittiöiden LVI-suunnitelmien laatiminen vaatii perehtymistä eri keittiölaitteiden ominaisuuksiin ja käyttöön. Poistoilmamäärällä on suuri merkitys keittiön energiatehokkuuteen. Sen tähden eri laitteiden kuormitus tulee huomioida huuvasuunnittelussa. Koska ilmamäärät ovat yleensä suuria ammattikeittiöissä, tulee ilmanjakoon kiinnittää erityistä huomiota. Ammattikeittiön ilmanvaihto kannattaa toteuttaa syrjäyttävällä ilmanjaoilla, jossa poistoilmamäärän tarve on pienempi kuin sekoittavassa ilmanjakotavassa.

Eri laskentamenetelmillä saavutetaan riittävä tarkkuus poistoilman määrittämiseen, sillä todelliset ilmavirrat keittiössä voivat poiketa eri hetkissä paljonkin toisistaan. Keittiössä työskentelevien liikehdintä aiheuttaa ilmavirroissa sekaantumista, mikä heikentää poistoilman tehokkuutta epäpuhtauksien ja lämpökuorman poistamisessa. Lisäksi keittiön ja huuvien ilmanvaihtoon vaikuttaa paljon rakennuksen muu ilmanvaihto ja keittiön sijainti. Esimerkiksi ulko-ovien avaaminen muuttaa ilmasuhteita niin, että huuvan toiminta hetkellisesti heikkenee.

Puuhiiliuunin huuvan suunnittelussa tulee huomioida poistoilman lämpötila, joka voi olla yli 70 °C, kun uunin luukku avataan. Tällöin tavallista huuvaa käytettäessä puuhiiliuunia ei voi asentaa saman huuvan alle muiden keittiölaitteiden kanssa, vaan puuhiiliuunille on rakennettava oma erillinen savuhorminsa. Huippuimuri tulee valita niin, että se kestää yli 70 °C:n lämpötilaa.

Puuhiiliuunille voidaan suunnitella vesisumua hyödyntävä huuva, joka jäähdyttää poistoilmaa. Tällöin on mahdollista johtaa puuhiiliuunin poistoilma samaan poistokoneeseen kuin keittiön muukin poisto. Vesisumuhuuvan vedenkäyttö on melko suuri, joten huuva kannattaa varustaa antureilla, jotka tunnistavat lämpötilaeron ja käynnistävät vesisumun vain tarvittaessa.

Ammattikeittiön LVI-suunnitelmia laadittaessa tulee tutustua keittiölaitteiden toimintaan, jotta keittiö on turvallinen ja hygieeninen käyttäjälle, mutta myös siksi, että keittiöstä ei saa aiheutua muihin tiloihin epämiellyttäviä hajuja ja käryjä. Liian pienet ja väärin mitoitettavat huuvat johtavat ongelmiin kiinteistön muissa tiloissa. Huuvan toiminta tulee ottaa huomioon kiinteistön koko ilmanvaihdon kannalta esimerkiksi automaatiossa, jotta

kiinteistössä ei synny ali- tai ylipainetta poistoilmahuuvan käytön tai käyttämättömyyden yhteydessä.

Paloturvallisuuteen tulee kiinnittää huomiota, kun ammattikeittiöön valitaan sopiva huuva. Erityisesti hankkeen alussa on hyvä varmistaa eri vaihtoehtojen kustannusvaikutus ja paloturvallisuustekijät, jotta nämä osataan ottaa huomioon mm. rasvahuuvan rasvanpoistomenetelmiä valittaessa sekä puuhiiliuunin huuvaratkaisuissa.

Lähteet

- 1 Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu. LVI 06-10304-ohjekortti. 2000. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.
- 2 Sisäilmastoluokitus 2018. LVI 05-10627-ohjekortti. 2018. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.
- 3 Ammattikeittiöt. RT 94-11254-ohjekortti. 2017. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto.
- 4 SFS-EN 16282-5:2017. Equipment for commercial kitchens. Components for ventilation in commercial kitchens. Part 5: Air duct; Design and dimensioning 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 5 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2017. FINVAC ry, Suomen LV-liitto SuLVI ry, VVS Föreningen i Finland ry, Sisäilmayhdistys ry, Lämpöinsinööriyhdistys ry.
- 6 Ammattikeittiöiden suunnittelu. 2015. Verkkoaineisto. Jeven Oy. <<http://www.jeven.fi/lataukset/AmmattikeittioidenSuunnittelu2015.pdf>> Luettu 2.3.2018.
- 7 Sandberg, Esa. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus, Ilmastointitekniikka osa 2. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 8 Halton Kitchen Design Guide. Verkkoaineisto. Halton Oy. <http://www.halton.com/dh/BAAHbzfOu8Be4KVk_A0Jk38dOZIS11tgmonef5dGs8hg53lx4wofMI-qOoJR2z736wPDigKt-bxY9_Dv789i6rfmumsv2YR6jcY5jXnqBN-JNzg1vY7392od2A3qQy4OYuGM2J/Halton-FS-Kitchen-Design-Guide-fi1309.pdf>. Luettu 16.1.2019.
- 9 Industrial ventilation, A Manual of Recommended Practice for Design, 27th Edition. 1951. ACGIH.
- 10 Halton Oy. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.halton.com>>. Luettu 26.1.2019.
- 11 Esityskalvot Metropolian Erikoistilojen LVI-tekniikka-kurssille. 2018. Jeven Oy.
- 12 Fisher D., Eng. P., Smith V. 2007. Commercial Kitchen ventilations. Engineering Systems May 2007.

- 13 SFS-EN 16282-2:2016. Equipment for commercial kitchens. Components for ventilation in commercial kitchens. Part 2: Kitchen ventilation hoods; design and safety requirements. 2016. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 14 Goodfellow Howart, Tähti Esko. 2001. Industrial Ventilation Design Guidebook. Academic Press.
- 15 SFS-EN 16282-1:2017. Equipment for commercial kitchens. Components for ventilation in commercial kitchens. Part 1: General requirements including calculation method. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 16 Fisher, Donald R. 1998. New recommended heat gains for commercial cooking equipment. ASHRAE Transactions; Atlanta Vol. 104, (1998): 953.
- 17 Kong Meng, Zhang Jianshun, Guo Bing & Kwanghoon Han. 2016. Measurements of grease emission and heat generation rates of electric countertop appliances (RP-1631, part 1). Science and Technology for the Built Environment, 22:6, 845-865, DOI: 10.1080/23744731.2016.1197749.
- 18 Amarnath Singh, Ritul Kamal, Mohana Krishna Reddy Mudiam, Manoj Kumar Gupta, Gubbala Naga Venkata Satyanarayana, Vipin Bihari, Nishi Shukla, Altaf Hussain Khan, Chandrasekharan Nair Kesavachandran. 2016. Heat and PAHs Emissions in Indoor Kitchen Air and Its Impact on Kidney Dysfunctions among Kitchen Workers in Lucknow, North India. Plos ONE 12.2.2016.
- 19 Kuehn, Thomas H, PhD, PE, Olson, Bernard A, PhD, Ramsey, James W, PhD, Rocklage, Joshua M. 2009. Grease Particle Emission Characterization from Seven Commercial Kitchen Cooking Appliances and Representative Food Products. ASHRAE Transactions; Atlanta Vol. 115, (2009): 126-137.
- 20 Virtual Space 4D Loppuraportti. 2006. Työterveyslaitos 2006.
- 21 Yujiao Zhaoa, Dengyu Zhaoa, Bo Zhanga, Liu Chena, Hanling Xue. 2017. Correction and analysis of calculation equations of the thermal plume above kitchen appliances. Procedia Engineering 205 (2017) 1186–1192.
- 22 Ilmavirtojen mitoitus. Jeven Oy. 2019. Verkkoaineisto. < <http://www.jeven.fi/suunnittelu/ilmavirtojen-mitoitus-huuva/>>. Luettu 26.1.2019.
- 23 Ilmavirtojen mitoitus. Climecon Oy. 2019. Verkkoaineisto. < <https://huuvax.climecon.fi/ui/search> >. Luettu 26.1.2019.

- 24 Sobiski, Paul, Swierczyna, Rich, Fisher Don. 2009. Ventilation Rates for Commercial Kitchen Appliances Measured during RP-1362. ASHRAE Transactions; Atlanta Vol. 115, (2009): 161-178.
- 25 Sormunen Elli, Savolainen Mikko. 2019. Kirotussa ravintolassa ei menestynyt kukaan – sitten tuli kebabkeisari, joka löysi kultasuonen ja sai ihmiset jonottamaan. 2019. Verkkoaineisto. Yle 12.1.2019. <<https://yle.fi/uutiset/3-10590297>>. Luettu 13.1.2019.
- 26 Puuhiiliuuni. Metos Oy. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.mtos.fi/page.asp?pageid=prods&languageid=FI&groupid=691&prodid=4149974&title=Puuhiiliuuni%20Metos%20Kopa%20Basic%20500&#.XE1bMGIS8VM>>. Luettu 26.1.2019.
- 27 X-Oven.3 Model Installation, use and maintenance manual. 2019. Verkkoaineisto. Metos Oy. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj2w7i6oI3gAhVQsaQKHVKGBFM-QFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.premium-gastro.com%2Fimg%2Fmanuals%2Fx-oven%2FX3.LT-en.pdf&usg=AOv-Vaw2V_tArWwUVHJ8zWHH6hDdk > Luettu 26.1.2019.
- 28 Piekkari, Piia. 2018. Paloinsinööri Länsi-Uudenmaan pelastuslaitos. Puhelinkeskustelu. 3.7.2018.
- 29 Yrjölä Jukka ja Paavilainen Janne. 2002. Palamislaskenta. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- 30 Puuhiiliuuni, Asennus- ja käyttöohjeet. 2019. Verkkoaineisto. Metos Oy. <<https://www.mtos.fi/pdf/prods/userguide/FI/4149974.pdf> >. Luettu 26.1.2019.
- 31 Halton – High Heat and High Grease Emissions? 2019. Verkkoaineisto. Halton Oy. <https://www.halton.com/dh/CgBLqK9_pR0HmytdZcRljFVkyJDXL5YR-NEz4nd491hGZMGX-MUimKH5w_exhfomOI4_o0SgroLI-ZyJpZLSZjWGS-rRAGk2QCJRQiBv-9HJNsZvlx_Fn/Halton_FS_MistOnDemand_uk.pdf>. Luettu 26.1.2019.
- 32 Systemair Oy. 2019. Verkkoaineisto. Luettu 26.1.2019.