

**ASUNTOJEN ILMANVAIHDON TOIMINTA  
JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON,  
VIIHTYVYYTEEN JA TERVEYTEEN**

**Rauno Rönberg, Risto Ruotsalainen, Antti Majanen**

TEKNILLINEN KORKEAKOULU  
LVI-LABORATORIO

**Air Infiltration and Ventilation Centre**  
University of Warwick Science Park  
Barclays Venture Centre  
Sir William Lyons Road  
Coventry CV4 7EZ  
Great Britain  
Telephone: (0203) 692050  
Telex: 312401  
Fax: (0203) 410156

A JA VAIKUTUS  
A TERVEYTEEN

~~12. 7. 91~~  
~~26. 7. 91~~  
~~11. 12. 91~~  
~~18. 5. 92~~

n, Antti Majanen

RAPORTTI B23

ISBN  
951-754-942-3

ESPOO 1989

ISSN  
0786-0854

## ABSTRACT

The aim of the study was to gather information on the performance of ventilation systems in residential buildings. The effect of the ventilation on health, comfort and satisfaction was also studied. Data was also collected of the fulfillment of National Building Code on ventilation.

50 residential buildings were selected for the study, which was carried out during the heating season 1987-88. The sample consisted of both detached houses and blocks of flats. Same amount of most common ventilation systems was taken into the sample. Ventilation rates and indoor climate were measured and a questionnaire on symptoms, health and comfort was carried out during the measurements.

The ventilation rates varied from 0.1 to 1.2  $\text{m}^3/\text{hm}^3$  (with an average of approximately 0,5  $\text{m}^3/\text{hm}^3$ ) in typical operation conditions, i.e. as the ventilation was operated most of the day. The ventilation rate in the bedrooms was usually smallest. The ventilation rate was typically highest in the bedrooms with balanced ventilation.

The ventilation rate had an effect on health and symptoms. When the average ventilation rate in a dwelling was below 0.25  $\text{m}^3/\text{hm}^3$ , occupants expressed several symptoms; and when the ventilation rate was above 0.55  $\text{m}^3/\text{hm}^3$ , occupants expressed few or no symptoms.

A correlation between the sensation of indoor air quality and measured indoor parameters was also found. No statistically significant correlation was found in symptoms or satisfaction between the ventilation system.

tä, DI Antti Pekari Suomen kiinteistöliitosta, DI Veijo Siitonen, DI Marianna Luoma ja DI Markku Virtanen Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta sekä prof. Jaakko Laapotti ja apul.prof. Martti Viljanen Teknillisestä korkeakoulusta.

Tutkijat kiittävät seurantaryhmän jäseniä arvokkaista neuvoista ja ohjauksesta. Samalla kiitämme kaikkia projektin onnistumiseen myötävaikuttaneita henkilöitä. E erityisen kiitoksen ansaitsevat asukkaat, jotka mahdollistivat tutkimuksen sallimalla kenttämittausten suorittamisen asunnossaan ja osallistumalla kyselytutkimukseen.

# SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ESIPUHE

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoite.....	3
2	TUTKIMUSMENETELMÄ JA -KOHTEET.....	4
2.1	Tutkimusmenetelmä.....	4
2.2	Tutkimuskohteet.....	4
2.3	Mittaustulosten ja asukaskyselyn käsittely.....	9
3	MITTAUKSET.....	11
3.1	Mittausmenetelmät ja mitattavat suureet.....	11
3.2	Mittaustulokset.....	13
3.2.1	Yleistä.....	13
3.2.2	Taustatiedot.....	13
3.2.3	Ulkoilmaparametrit.....	15
3.2.4	Ilmanvaihtuvuus.....	16
3.2.4.1	Yleistä.....	16
3.2.4.2	Paikallinen ja keskimääräinen ilmanvaihtuvuus.....	17
3.2.4.3	Ilmanvaihdon hyötysuhde.....	25
3.2.4.4	Epäpuhtauksien poistotehokkuus.....	25
3.2.4.5	Hiilidioksidipitoisuus.....	26
3.2.4.6	Ilmavirrat.....	30
3.2.5	Painesuhteet.....	35
3.2.6	Lämpöolot.....	38
3.2.6.1	Lämpötila.....	38
3.2.6.2	Suhteellinen kosteus.....	40
3.2.6.3	Ilman liikenopeus.....	41
3.2.7	Melutaso.....	43
3.2.8	Pölypitoisuus.....	47
3.3	Yhteenveto mittaustuloksista.....	52

4	ASUKASKYSELY.....	54
4.1	Toteutus.....	54
4.2	Tilastolliset menetelmät.....	55
4.3	Taustatietoja vastaajista.....	56
4.4	Vastausten luotettavuus.....	58
4.5	Viihtyvyys.....	59
4.5.1	Ilmanvaihtuvuus.....	59
4.5.2	Lämpöolot.....	65
4.6	Tuuletus- ja siivoustottumukset.....	66
4.7	Ilmanvaihtolaitoksen käyttö.....	68
5	ILMANVAIHDON JA SISÄILMASTON VAIKUTUS TERVEYTEEN JA VIIHTYVYYTEEN.....	70
5.1	Yhteyksien selvittämisessä käytetyt parametrit.....	70
5.2	Viihtyvyys.....	71
5.2.1	Ilmanvaihtuvuus.....	71
5.2.2	Lämpöolot.....	73
5.2.3	Melu ja painesuhteet.....	74
5.3	Terveys.....	75
5.3.1	Yleistä.....	75
5.3.2	Oireilu.....	76
5.3.3	Sairaudet.....	80
6	HAVAITTUJA PUUTTEITA ASUNTOILMANVAIHDON TOIMINNASSA.....	81
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	83
8	KEHITYSTARPEET.....	87

## LÄHDELUETTELO

## LIITTEET

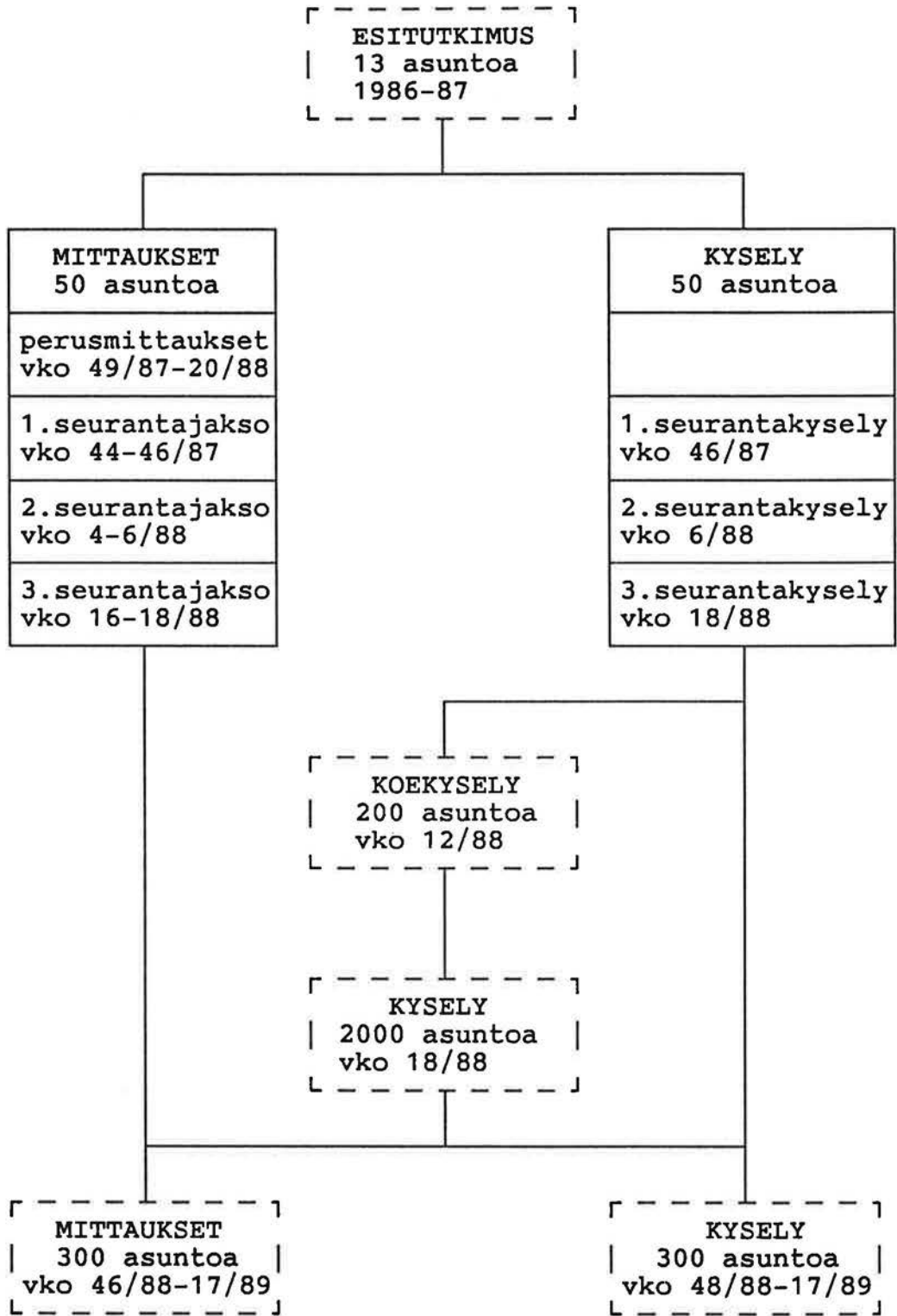
## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen tausta

Asuntojen ilmanvaihtoa on usein moitittu, mutta tutkimustietoa siitä on vähän. Ilmanvaihdon tekninen toteuttaminen osataan, mutta vielä tarvitaan tietoa sisäilmastosuureiden ohjearvojen määrittämiseksi. Myöskään asukkaiden tottumuksia ilmanvaihtolaitoksen käytössä sekä sen vaikutusta sisäilmastoon ei tarkkaan tunneta.

Tällä tutkimuksella on tarkoitus selvittää ilmanvaihdon merkitystä asukkaiden viihtyvyyteen ja terveyteen sekä ohjata kehitystä parempiin ilmanvaihtoratkaisuihin. Tutkimus on jatkoa esitutkimukselle "Asuntoilmanvaihdon toiminta koerakentamiskohteissa", jossa karotettiin ilmanvaihdon toimintaa 13 asunnossa.

Tässä raportissa kuvattu osa liittyy laajempaan kokonaisuuteen, joka toteutetaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen 13 asuntoa käsittelevä osa on raportoitu /Ruotsalainen ym. 1987/. Sen tuloksia on käytetty hyväksi tässä tutkimuksessa, joka käsittää 50 asuntoa. Tämän osan tuloksia ja kokemuksia käytetään edelleen hyväksi suunniteltaessa ja toteutettaessa 300 asunnon kenttätutkimusta ja analysoitaessa 2000 asuntoa käsittelevää kyselytutkimusta. Tutkimuskokonaisuus aikatauluineen on esitetty kuvassa 1.1.



Kuva 1.1 Tutkimuksen osat ja suoritusajataulu.



## 1.2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli antaa lisätietoa ilmanvaihtojärjestelmien ja sisäilmastotekijöiden vaikutuksesta asukkaiden terveyteen ja viihtyvyyteen sekä selvittää asuntoilmanvaihdon toimintaa ja asukkaiden tottumuksia ilmanvaihtolaitoksen käytössä. Ennen kaikkea tarkasteltiin eroja eri ilmanvaihtotapojen välillä. Mittaustuloksia verrattiin viranomaismääräyksiin ja -ohjeisiin, ja selvitettiin niiden toteutumista ja sopivuutta. Myös sään vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuteen tutkittiin.

Tämän tutkimuksen osana suoritettulla kyselyllä kartoitettiin asukkaiden mielipiteitä ja tyytyväisyyttä ilmanvaihtoon ja sen toimintaan. Yhdistämällä kyselyn vastaukset mittaustuloksiin pyrittiin tuottamaan tietoa, jota voidaan käyttää hyväksi rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa parannettaessa. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli kenttämittaus- ja kyselytutkimusmenetelmien kehittäminen.

## 2 TUTKIMUSMENETELMÄ JA -KOhteET

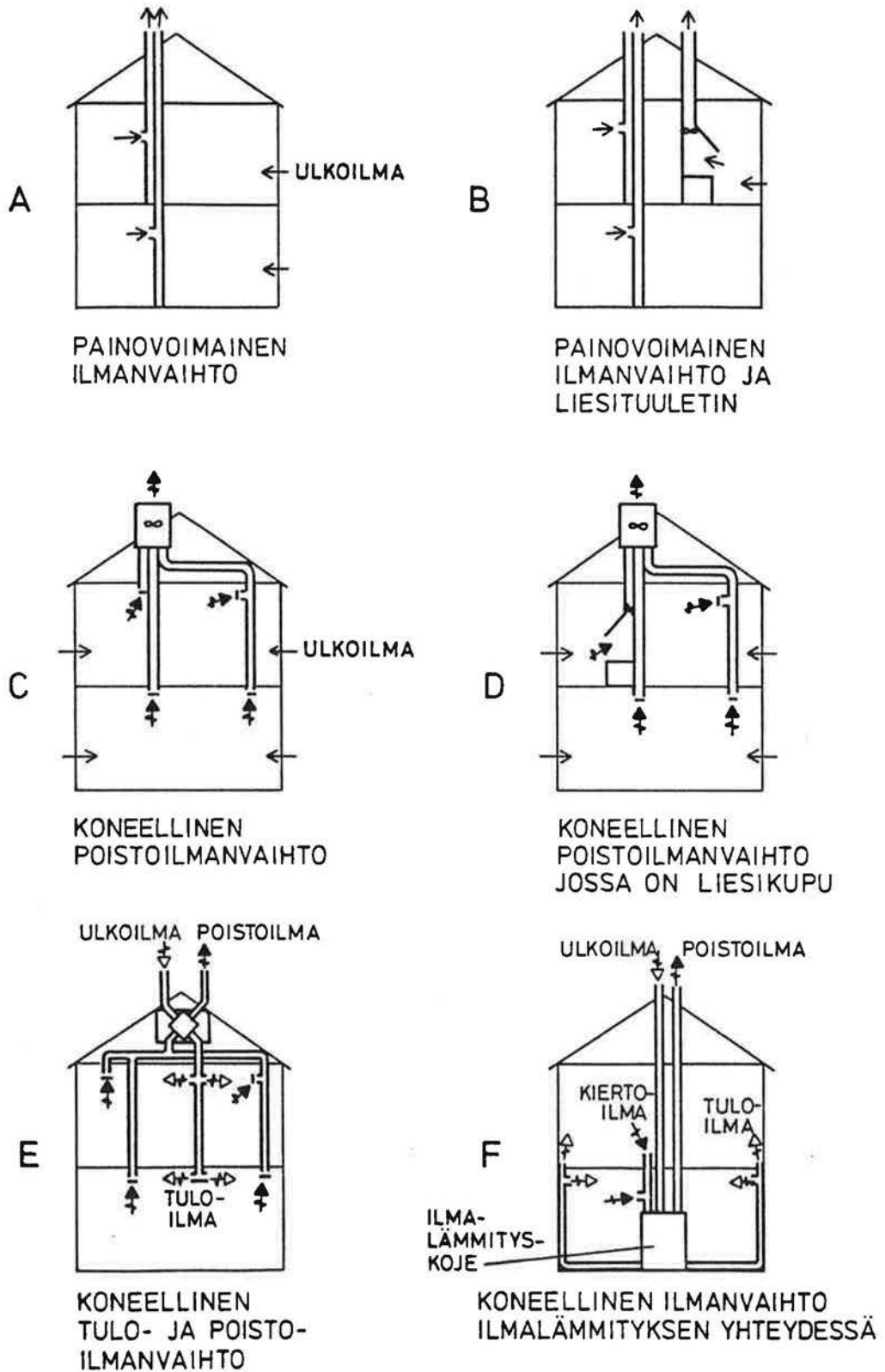
### 2.1 Tutkimusmenetelmä

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahta erilaista tutkimusmenetelmää: kenttämittauksia ja kyselyä. Tutkimuskohteiksi valittiin yhteensä 50 asuntoa, joissa oli tavallisimmat ilmanvaihtojärjestelmät. Jokaisessa asunnossa mitattiin ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ja sisäilmasto-olosuhteet sekä kerättiin tiedot mm. sisustusmateriaaleista ja rakenteista. Perusmittausten lisäksi tutkimuskohteissa tehtiin kolme seurantamittauksia vuodenaikojen vaikutuksen ja pidemmän aikavälin ilmanvaihtuvuuden selvittämiseksi. Kukin mittausjakso kesti kaksi viikkoa.

Jokaisen seurantamittauksen jälkeen jaettiin mittauskohteisiin kysely, jossa tiedusteltiin asukkaiden oireilua, viihtyvyyttä ja mielipiteitä ilmanvaihdosta ja lämmityksestä. Samoin selvitettiin kyselyllä rakennuksen ominaisuuksia ja asukkaiden taustatietoja (mm. koulutus, kunto, ikä). Vertaamalla asukkaiden vastauksia mittaustuloksiin pyrittiin saamaan selville erityisesti mitattujen ja koettujen tekijöiden välinen yhteys. Tätä tietoa voidaan soveltaa myös myöhemmin tehtävään laajaan kyselyyn.

### 2.2 Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteiksi valittiin yhteensä 50 asuntoa pääkaupunkiseudulta (Helsinki, Espoo ja Vantaa) isännöitsijätoimistojen ja huoltoyhtiöiden avulla. Tutkittavassa joukossa oli yhtä paljon painovoimaisen, koneellisen poiston ja koneellisen tulon ja poiston ilmanvaihtojärjestelmiä (kuva 2.1). Samoin kuului tutkimuskohteisiin yhtä paljon pientaloasuntoja kuin kerrostalohuoneistojakin.



Kuva 2.1 Tutkimuskohteiden ilmanvaihtojärjestelmät.

A+B: painovoimainen ilmanvaihto

C+D: koneellinen poistoilmanvaihto

E+F: koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Kerrostaloasunnot valittiin siten, että kustakin ilmanvaihtojärjestelmätyypistä otettiin mittauksiin kaksi huoneistoa (ylhäältä ja alhaalta). Mikäli samalla paikkakunnalla oli useampia tutkimuskohteita, valittiin toisista kerrostaloista vain yksi huoneisto. Matinkylästä ja Pähkinärinteestä valittiin kaksi rakennusta, jotka vastasivat rakenteellisesti toisiaan, mutta joissa oli erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät (koneellinen poisto ja koneellinen tulo ja poisto). Myös Varistosta ja Olarista oli samanlaisia pientaloja, joissa oli erilaiset ilmanvaihtojärjestelmät. Painovoimaiseen ilmanvaihtojärjestelmään luettiin kuuluvaksi myös sellaiset asunnot, joissa oli liesituuletin (taulukko 2.1). Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon järjestelmien joukossa oli myös asuntoja, joissa oli ilmalämmitys. Nämä olivat kaikki pientaloja, ja sijaitsivat Torpparinmäessä (1 asunto), Pähkinärinteessä (1), Laaksolahdessa (1) ja Varistossa (1). Kaikissa paitsi kolmessa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa oli makuuhuoneissa tuloilmalin.

Kaikissa kerrostaloissa, joissa oli koneellinen ilmanvaihto, olivat puhaltimien käyntiajat kello-ohjattuja. Puhaltimet olivat kaksinopeuksisia, ja suurempi puhallinnopeus oli toiminnassa päivällä kahdessa tai kolmessa noin kahden tunnin jaksossa. Muun osan päivästä ja yöllä puhaltimet toimivat pienemmällä teholla.

Koneellisen ilmanvaihdon pientaloissa olivat puhaltimien tehot asukkaiden säädettävissä kaikissa paitsi yhdessä tutkimuskohteessa. Pähkinärinteessä sijainneessa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa tapahtui puhaltimien ohjaus kerrostalojen tavoin automaattisesti kellokytkimellä. Pähkinärinteessä ja Olarissa sijainneissa koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa ei puhaltimilla ollut kuin yksi toimintateho (on/off-kytkin).

Pientalojen puhaltimien ohjaus tapahtui yleisimmin liesikupujen yhteydessä olevista säätimistä. Puhaltimien tehoja oli 4-5. Normaalikäytössä pidettiin säätimiä usein asennossa 2 tai 3. Nämä vastasivat suunnitteen puhaltimien puolitehoja.

Esityksessä on käytetty suurimman osan vuorokaudesta päällä olleesta puhallintehosta nimitystä normaali käyttöteho, ja ilmanvaihdon tehostetulla käytöllä on tarkoitetaan puhaltimien maksimitehoja. Minimiteholla on viitattu kaksinopeuksisten puhaltimien pienempään tehoon sekä useampinopeuksisten puhaltimien puolitehoon (normaalikäyttöä vastaava teho).

Yksityiskohtaisempia tietoja mittauskohteista ja niiden sijainnista on esitetty taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1 Tutkimuskohteet ja niiden taustatietoja.

Sijainti	Rak.tyyppi	Iv-tapa	Lämm.tapa	Krs	As.pa.	Rak.v.	lkm
Pähkinärinne	kerrostalo	kon.t+p	vesipatt.	5	50,81	-82	2
Matinkylä	kerrostalo	kon.t+p	vesipatt.	8	99,99	-82	2
Olari	kerrostalo	kon.t+p	vesipatt.	3	63	-84	1
Olari	kerrostalo	kon.t+p	vesipatt.	7	75	-80	1
Olari	kerrostalo	kon.t+p	vesipatt.	4	73	-79	1
Pähkinärinne	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	4	73	-87	1
Pähkinärinne	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	4	77,77	-83	2
Matinkylä	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	8	76,99	-82	2
Olari	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	5	88	-70	1
Lauttasaari	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	4	30	-62	1
Vuosaari	kerrostalo	kon.p.	vesipatt.	7	59	-67	1
Leppävaara	kerrostalo	painov.	vesipatt.	2	45	-62	1
Leppävaara	kerrostalo	painov.	vesipatt.	4	53	-62	1 *
Lauttasaari	kerrostalo	painov.	vesipatt.	4	87,87	-58	2
Munkkivuori	kerrostalo	painov.	vesipatt.	4	56	-57	1 *
Hermanni	kerrostalo	painov.	vesipatt.	4	69	-59	1 *
Keskusta	kerrostalo	painov.	vesipatt.	6	86	-36	1
Pähkinärinne	rivitalo	kon.t+p	ilmalämm.	2	119	-81	1
Varisto	omakotitalo	kon.t+p	ilmalämm.	2	120	-84	1
Varisto	omakotitalo	kon.t+p	vesipatt.	2	120	-84	1
Martinlaakso	rivitalo	kon.t+p	sähköpatt.	2	81	-86	1
Olari	rivitalo	kon.t+p	vesipatt.	2	122	-86	1
Mankkaa	paritalo	kon.t+p	vesipatt.	2	59	-86	1
Laurinlahti	omakotitalo	kon.t+p	vesipatt.	2	150	-82	1
Laaksolahti	paritalo	kon.t+p	sähköpatt.	2	83	-83	1
Laaksolahti	omakotitalo	kon.t+p	ilmalämm.	2	170	-82	1
Torpparinmäki	paritalo	kon.t+p	ilmalämm.	2	100	-81	1
Pähkinärinne	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	3	197	-74	1
Pähkinärinne	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	2	142	-72	1
Olari	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	2	122	-86	1
Olari	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	1	149	-70	1
Mankkaa	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	1	115	-86	1
Mankkaa	omakotitalo	kon.p.	vesipatt.	2	150	-80	1
Mankkaa	paritalo	kon.p.	sähköpatt.	1	69	-79	1
Leppävaara	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	2	120	-83	1
Torpparinmäki	paritalo	kon.p.	vesipatt.	2	100	-81	1
Rajakylä	rivitalo	kon.p.	vesipatt.	2	81	-78	1
Pähkinärinne	rivitalo	painov.	vesipatt.	2	105	-73	1
Varisto	omakotitalo	painov.	vesipatt.	2	118	-84	1
Varisto	rivitalo	painov.	vesipatt.	1	77	-75	1
Simonlaakso	paritalo	painov.	vesipatt.	1	100	-86	1
Olari	rivitalo	painov.	vesipatt.	1	109	-70	1
Laaksolahti	paritalo	painov.	sähköpatt.	1	80	-83	1
Laajasalo	rivitalo	painov.	vesipatt.	2	78	-79	1
Torpparinmäki	paritalo	painov.	vesipatt.	2	100	-81	1

\* painovoimaisen ilmanvaihdon asunnot, joissa ei ole liesituuletinta

### 2.3 Mittaustulosten ja asukaskyselyn käsittely

Mittausten tulokset kirjattiin pääosin mittauspaikalla joko tutkijoiden tai asukkaiden toimesta (seurantajaksojen lämpötilan ja kosteuden kirjaukset). Joissakin mittauksissa tulokset tallennettiin automaattisesti tietokoneen tai ohjelmakortin avulla (tarkemmin kohdassa 3.1). Kaikki mittaustulokset sekä asuntoihin liittyvät taustatiedot siirrettiin tarkastuksen ja käsittelyn jälkeen yhtenäiselle lomakkeelle, josta ne tallennettiin magneettinauhalle ja tietolevyille.

Kyselylomakkeiden vastaukset siirrettiin suoraan lomakkeilta magneettinauhalle. Alkuperäiset lomakkeet talletettiin tutkimusnumeron mukaan.

Tilastollista käsittelyä varten mittaustulokset ja asukaskyselyn eri lomakkeiden - taustalomake, aikuislomake, lapsilomake - vastaukset yhdistettiin tutkimuskohdekohtaiseen tiedostoon. Tuloksia analysoitaessa tehtiin tarvittaessa ensin mittaustulosten ja monivalintakysymysten luokittelu ryhmiin (kyselytutkimuksessa pääsääntöisesti kahteen luokkaan).

Kuhunkin tutkittavaan asiaan liittyi monia taustamuuttujia, jotka pyrittiin ottamaan analyysissä huomioon sekoittavina tekijöinä. Mittauskohteisiin liittyvinä mahdollisina sekoittavina tekijöinä tutkittiin muun muassa: kaupunginosa, ilmanvaihtojärjestelmä, lämmitysjärjestelmä, rakennustyyppi, huoneiston koko, asukkaiden lukumäärä, sääolot, sisustusmateriaalit ja rakenteet. Asukkaisiin ja heidän sosiaalisiin suhteisiinsa liittyviä mahdollisia sekoittavia tekijöitä olivat ikä, sukupuoli, koulutustaso, atopiataipumus, fyysinen kunto, tupakointi, lääkkeiden käyttö ja työilmapiiri.

Jokaiseen asuntoon liittyi noin 350 kirjattua tietoa, ja jokaisesta tutkimukseen osallistuneesta asukkaasta kirjattiin noin 300 tietoa. Tallennusta varten tietoja muokattiin, jolloin koko talletettavan aineiston kooksi muodostui noin 60 000 tietoa.

Tiedot käsiteltiin Teknillisen korkeakoulun VM/XA-tietokoneella SAS-ohjelmistolla /SAS users guide, 1986/.

Aineiston käsittelyssä on käytetty ristiintaulukointia ja siihen liittyvää khiinneliötestiä, t-testiä ja varianssianalyysiä (Milton-Arnold 1987, SAS users guide 1986). Sekoittavien tekijöiden vaikutuksen testaamiseksi on sovellettu aiemmissä tutkimuksissa käytettyä menetelmää /Lindholm ym. 1987/.

Tutkimustulosten luotettavuutta arvioitaessa on otettava huomioon, että tutkittavan aineiston koko on tarpeellisten ositusten ja lukuisten taustamuuttujien vuoksi suppea. Tilastollista varmuutta saadaan lisää tutkimuksen jatkossa.



### 3 MITTAUKSET

#### 3.1 Mittausmenetelmät ja mitattavat suureet

Kenttämittaukset tehtiin kahdessa osassa: perusmittauksin ja seurantamittauksin. Perusmittaukset tehtiin talvikaudella 1987-1988. Ne olivat noin yhden vuorokauden mittaisia jokaisessa tutkimuskohteessa. Seurantamittausjaksoja oli kolme. Ne ajoittuivat saman talvikauden alku-, keski- ja loppuvaiheille. Näin voitiin tarkkailla vuodenaikojen vaikutusta sisäilmastosuureisiin. Kaikista asunnoista oli saatavilla myös rakennuspiirustukset tarkempia selvityksiä varten. Jokaista asuntoa lähinnä olevalta sääasemalta selvitettiin tuulen nopeus ja suunta. Ulkolämpötila ja -kosteus mitattiin kussakin mittauskohteessa erikseen.

Perusmittauksista suurin osa tehtiin päivällä. Ainoastaan ilmanvaihtosuureita ja lämpöoloja seurattiin myös yöllä. Mittausohjelma kehitettiin esitutkimuksen perusteella. Se sisälsi seuraavat vaiheet:

- rakennuksen ominaisuuksien selvittäminen
- rakennus- ja sisustusmateriaalien kartoittaminen
- ilmanvaihtolaitteiston ominaisuuksien ja toiminnan analysointi
- ilmavirtojen mittaaminen
- ilmanvaihtuvuuden määrittäminen
- ilmanvaihdon tehokkuuden määrittäminen
- hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen
- painesuhteiden mittaaminen
- ilman liikenopeuksien mittaaminen
- melutason mittaaminen
- ulkovaipan ominaisuuksien määrittäminen
  - = tiiviyyden arviointi
  - = tuloilmareittien kartoittaminen
- lämpöolosuhteiden määrittäminen
  - = ilman lämpötila
  - = ilman kosteus

- ulkoilmaparametrien määrittäminen
  - = ulkoilman lämpötila
  - = ulkoilman kosteus
  - = tuulen nopeus ja suunta

Seurantamittausten ohjelma oli suppeampi. Se sisälsi seuraavat suureet:

- ilmanvaihtuvuus
- sisä- ja ulkolämpötila ja kosteus
- pölypitoisuus
- hajut
- poistoilmavirrat
- tuuletustavat

Ilmanvaihtoon liittyviä suureita mitattaessa käytettiin perusmittauksissa monipistemerkkiainelaitteistoa /Helenius ym. 1989/ ja seurantamittauksissa passiivista monimerkkiainemenetelmää /Säteri ym. 1989/. Molemmissa mittauksissa käytettiin myös kuumalanka-anemometria ja läpivirtaustorvea sekä siipipyöräänemometria ilmavirtojen määrittämisessä.

Lämpöoloja seurattiin vuorokauden ajan rekisteröivällä Envirollog-laitteistolla, ja tehtiin kertamittauksia digitaalisella ja elohopealämpömittarilla. Ilman liikenopeudet mitattiin oleskeluvyöhykkeeltä olohuoneesta, ruokailutilasta, makuuhuoneesta ja eteisestä. Makuuhuoneesta ja olohuoneesta mitattiin myös pallolämpötila sekä ulkoseinien, ikkunoiden ja lattian pintalämpötilat. Seurantajaksojen aikana asukkaat itse kirjassivat lämpötilat ja kosteudet tutkijoiden heille toimittamista tarkastetuista mittareista.

Asuntojen melutaso mitattiin kannettavalla äänenpainesomittarilla. Painesuhteet mitattiin digitaalisella paine-eromittarilla. Pölypitoisuudet määritettiin seurantajaksojen aikana depositions menetelmällä /Kulmala ym. 1986/.

Mittauksissa käytetyt laitteistot olivat pääosin samoja kuin esitutkimuksessa, josta tehdyssä raportissa on ko. laitteiden ja mitattujen suureiden tarkemmat kuvaukset /Ruotsalainen ym. 1987/. Mittausmenetelmiä on kuvattu myös tulosten yhteydessä (luku 3.2).

## 3.2 Mittaustulokset

### 3.2.1 Yleistä

Mittauksia on tehty koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien osalta useammalla ilmanvaihtolaitoksen teholla. Ilmanvaihtokertoimia määritettäessä tehtiin mittaukset sillä puhaltimen teholla, joka oli suurimman osan vuorokaudesta päällä. Perusmittauksissa mitattiin ilma-  
virrat venttiileistä, painesuhteet ja melutasot kahdella teholla: puoliteholla ja maksimiteholla.

Neljässä koneellisen poistoilmanvaihdon asunnossa ja kahdessa tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa ei puhaltimia pidetty normaalissa käytössä toiminnassa. Luvussa 4.7 on esitetty yksittäisiä mittaustuloksia näiden asuntojen osalta.

Ympäristöministeriö on asettanut Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D 2 määräyksiä ja ohjeita tyydyttävästä sisäilmastosta ja ilmanvaihdon järjestämisestä uudisrakennuksissa. Mittaustuloksia on tässä verrattu Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjearvoihin. Ohjearvojen toteutuessa on sisäilmasto tavanomaisissa huonetiloissa yleensä tyydyttävä.

### 3.2.2 Taustatiedot

Jokaisessa tutkimuskohteessa selvitettiin tuloksiin vaikuttavia taustamuuttujia. Osittain samoja asioita kysyttiin myös asukkailta itseltään ensimmäisen seurantajakson jälkeen tehdyssä kyselyssä.

Aiemmissa tutkimuksissa on todettu muun muassa huoneiden pintamateriaalien vaikuttavan ilman laatuun ja jopa sairusrakennusoireiden esiintyvyyteen. Erityisesti pölyä ja muita epäpuhtauksia keräävien pehmeiden pintojen on todettu lisäävän oireilua /Skov ym. 1989/.Tämän vuoksi tässäkin tutkimuksessa selvitettiin melko yksityiskohtaisesti asunnoissa esiintyvät lattia- ja seinämämateriaalit. Niiden yleisyys on esitetty taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1 Tutkimuskohteissa esiintyvät seinä- ja lattiapinnoitteet.

HUONE	olohuone	vanhempien mh	lasten mh	lasten mh
LATTIA-MATERIAALI	parketti 70%	PVC-muovi 51%	PVC-muovi 56%	PVC-muovi 46%
	PVC 24%	parketti 34%	parketti 27%	parketti 33%
		kokolattiam. 4%	kokolatt. 10%	kokolatt. 8%
	muut 6%	muut 11%	muut 7%	muut 13%
SEINÄ-PINTA	maali 31%	paperitapetti 46%	paperit. 45%	paperit. 42%
	paperit. 29%	maali 33%	maali 38%	paperit. 38%
	tekst. 18%	muovitapetti 15%	muovit. 15%	muovit. 20%
	muovit. 12%			
	muut 10%	muut 6%	muut 2%	muut 0%

Lattia- ja seinämateriaaleista, matoista, pehmeistä pinnoista, joustinhuonekaluista sekä kirjahyllyistä muodostettiin pehmeiden pintojen määrää kuvaava indeksi. Sitä käytettiin myöhemmissä analyyseissä kuvaamaan asuntojen pintamateriaaleja. Sen vaikutusta eri tekijöihin pyrittiin määrittämään tilastollisesti.

### 3.2.3 Ulkoilmaparametrit

Jokaiselle tutkimuskohteelle määritettiin ulkoilmaparametrit lähimmältä sääasemalta. Perus- ja seurantamittausten yhteydessä mitattiin lisäksi ulkoilman lämpötila ja kosteus. Taulukkoon 3.2 on koottu kunkin seurantajakson keskiarvo ja -hajonta ulkoilman lämpötilalle, kosteudelle, tuulen nopeudelle ja suunnalle.

Taulukko 3.2 Seurantajaksojen keskimääräiset ulkolämpötilat, ulkoilman kosteudet, tuulen nopeudet ja suunnat.

SEURANTA-JAKSOT	ulkolämpötila °C		ulkokosteus %		tuulen nop. m/s		tuulen suunta 1)	
	k.a.	haj.	k.a.	haj.	k.a.	haj.	k.a.	haj.
1. jakso	2,0	3,3	80,1	9,0	3,3	1,9	254	66
2. jakso	-3,3	4,1	85,8	9,2	5,1	2,0	145	28
3. jakso	3,9	4,8	68,5	12,9	4,6	2,2	177	103

1) asteina myötäpäivään pohjoisesta

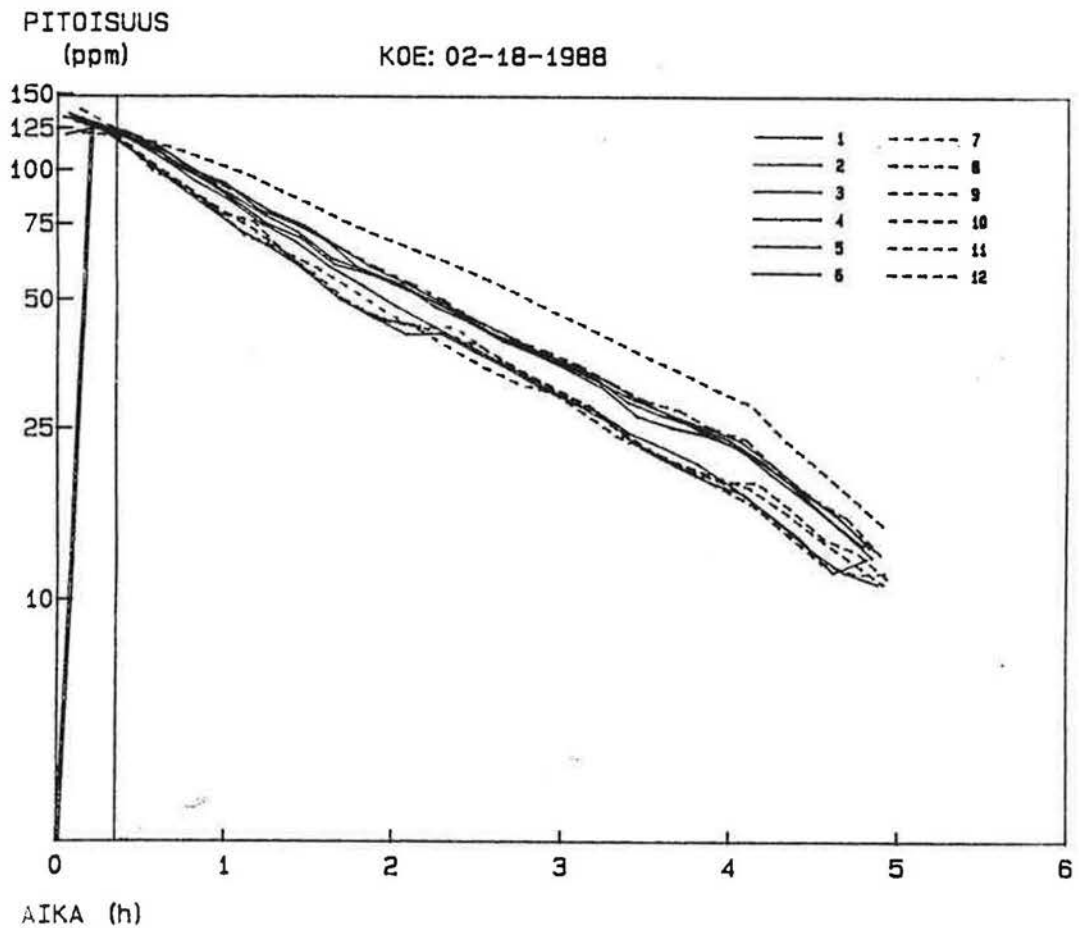
### 3.2.4 Ilmanvaihtuvuus

#### 3.2.4.1 Yleistä

Asuntojen paikalliset ja keskimääräiset ilmanvaihtokertoimet määritettiin alenemamittausmenetelmää käyttäen. Samalla laitteistolla mitattiin myös ilmanvaihdon hyötysuhde sekä yöaikaisista mittauksista epäpuhtauksien poistotehokkuus ja hiilidioksidipitoisuus stationääritilassa. Tutkittavaan asuntoon voitiin sijoittaa kaksitoista näytteenottopistettä. Yleensä tämä oli riittävä määrä kattamaan kaikki huoneet, mutta joissakin asunnoissa jouduttiin jättämään aputiloja mittausten ulkopuolelle.

Ilmanäytteet otettiin huoneiden keskeltä noin 1.5 m korkeudelta sekä poistoilmakanavista. Huoneen keski-kohta havaittiin esitutkimuksen /Ruotsalainen ym. 1987/ perusteella hyväksi sijoituspaikaksi. Tämä tarkistettiin joissakin mittauskohteissa.

Mittaustilanteessa tallennetun datan perusteella voitiin laskea ilmanvaihtuvuuden tunnuslukuja (ilmanvaihtokerroin, epäpuhtauksien poistotehokkuus, ilmanvaihdon hyötysuhde) sekä piirtää kuva merkkiainepitoisuuksista eri huoneissa ajan funktiona. Tällaiset kuvat muodostettiin jokaiselle tutkimuskohteelle, jotta voitiin tarkemmin arvioida mm. oikosulkuvirtauksien esiintyvyyttä. Samankaltaiset kuvat muodostettiin yöaikaisista hiilidioksidimittauksista. Kuvassa 3.1 on esitetty tyypillinen alenemamittaustulos.



Kuva 3.1 Tyypillinen merkkiainepitoisuuden alenemamittauskäyrästä.

### 3.2.4.2 Paikallinen ja keskimääräinen ilmanvaihtuvuus

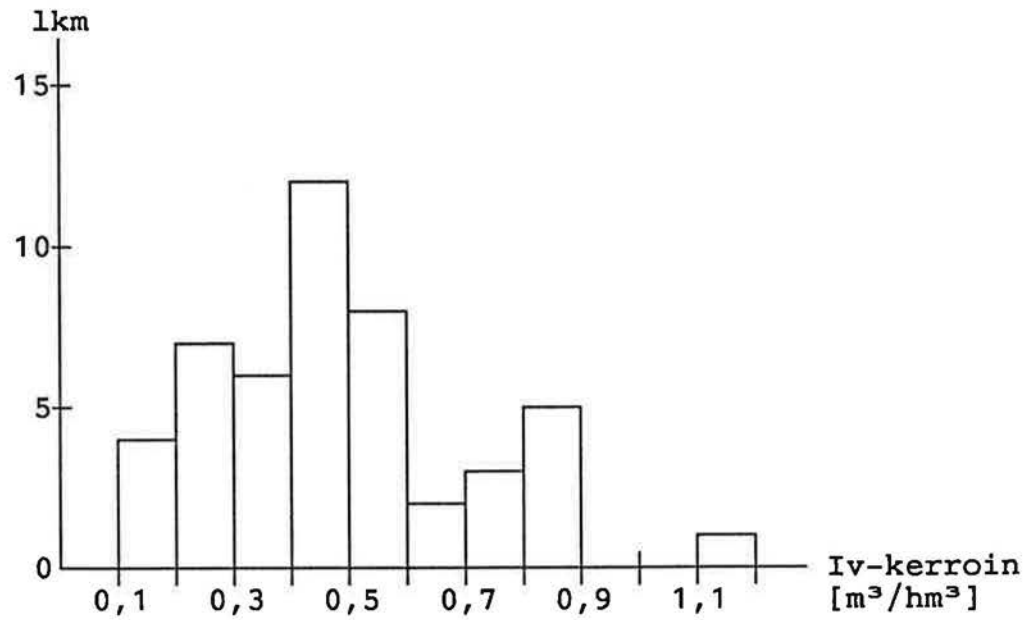
Ilmanvaihtokertoimet määritettiin päiväaikaisten mitausten perusteella. Tällöin koneellisen ilmanvaihdon kerrostalojen automaattisesti ohjatut puhaltimet olivat normaalikäyttöä vastaavalla teholla (kaksinopeuksisissa puhaltimissa pienempi teho). Tulokset vastaavat siis kussakin asunnossa suurimman osan vuorokaudesta vallinnutta puhallinnopeutta. Pientaloista neljässä koneellisen poistoilmanvaihdon asunnossa ja kahdessa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa ei puhaltimia pidetty normaalisti päällä. Myös mitaukset tehtiin näiden asuntojen osalta puhaltimet

pois kytkettyinä.

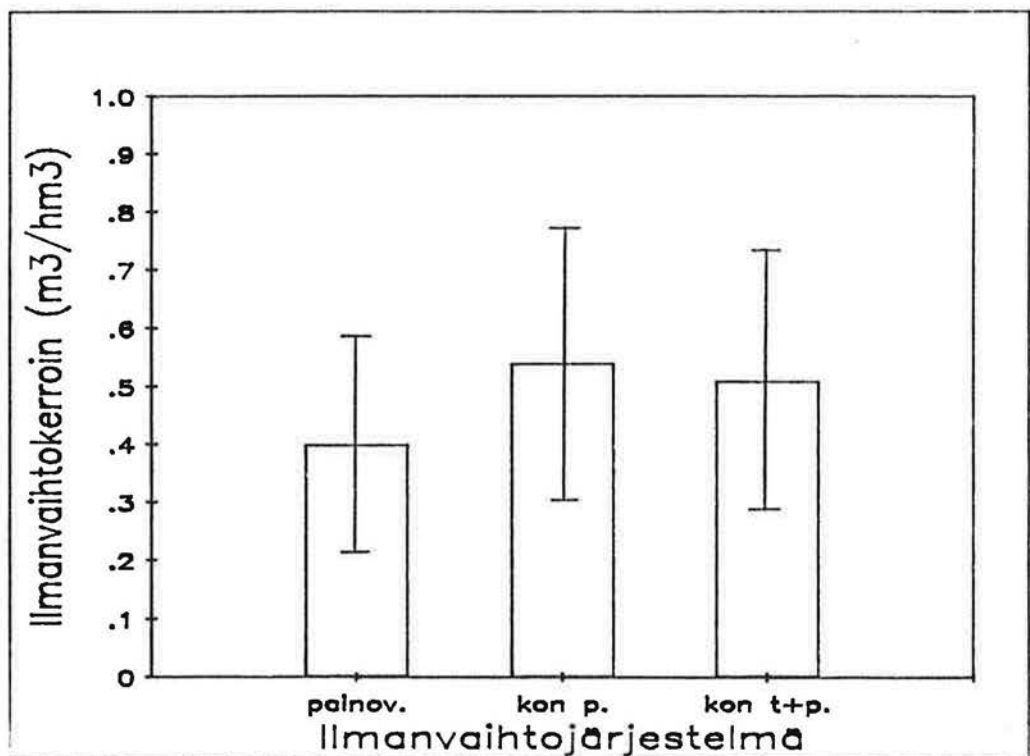
Suuremmalla puhallinnopeudella mitatut ilmanvaihtokertoimet olivat lähes kaksinkertaisia pienemmällä puhallinnopeudella mitattuihin verrattuna. Koska suurempia puhallinnopeuksia kuitenkin käytettiin verrattain harvoin, ei niiden vaikutus vuorokauden keskimääräiseen ilmanvaihtokertoimeen ole kovin suuri. Käyntiajoilla painotetut koko huoneiston keskimääräiset ilmanvaihtokertoimet olivat noin 20% suurempia kuin pienemmällä puhallinnopeudella mitatut.

Koko asunnon keskimääräisissä ilmanvaihtokertoimissa ei ollut suuria eroja ilmanvaihtojärjestelmien välillä. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa mitattiin kuitenkin keskimäärin hieman alhaisempia ilmanvaihtokertoimia kuin koneellisen ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa. Ilmanvaihtuvuuden arvo  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  ylitettiin kaikkiaan 21 tutkimuskohteessa. Kerrostaloasuntojen ilmanvaihtokertoimet olivat jakautuneet hieman suppeammalle alueelle kuin pientaloissa mitatut ilmanvaihtokertoimet (kerrostaloissa  $0,1-0,7 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , pientaloissa  $0,2-1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ), mikä osittain selittynee käyttäjien pienemmästä vaikutusmahdollisuudesta kerrostaloasuntojen ilmanvaihtoon. Kuvassa 3.2 on esitetty asuntojen keskimääräisten ilmanvaihtokertoimien jakauma ja kuvassa 3.3 keskimääräiset ilmanvaihtokertoimet järjestelmittäin.





Kuva 3.2 Asuntojen ilmanvaihtokertoimien jakauma.



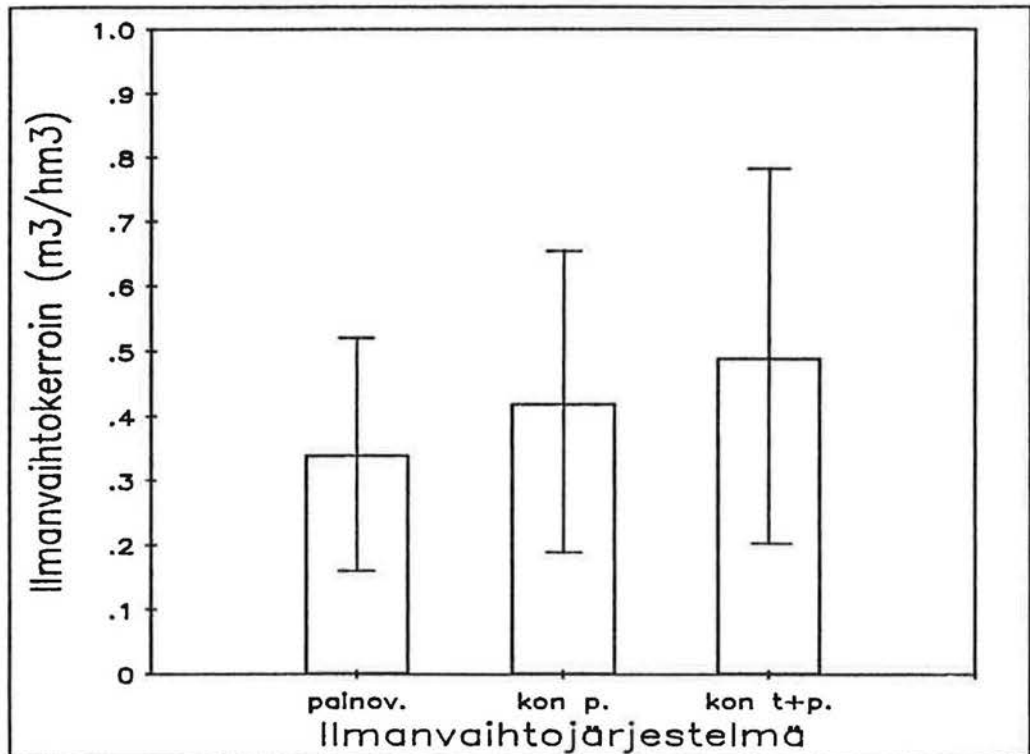
Kuva 3.3 Koko huoneiston ilmanvaihtokertoimien keskiarvot ja -hajonnat ilmanvaihtojärjestelmittäin.

Ilmanvaihtokertoimien hajonta oli suuri kaikkien ilmanvaihtojärjestelmien osalta. Korkeimmat ilmanvaihtokertoimet mitattiin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa, mutta myös useissa painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa ilmanvaihtuvuus oli suhteellisen hyvä.

Joissakin vanhoissa kerrostaloissa sekä yleensä kaksikerroksisissa pientaloissa toimi painovoimainen ilmanvaihto tyydyttävästi. Alhaisimpia olivat ilmanvaihtokertoimet niissä asunnoissa, joissa ulkoseinät olivat hyvin tiiviitä (vuotokohtia etsittiin merkkisavuilla) tai poistoilmaventtiileitä oli vähän asunnon kokoon nähden.

Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa olivat merkittävimpiä ilmanvaihtuvuuteen vaikuttavia tekijöitä ilmanvaihtolaitoksen käyttö (puhaltimen teho), laitteiston säätö (venttiilien asennot ja puhaltimien valinta) sekä korvausilman saanti. Niissä asunnoissa, joissa nämä osatekijät olivat kunnossa, toimi ilmanvaihto yleensä hyvin.

Makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimet olivat jonkin verran alhaisempia kuin huoneistojen keskimääräiset ilmanvaihtokertoimet. Varsinkin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa olivat makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimet alhaisia. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa mitattiin korkeimmat ilmanvaihtuvuudet (kuva 3.4). Ilmanvaihtokerroin  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  saavutettiin vain kolmessa painovoimaisen ilmanvaihdon asunnossa, seitsemässä koneellisen poistoilmanvaihdon asunnossa ja kahdeksassa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa olivat makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimet muutamaa poikkeusta lukuunottamatta varsin lähellä arvoa  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  (Kahdessa asunnossa asukkaat eivät pitäneet puhaltimia päällä).



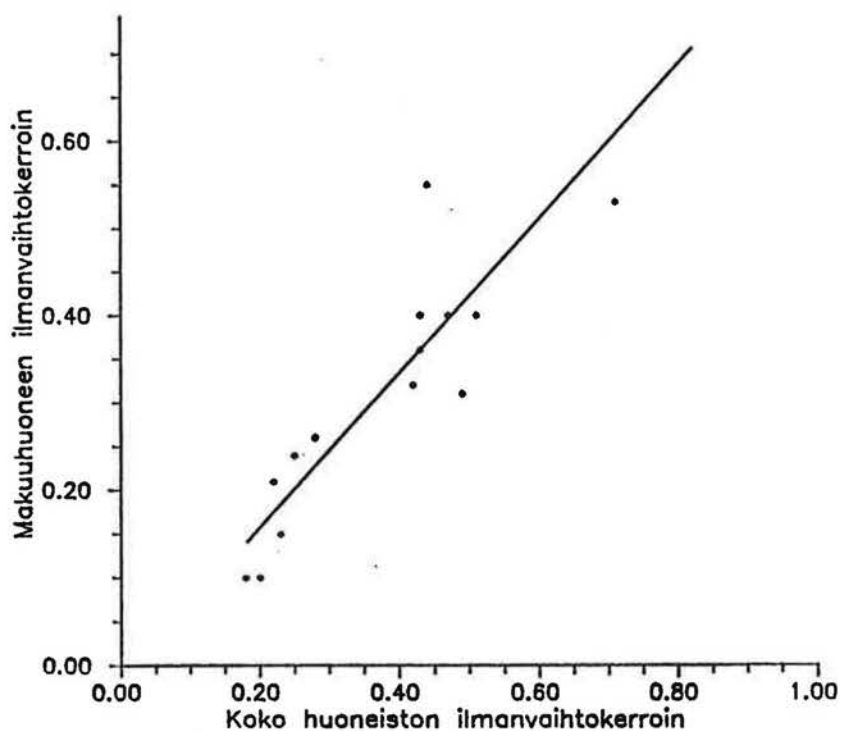
Kuva 3.4 Makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimien keskiarvot ja -hajonnat ilmanvaihtojärjestelmittäin ryhmitettynä.

Ilmanvaihtokertoimet muissa huoneissa (olohuone ja keittiö) olivat yleensä suurempia kuin makuuhuoneissa. Saunaosastojen ilmanvaihtokertoimet olivat kaikkein suurimmat.

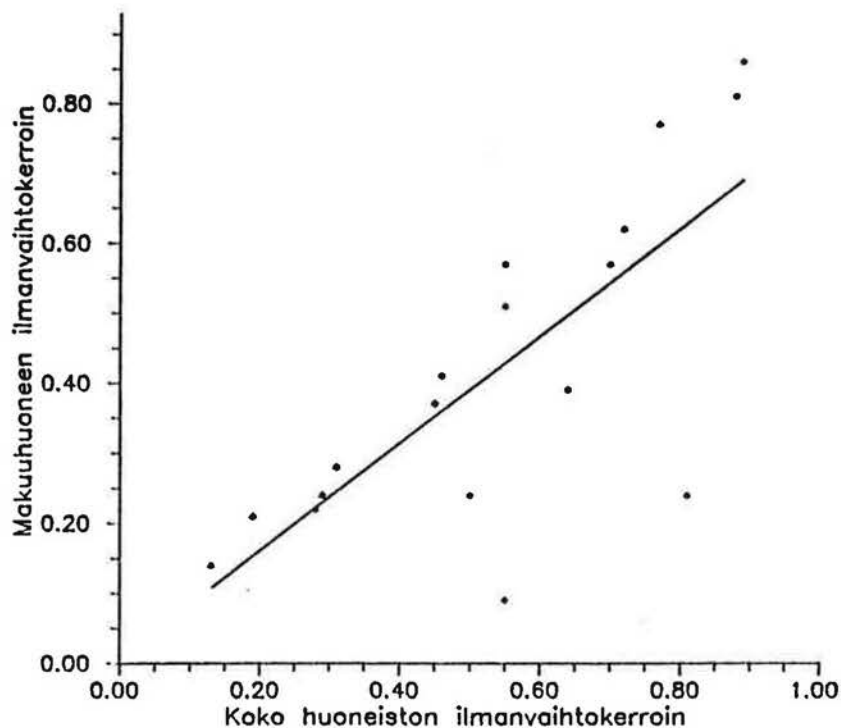
Makuuhuoneen ja koko asunnon ilmanvaihtokertoimien välillä havaittiin selvä riippuvuus kaikilla ilmanvaihtojärjestelmillä. Selkeimmin tämä erottui niissä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa, joissa makuuhuoneissa oli oma tuloilmaelin. Yleensä makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimet olivat jonkin verran huoneiston keskimääräisiä ilmanvaihtokertoimia pienempiä (kun makuuhuoneen ovi oli mittausten aikana kiinni), mutta erot eivät olleet suuria minkään ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa. Makuuhuoneen oven ollessa auki olivat makuuhuoneiden ilmanvaihtokertoimet lähellä asuntojen keskimääräisiä arvoja.

Niissä asunnoissa, joissa makuuhuoneen ilmanvaihtokerroin oli lähellä huoneiston keskimääräistä ilmanvaihtokerrointa, oli yleensä huolehdittu korvausilman saannista joko poistamalla ikkunatiivisteitä tai erilisellä ulkoilmaventtiilillä. Samoin olivat makuuhuoneiden oviraot näissä asunnoissa riittävän suuria.

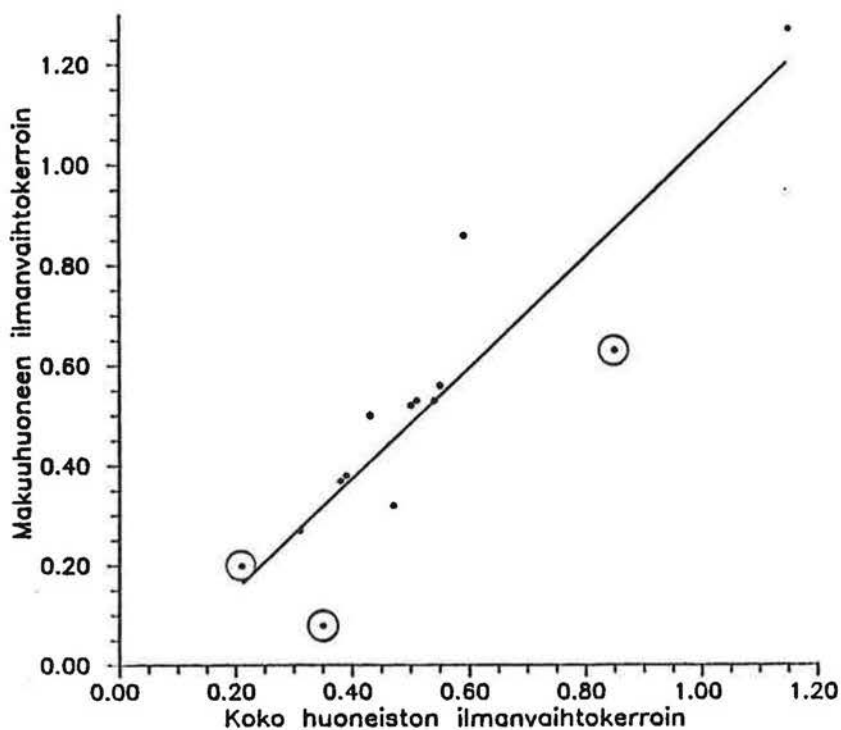
Joissakin yksittäisissä, varsinkin koneellisen poistoilmanvaihdon, asunnoissa oli selvästi huonompi ilmanvaihtuvuus makuuhuoneessa kuin huoneistossa keskimäärin. Näissä asunnoissa ei makuuhuoneiden ulkovai-passa ollut minkäänlaisia korvausilmareittejä. Kuvissa 3.5-3.7 on esitetty makuuhuoneen ja koko huoneiston ilmanvaihtokertoimet tutkimuskohteittain.



Kuva 3.5 Makuuhuoneen ja huoneiston keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen yhteys. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnot.



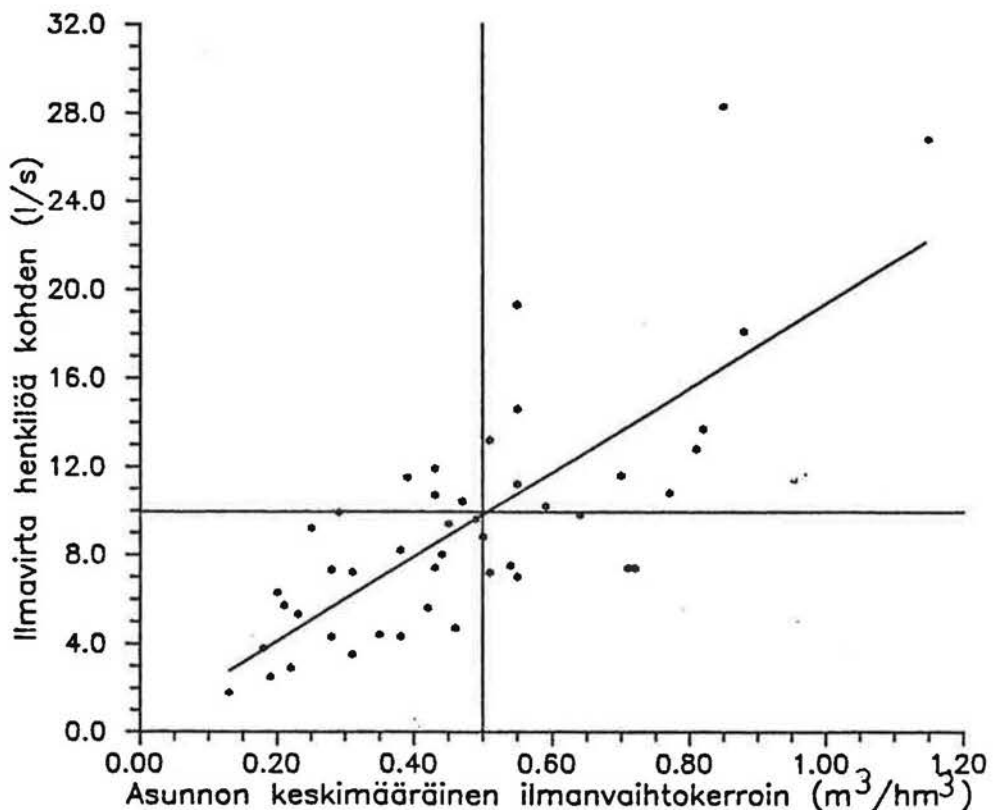
Kuva 3.6 Makuuhuoneen ja huoneiston keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen yhteys. Koneellisen poistoilmanvaihdon asunnot.



Kuva 3.7 Makuuhuoneen ja huoneiston keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen yhteys. Koneellisen tu-  
lo- ja poistoilmanvaihdon asunnot.

Kaikille tutkimuskohteille laskettiin alenemamittausten perusteella ulkoilmavirrat henkilöä kohden makuuhuoneissa. Laskenta tehtiin makuuhuoneen tilavuuden, ilmanvaihtokertoimen ja henkilömäärän perusteella. Koska makuuhuoneen laskennallista tilavuutta oli vaikea määritellä (varsinkin niissä asunnoissa, joissa makuuhuoneen ovi oli auki), ovat tulokset lähinnä suuntaa antavia. Vain 7 %:ssa tutkituista makuuhuoneista (80) olivat henkilöä kohden lasketut raitisilmavirrat yli  $4 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Kaikkien makuuhuoneiden keskiarvo oli  $2,2 \text{ dm}^3/\text{s hlö}$ .

Laskennalliset ilmavirrat henkilöä kohden määritettiin myös koko asunnon osalta. Ilmavirrat vaihtelivat 1,5 ja  $28 \text{ l/s}$  välillä. Asunnon keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen ja henkilöä kohden lasketun ilmavirran välillä todettiin riippuvuus. Ilmanvaihtokerrointa  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  vastasi keskimäärin ilmavirta  $10 \text{ l/s, hlö}$ . Tätä yhteyttä on havainnollistettu kuvassa 3.8.



Kuva 3.8 Asunnon keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen ja henkilöä kohden lasketun ilmavirran yhteys.

### 3.2.4.3 Ilmanvaihdon hyötysuhde

Huoneiston keskimääräinen ilmanvaihdon hyötysuhde määritettiin päiväaikaisissa mittauksissa merkkiainelaitteistolla ilmanvaihtolaitoksen normaalilla käyttöteholla. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa olivat hyötysuhteet varsin lähellä täydellisen sekoittumisen tilannetta (50 %) vaihdellen välillä 41 % - 53 %. Muissa ilmanvaihtojärjestelmissä oli eri asunnoissa mitattujen hyötysuhteiden vaihtelu suurempi (33 - 53 %). Alhaisempia hyötysuhteita mitattiin runsaammin muissa kuin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon järjestelmissä.

### 3.2.4.4 Epäpuhtauksien poistotehokkuus

Epäpuhtauksien poistotehokkuus määritettiin yöaikaisista mittauksista makuuhuoneen ja poistokanavien stationääritilanteen hiilidioksidipitoisuuden perusteella.

Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei ollut suuria eroja epäpuhtauksien poistotehokkuuksissa. Kaikkien tutkimuskohteiden keskiarvo oli 0,54. Oven asennolla havaittiin olevan merkitystä, ja niissä makuuhuoneissa, joissa ovi oli kiinni, ei indeksi ylittänyt arvoa 0,4. Kaikissa niissä asunnoissa, joissa ovi oli auki, mitattiin vähintään 0,34 epäpuhtauksien poistotehokkuudeksi.

Ilmanvaihtokertoimen ja epäpuhtauksien poistotehokkuuden välillä ei havaittu olevan tilastollista yhteyttä, mutta sen sijaan hiilidioksidipitoisuuden ja epäpuhtauksien poistotehokkuuden välillä oli merkitsevä yhteys. Täten huono epäpuhtauksien poistotehokkuus yleensä merkitsi korkeata hiilidioksidipitoisuutta.

## 3.2.4.5 Hiilidioksidipitoisuus

Hiilidioksidipitoisuutta seurattiin infrapuna-analyysaattorilla makuuhuoneissa yöaikaan. Yleensä makuuhuoneissa nukkui kaksi aikuista. Lasten makuuhuoneissa nukkui yleensä yksi lapsi. Mittausten aikana olivat makuuhuoneiden ovet niissä asennoissa, missä asukkaat olivat tottuneet niitä pitämään.

Henkilömäärän havaittiin nostavan hiukan hiilidioksidipitoisuutta, mutta merkittävämpi tekijä oli makuuhuoneen oven asento ja ilmanvaihtotapa. Ne vaikuttavat siihen ilmatilavuuteen, johon hiilidioksidi sekoittuu.

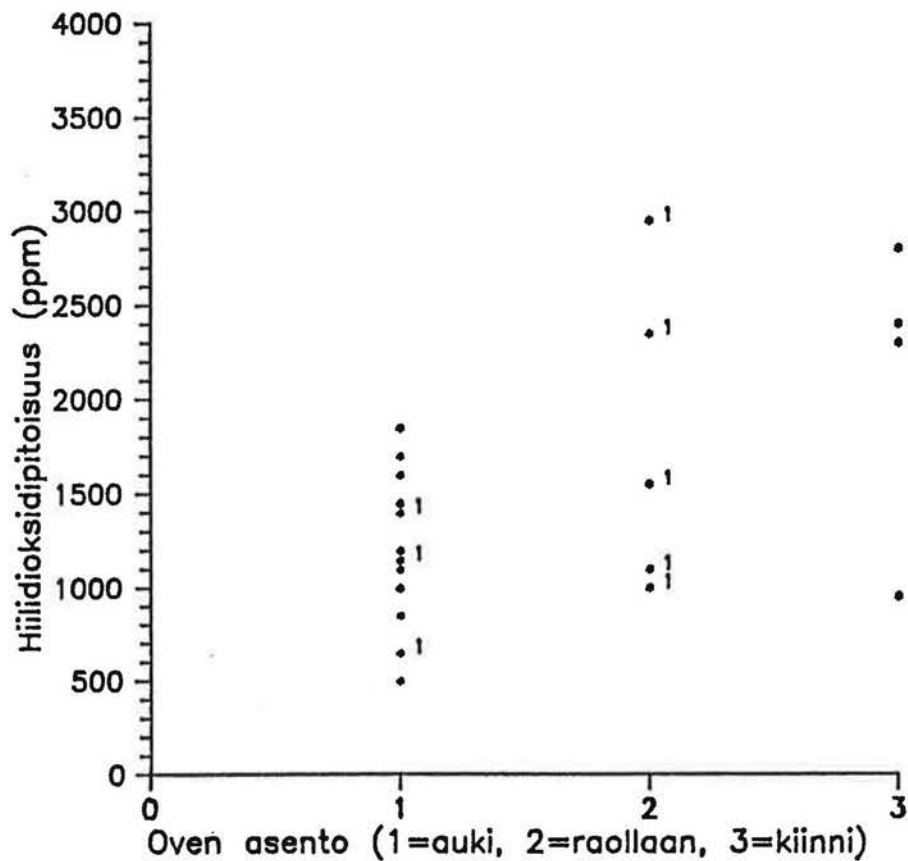
Makuuhuoneen oven ollessa auki eivät hiilidioksidipitoisuudet ylittäneet arvoa 1850 ppm missään asunnossa. Oven ollessa kiinni mitattiin korkeimmaksi hiilidioksidipitoisuudeksi 3700 ppm (koneellinen poistoilmanvaihto). Taulukossa 3.3 on esitetty hiilidioksidipitoisuuksien keskiarvot asunnoissa, joissa ovi oli auki, sekä niissä, joissa ovi oli kiinni. Taulukon arvot ovat todellisia hiilidioksidipitoisuuksia. Niistä ei ole vähennetty ulkoilman pitoisuutta. Tämä oli keskimäärin 350 ppm.

Taulukko 3.3 Stationääritilanteiden hiilidioksidipitoisuudet niissä asunnoissa, joissa ovi oli auki, sekä niistä, joissa ovi oli kiinni. Liesituuletin ei ollut päällä painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa.

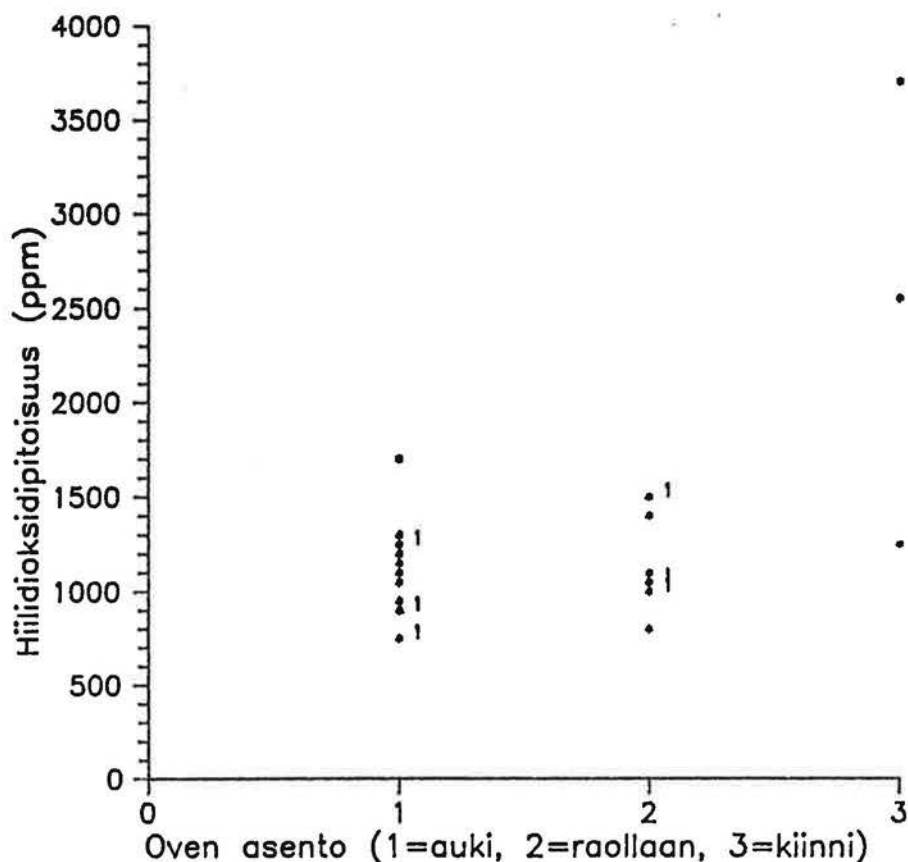
ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	ovi auki (ppm)	ovi kiinni (ppm)
painovoimainen	1200	2100
kon. poisto	1150	2500
kon. tulo+poisto	1000	1700



Makuuhuoneen oven ollessa auki jakautuivat hiilidioksidipitoisuudet kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä suppealle alueelle, eivätkä pitoisuudet kohonneet kovin korkeiksi missään tutkimuskohteissa. Korkein hiilidioksidipitoisuus mitattiin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnossa. Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa olivat enimmäishiilidioksidipitoisuudet hieman alhaisempia. Kuvissa 3.9-3.11 on esitetty hiilidioksidipitoisuudet stationääritilanteessa kolmella oven asennolla kaikissa tutkimuskohteissa. Mittaustulosten viereen on merkitty huoneessa olleiden aikuisten lukumäärä, mikäli se ei ollut kaksi.



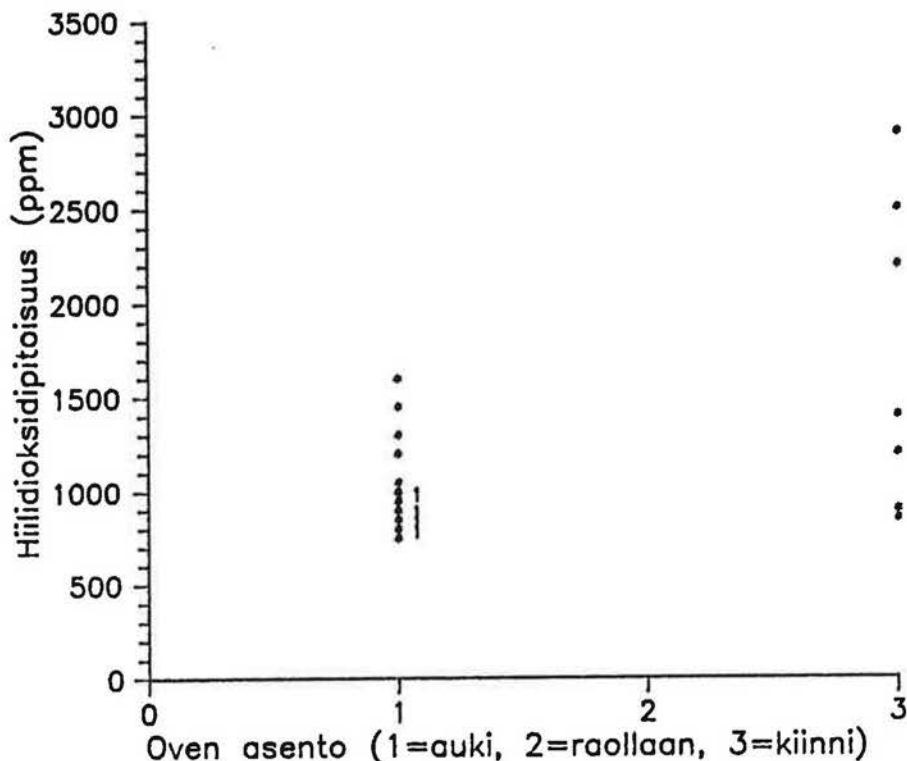
Kuva 3.9 Hiilidioksidipitoisuudet stationääritilanteessa eri oven asennoilla painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa. Liesituuletin ei ollut päällä.



Kuva 3.10 Hiilidioksidipitoisuudet stationääritilanteessa eri oven asennoilla koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa.

Koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa oli mukana vähän sellaisia asuntoja, joissa makuuhuoneen ovea pidettiin kiinni. Mitatusta kolmesta tällaisesta huoneesta kahdessa olivat hiilidioksidipitoisuudet yli 2500 ppm.

Vähiten oven asennolla oli merkitystä koneellisen tu- lo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa. Näissä hiilidioksidipitoisuudet eivät kolmea poikkeusta lukuunot- tamatta kohonneet yli 1600 ppm:n oven asennosta riip- pumatta (kahdessa näistä oli makuuhuoneessa 3 henki- löä). Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 3.11.



Kuva 3.11 Hiilidioksidipitoisuus eri oven asennoilla koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa.

Kaikissa koneellisissa ilmanvaihtojärjestelmissä pysivät hiilidioksidipitoisuudet melko alhaisina, kun makuuhuoneen ovi oli auki, eikä yli 1500 ppm:n pitoisuuksia mitattu kuin kahdessa koneellisen poistoilmanvaihdon ja yhdessä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa pitoisuudet olivat hiukan korkeampia, ja makuuhuoneen oven ollessa auki ylittyi 1500 ppm kolmessa asunnossa. Oven ollessa kiinni löytyi tällaisia asuntoja kuusi kappaletta.

Rakentamismääräyskokoelman mukaan ihmisperäisen hiilidioksidipitoisuuden tulee alittaa asunnoissa 1500 ppm. Tämä toteutuikin suurimmassa osassa tutkimuskohteista, mutta 11:ssä makuuhuoneessa 80:sta tämä arvo ylittyi. Näistä suurin osa oli painovoimaisen ilmanvaihdon asuntoja (6 asuntoa).

Ilmanvaihtokertoimen ja hiilidioksidipitoisuuden välillä havaittiin olevan tilastollisesti melkein merkitsevä yhteys. Alhainen ilmanvaihtokerroin näytti merkitsevän myös korkeita hiilidioksidipitoisuuksia.

#### 3.2.4.6 Ilmavirrat

Kaikissa asunnoissa mitattiin poistoilmavirrat venttiileistä sekä perusmittausten yhteydessä että jokaisen seurantajakson alussa ja lopussa. Jokaisesta venttiilistä siis mitattiin poistoilmavirrat kahdeksan kertaa. Ilmavirrat mitattiin ilmanvaihtolaitoksen normaalilla käyttöteholla (sillä puhaltimen teholla, joka oli käytössä suurimman ajan vuorokaudesta) sekä koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien osalta myös puhaltimen maksimiteholla.

Eri vuodenaikojen ei havaittu juurikaan vaikuttavan koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien toimintaan. Ulkoilmaparametreilla ei tuntunut olevan suurta vaikutusta poistoilmavirtoihin, ja mittausten väliset erot pysyivät suurimmassa osassa mittauskohteista  $\pm 10\%$ :n sisällä keskimääräisistä arvoista. Painovoimaisten ilmanvaihtojärjestelmien toimintaan oli säällä suurempi merkitys. Eri vuodenaikoina mitatut poistoilmavirrat poikkesivat keskiarvoista keskimäärin  $\pm 20\%$ . Suurimmillaan oli poikkeama noin  $50\%$ . Poikkeamat painovoimaisten ilmanvaihtojärjestelmien ilmavirroissa voivat todellisuudessa olla suurempiakin, sillä mittaukset tehtiin normaalia leudomman talven aikana. Tämän vuoksi ulkoilman lämpötilavaihtelu oli mittausten aikana vähäistä (kappale 3.2.3).

Asuntojen poistoilmavirroissa oli suuria eroja kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä. Koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät olivat suurimman osan vuorokaudesta puoliteholla, jolloin ilmavirrat olivat suunnilleen puolet maksimiteholla mitatuista arvoista. Tällöin olivat

poistoilmavirrat alhaisia, eikä eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ollut suuria eroja. Taulukkoon 3.4 on koottu poistoilmavirtamittausten keskiarvot tärkeimmistä venttiileistä kullekin ilmanvaihtojärjestelmälle.

Taulukko 3.4 Poistoilmavirtojen keskiarvot venttiileittäin. Mittaukset on tehty laitoksen normaalilla käyttöteholla. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa liesituuletin ei ollut päällä.

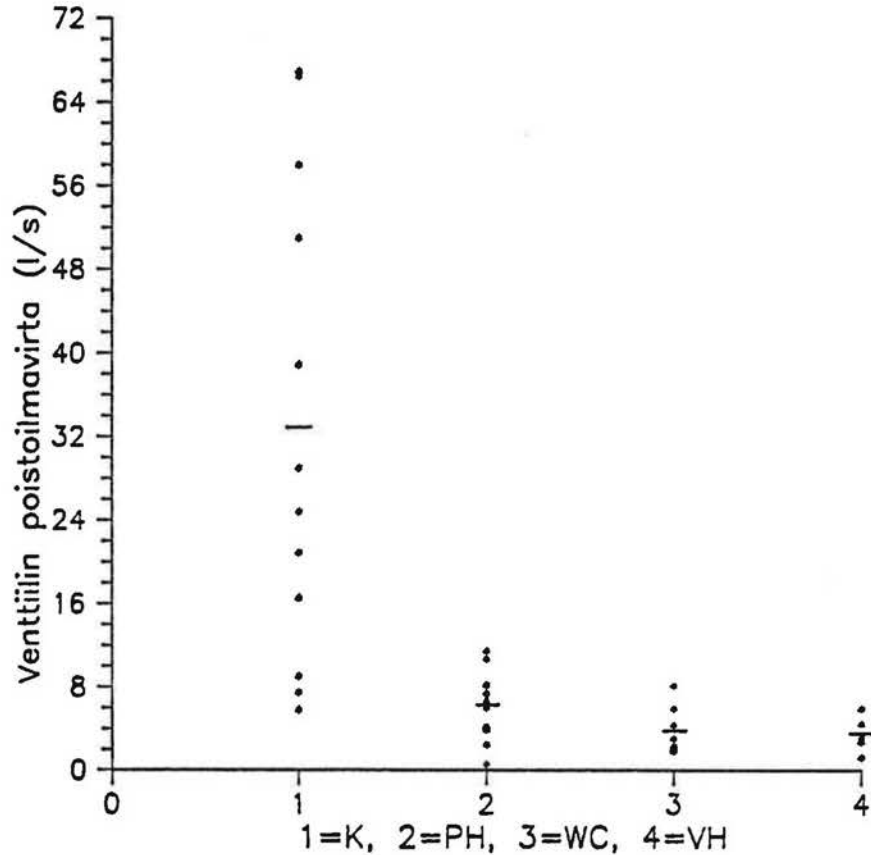
Ilmanvaihtojärjestelmä	Keittiö (l/s)	Pesuhuone (l/s)	WC (l/s)	Vaateh. (l/s)
Painovoimainen	3,0	6,4	3,5	3,1
Kon. poisto	8,1	5,9	3,6	2,2
Kon. tulo+poisto	4,9	5,3	3,9	3,1

Suurimmat erot ilmanvaihtojärjestelmien välillä havaittiin keittiön poistoilmavirroissa. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa mitattiin alhaisimmat ilmavirrat (keskiarvo 3,0 l/s). Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa oli kuitenkin yleensä mahdollista saavuttaa tehokas kohdepoisto liesituuletinta käyttämällä.

Myös ilmanvaihtolaitoksen maksimiteholla olivat mitaustulokset jakautuneet laajalle alueelle kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä. Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa todettiin sekä korkeita että alhaisia poistoilmavirtoja.

Ilmanvaihtolaitoksen tehostetulla käytöllä venttiili-kohtaiset ilmavirrat olivat alhaisimpia painovoimaisissa ilmanvaihtojärjestelmissä, mutta liesituulettimella saavutettiin korkeampia poistoilmavirtoja kuin

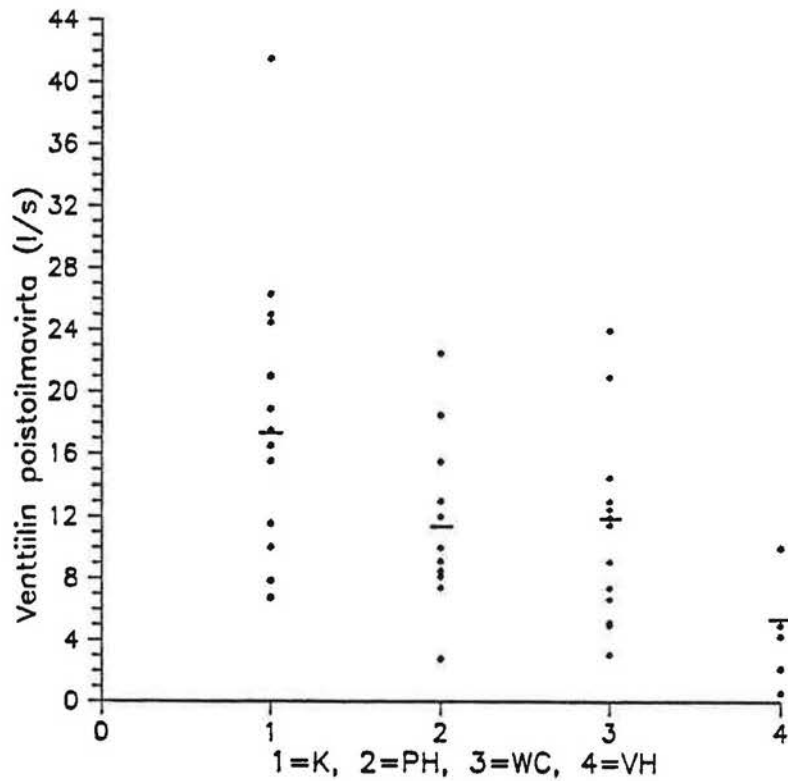
koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien liesikuvuilla. Poistoilmaventtiileistä mitattiin korkeimmat ilmavirrat yleensä pesuhuoneessa. Keskiarvo näistä mittauksista oli 6,4 l/s. Kuvassa 3.12 on esitetty kaikki poistoilmavirtamittaukset painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa.



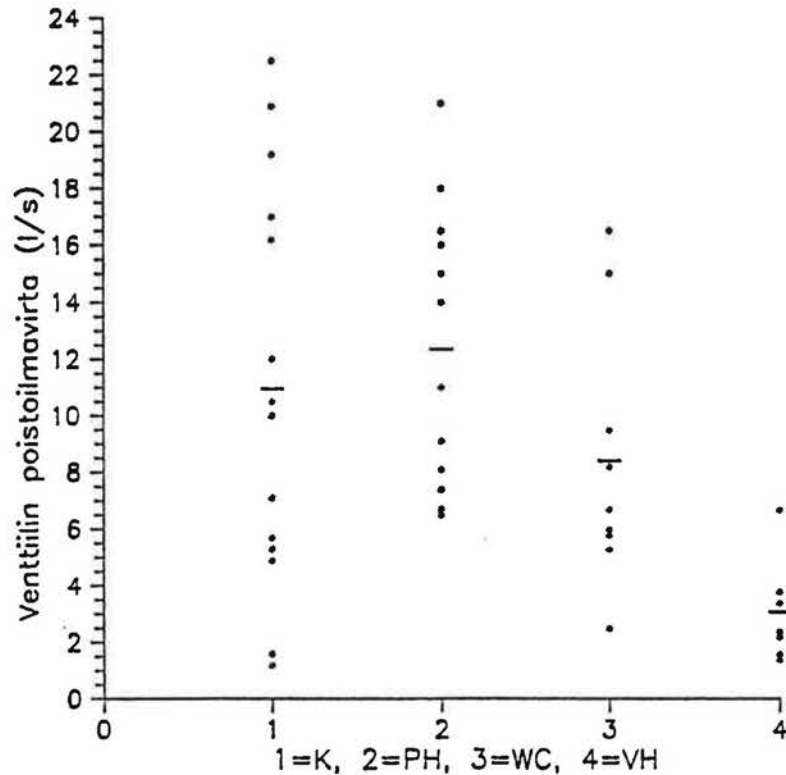
Kuva 3.12 Poistoilmavirrat venttiileittäin painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa. Kuvaan on merkitty myös mittausten keskiarvot. Liesituuletin oli maksimiteholla.

Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa venttiileistä mitattujen poistoilmavirtojen välillä oli suurempia eroja kuin painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän asunnoissa. Suuri hajonta selittyy osassa asunnoista korvausilmareittien puutteellisuudesta sekä virheellis-

ti säädetyistä tai mitoitetuista ilmanvaihtolaitok-  
sista, joita oli enemmän pientalojen kuin kerrostalo-  
jen joukossa. Kuvissa 3.13 ja 3.14 on esitetty ko-  
neellisen ilmanvaihtojärjestelmän asuntojen poistoil-  
mavirtamittaukset puhaltimen maksimiteholla.



Kuva 3.13 Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän  
asuntojen poistoilmavirrat ilmanvaihto-  
laitoksen maksimiteholla. Kuvaan on merkit-  
ty myös keskiarvot.



Kuva 3.14 Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asuntojen poistoilmavirrat venttiileittäin ilmanvaihtolaitoksen maksimiteholla. Kuvaan on merkitty myös keskiarvot.

Ilmavirroista on annettu Suomen rakentamismääräyskoelmassa tilakohtaisia ohjearvoja. Nämä arvot ovat huonetiloittain: keittiö 20  $\text{dm}^3/\text{s}$  (mikäli keittiössä on kohdepoisto), pesuhuone 15  $\text{dm}^3/\text{s}$ , WC 10  $\text{dm}^3/\text{s}$  ja vaatehuone 3  $\text{dm}^3/\text{s}$ .

Puhaltimien maksimiteholla mitattuja poistoilmavirtoja verrattiin näihin ohjearvoihin. Yhdessäkään painovoimaisen ilmanvaihdon asunnossa eivät ohjearvot toteutuneet, paitsi keittiöissä käytettäessä liesituuletinta. Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissakin oli keskimäärin alle puolet sellaisia, joissa ohjearvot toteutuivat yksittäisiä tiloja tarkasteltaessa. Kun tarkasteltavaksi otettiin jokaisessa asunnossa kaikkien asunnossa



olevien tilojen ilmavirrat, ainoastaan 6:ssa 18:sta koneellisen poistoilmanvaihdon ja 2:ssa 17:stä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnosta toteutui-  
vat kaikkien tilojen ohjearvot.

Liesituulettimien tehokkuutta tutkittiin mittaamalla niiden poistoilmavirrat maksimitehoilla. Poistoilmavirtojen keskiarvo asunnoissa, joissa liesituuletinta voitiin säätää muusta ilmanvaihtojärjestelmästä erillisenä (lähinnä painovoimaisen ilmanvaihdon asunnot), oli 56 l/s ja keskihajonta 26 l/s. Koneellisissa ilmanvaihtojärjestelmissä liesikuvun ilmavirran säätö oli lähes aina kytketty koko ilmanvaihtolaitoksen tehon säädön yhteyteen, jolloin liesikupu toimi myös normaalina poistoilmareittinä.

Liesituulettimen käytön vaikutusta muiden venttiilien virtaussuuntiin tutkittiin merkkisavun avulla. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa kääntyi ilman virtaus takaisin huoneistoon joissakin venttiileissä (yleensä pesuhuoneen poistoilmaventtiili) seitsemässä asunnossa, kun liesituuletin oli maksimiteholla. Muis-  
sakin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa liesituulettimen kytkeminen päälle vähensi muiden poistoilmaventtiilien ilmavirtoja, mutta virtaussuunnat säilyivät muuttumattomina. Liesituulettimen vaikutus muihin venttiileihin väheni selvästi kun keittiön ikkuna avattiin. Tällöin säilyivät virtaussuunnatkin oikeina lähes kaikissa asunnoissa. Kahdessa asunnossa ilmeni virtausta pesuhuoneen poistoilmaventtiileistä huoneistoon, vaikka liesituuletin ei ollut päällä.

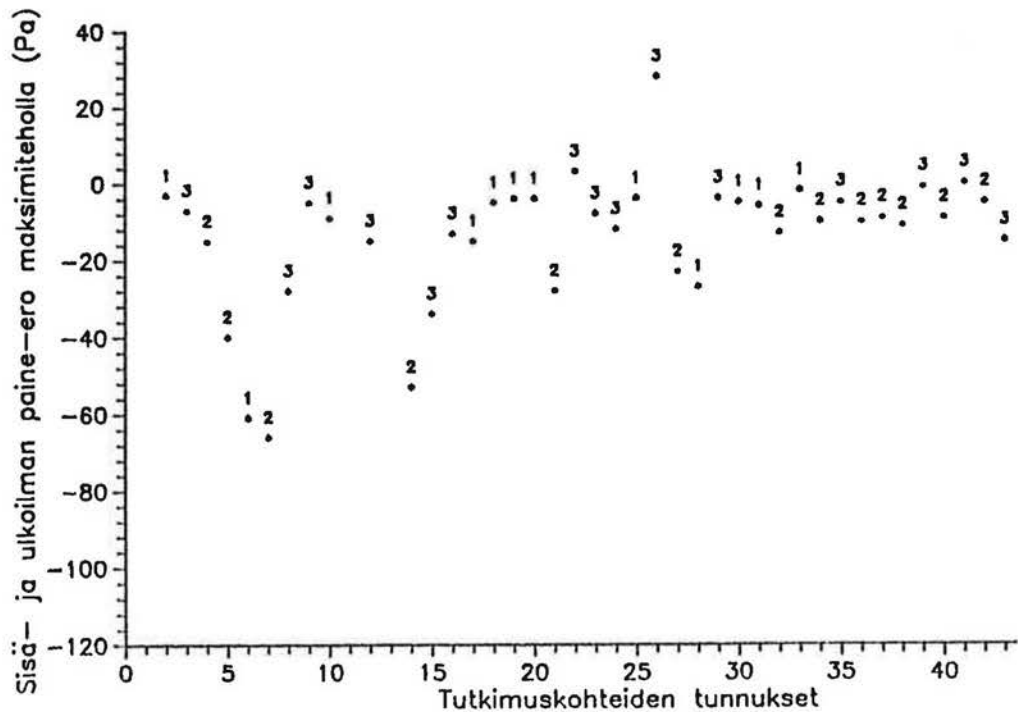
### 3.2.5 Painesuhteet

Rakennusvaipan yli vallitseva paine-ero mitattiin tutkimuskohteissa perusmittausten yhteydessä. Paine-ero mitattiin asunnon ulkovaipan yli ja kerrostaloasunnoissa myös sisäilman ja rappukäytävän välillä. Mitaukset tehtiin sekä ilmanvaihtolaitoksen normaali-

että maksimiteholla.

Asunnot olivat yleisesti ottaen lievästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Kuitenkin viisi koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asuntoa oli ylipaineisia normaalilla käyttöteholla ja kaksi myös maksimiteholla. Rappukäytävään nähden olivat asunnot alipaineisia normaalilla käyttöteholla lukuunottamatta yhtä koneellisen poisto- ja kolmea koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asuntoa. Nämä samat asunnot olivat rappukäytävään nähden ylipaineisia myös maksimiteholla.

Suurimmat alipaineet ulkoilmaan nähden mitattiin koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa. Maksimiteholla alipaine oli suurimmillaan 93 Pa ja normaaliteholla 35 Pa. Vähiten alipaineisia olivat koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnot. Keskimääräinen alipaine niissä oli normaalikäyttöteholla 2,8 Pa (painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa 5,7 Pa, koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa 14,2 Pa). Hajonta oli kuitenkin suuri. Kuvaan 3.15 on koottu kaikkien tutkimuskohteiden paine-erot ilmanvaihtolaitoksen maksimikäyttöteholla.



Kuva 3.15 Tutkimuskohteiden paine-erot maksimikäytöllä. Painovoimaisten järjestelmien osalta tulokset esittävät tilannetta liesituulettimen maksimiteholla. Numerot kuvaavat ilmanvaihtojärjestelmiä (1=painov., 2=kon. poisto, 3=kon. tulo+poisto).

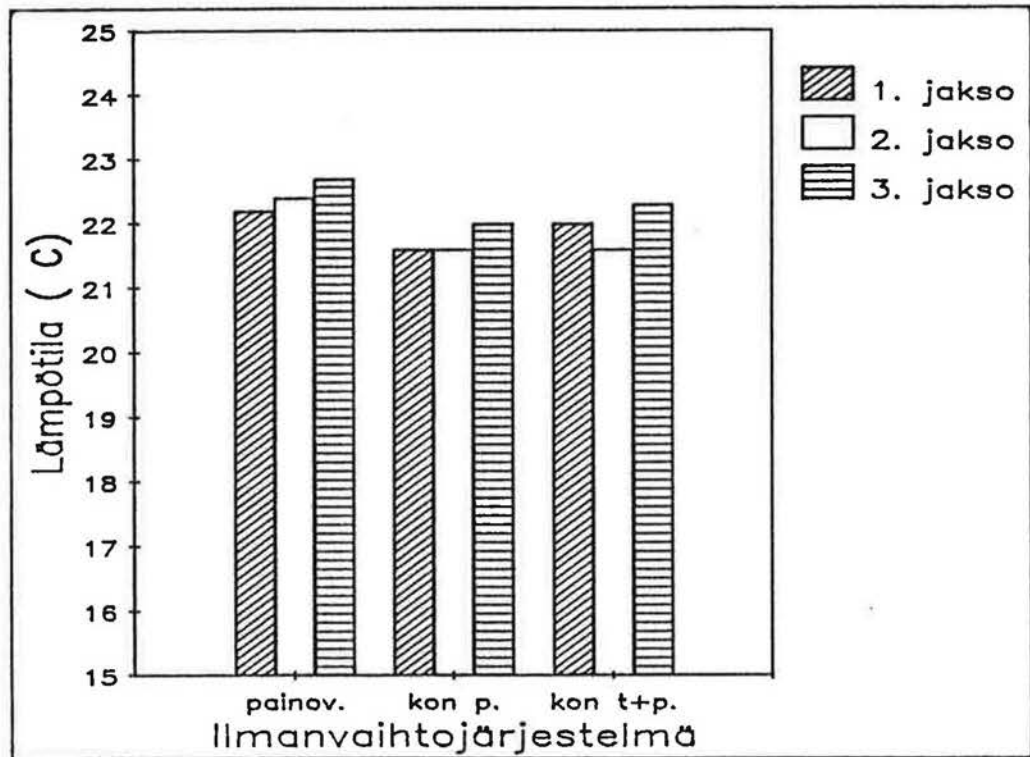
Noin kolmasosassa koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoista oli alipaine niin suuri, että se vaikeutti ulko-oven avaamista. Poistoilmavirrat eivät ylittäneet ohjearvoja. Suuret alipaineet johtunevatkin talojen tiiviydestä. Näissä asunnoissa ei ollut erillisiä korvausilmaventtiileitä eikä ikkunatiivisteitä poistamalla oltu huolehdittu riittävästi korvausilman saannista. Joissakin kerrostaloasunnoissa poistoilmavirrat kasvoivat 50% avattaessa ikkunat, joten korvausilman esteetön saanti vaikuttaa merkittävästi ilmanvaihtuvuuteen.

Rakennuksen alipaineen maksimiarvona ulkoilmaan nähden on rakentamismääräyskokoelmassa esitetty 30 Pa. Ilmanvaihdon tehostetulla käytöllä kuudessa koneellisen poistoilmanvaihdon ja yhdessä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa tämä arvo ylittyi. Painovoimaisen ilmanvaihdon ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa oli sisäilma vain lievästi alipaineinen (joissakin asunnoissa ylipaineinen) rappukäytävään nähden, ja tällöin ilma saattaa kulkeutua sen kautta huoneistosta toiseen.

### 3.2.6 Lämpöolot

#### 3.2.6.1 Lämpötila

Seurantajaksojen aikana asukkaat kirjasivat tutkijoiden heille toimittamille lomakkeille sisälämpötilat ja suhteelliset kosteudet kalibroiduista mittareista. Kirjaukset tehtiin kullakin seurantajaksolla (kaksi viikkoa) aamuin ja illoin. Lisäksi perusmittausten yhteydessä sisälämpötila, sisäilman suhteellinen kosteus ja ulkoilman lämpötila rekisteröitiin. Kuvassa 3.16 on esitetty eri seurantajaksojen sisälämpötilojen keskiarvot ilmanvaihtojärjestelmittäin.



Kuva 3.16 Eri seurantajaksojen sisälämpötilojen keskiarvot ilmanvaihtojärjestelmittain esitetynä.

Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei sisälämpötiloissa havaittu olevan suuria eroja. Todetut erot liittyivät asukkaiden käyttäytymiseen ja lämmitysjärjestelmän toimintaan. Ilmanvaihtokertoimella oli lievä korrelaatio sisälämpötilaan, siten että suuri ilmanvaihtokerroin merkitsi matalaa huonelämpötilaa. Eritäin merkitsevä yhteys sen sijaan saatiin eri seurantajaksojen välisille lämpötilamittauksille. Tämä merkitsee sitä, että sisälämpötilan muutos eri seurantajaksoja vertailtaessa oli samansuuntainen suurimmassa osassa tutkimuskohteita. Niinpä esimerkiksi ensimmäisen ja kolmannen seurantajakson välillä olivat sisälämpötilat kohonneet lähes kaikissa asunnoissa ulkolämpötilan ollessa myös keskimäärin alhaisempi ensimmäisellä kuin kolmannella seurantajaksoilla. Tämä yhteys oli jonkin verran selvempi koneellisen ilmanvaiht-

don kuin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa. Muutokset sisälämpötiloissa olivat pieniä. Tuloksista voidaan kuitenkin todeta, että ulkolämpötilalla on jonkin verran vaikutusta sisälämpötilaan riippumatta käytetystä ilmanvaihtojärjestelmästä.

Makuuhuoneissa mitattiin myös pallolämpötila. Lukemat eivät poikenneet paljon sisäilman lämpötilasta. Suurimmillaankin erot olivat noin 1 K. Ilman lämpötilan jakaamaa tutkittiin mittaamalla lämpötilat kolmelta eri korkeudelta (0,1 m, 1,1 m, 1,7 m). Minkään ilmanvaihtojärjestelmän kohdalla ei havaittu voimakasta lämpötilan kerrostumista. Erot lattian rajasta ja pään korkeudelta mitattujen lämpötilojen välillä olivat keskimäärin 1 K:n luokkaa. Suurimmillaankin oli ero 2,5 K.

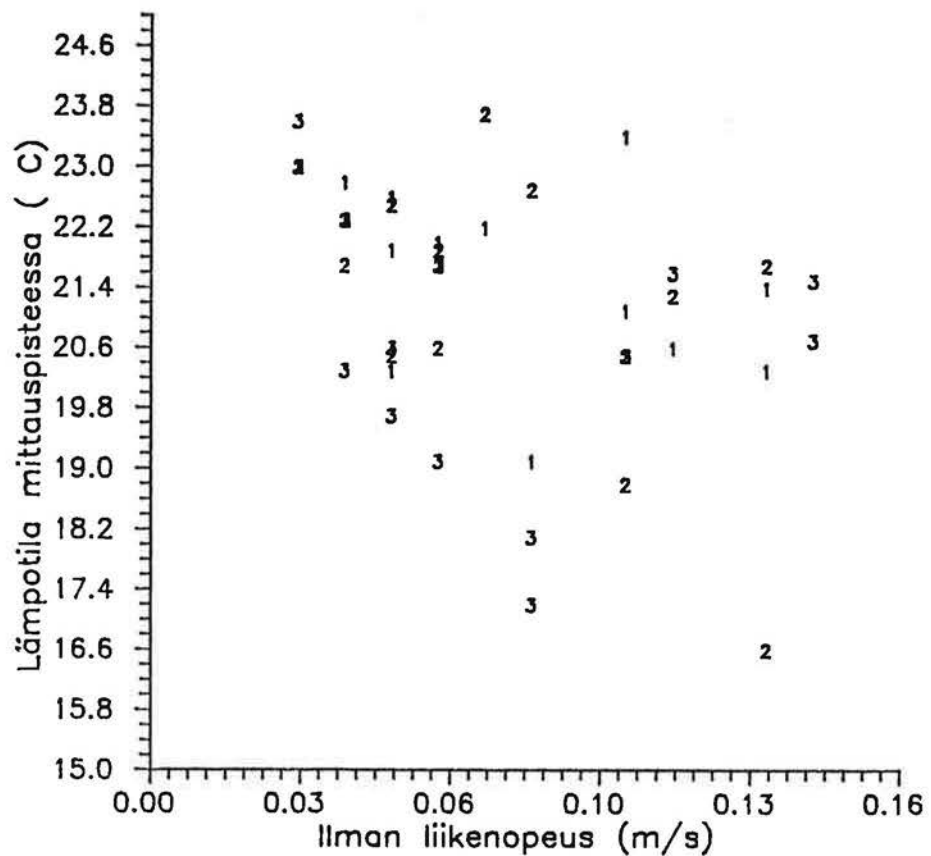
#### 3.2.6.2 Suhteellinen kosteus

Sisäilman suhteellisissa kosteuksissa ei havaittu eroja eri ilmanvaihtojärjestelmien eikä eri talotyyppien välillä. Eri seurantajaksoilla olivat suhteellisen kosteuden keskiarvot 30-40%, eikä alle 15%:n suhteellista kosteutta mitattu kuin yhdessä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa toisella seurantajaksoilla.

Ilmanvaihtokertoimen ja sisäilman suhteellisen kosteuden välillä todettiin tilastollisesti heikko, melkein merkitsevä yhteys. Suuri ilmanvaihtokerroin näytti merkitsevän alhaista kosteuspitoisuutta. Yhteys olisi saattanut olla voimakkaampikin, mutta sekoittavia tekijöitä oli runsaasti (mm. saunominen, pyykin pesu, ruoanlaitto ja ilmentö).  
käyttö).

### 3.2.6.3 Ilman liikenopeus

Ilman nopeus mitattiin oleskeluvyöhykkeellä (0,6m ulkoseinästä) vetoisiksi koetuista paikoista (näitä kysyttiin asukkailta ja etsittiin mittaamalla) sekä ikkunoiden ja ulko-ovien läheisyydestä. Mittaukset tehtiin kolmelta korkeudelta (0,1 m, 1,1 m, 1,7 m). Suurimmat nopeudet havaittiin eteisessä (pientalot), parvekkeen oven edessä sekä joidenkin ikkunoiden läheisyydessä. Asuntojen suurimpien keskinopeuksien on todettu löytyvän lähellä lattiaa ilmanvaihtojärjestelmästä riippumatta /Kovanen ym., 1988/, ja mittaustulokset tukivat tätä käsitystä. Kaikista mittauskohdista laskettiin kaikkien asuntojen keskiarvot. Nämä vaihtelivat 0,07 m/s ja 0,09 m/s välillä. Suurehkoja liikenopeuksia (yli 0,15 m/s) tavattiin muutamissa yksittäisissä pisteissä, mutta muuten olivat arvot alhaisia kaikissa asunnoissa. Ilmanvaihtojärjestelmällä ei havaittu olevan vaikutusta tuloksiin, vaan eroavuuDET tuloksissa johtuivat pääasiassa rakennusvaipan tiiviyydestä. Kuvassa 3.17 on esitetty ilman liikenopeusmittaukset ja lämpötilat olohuoneessa.



Kuva 3.17 Ilman liikenopeudet ja lämpötilat mittauspisteissä olohuoneissa vetoisimmassa kohdassa mitattuna. Ilmanvaihto oli normaalilla käyttöteholla. Numerot viittaavat ilmanvaihtojärjestelmään: 1=painovoimainen, 2=koneellinen poisto, 3=koneellinen tulo- ja poisto.

Kuvan mittauksista ainoastaan yhdessä asunnossa on mitattu Suomen rakentamismääräyskokoelman D 2 suositusten vastainen arvo. Mitatut arvot ovat kuitenkin kolmen minuutin keskiarvoja, ja hetkellisesti ilman virtausnopeudet saavuttivat korkeampia arvoja. Lisäksi mittausajankohtana ei esiintynyt kovin alhaisia ulkolämpötiloja, joten vedon tunnetta saattaa esiintyä tutkimuskohteissa enemmän kuin mitaustuloksista voisi päätellä.



### 3.2.7 Melutaso

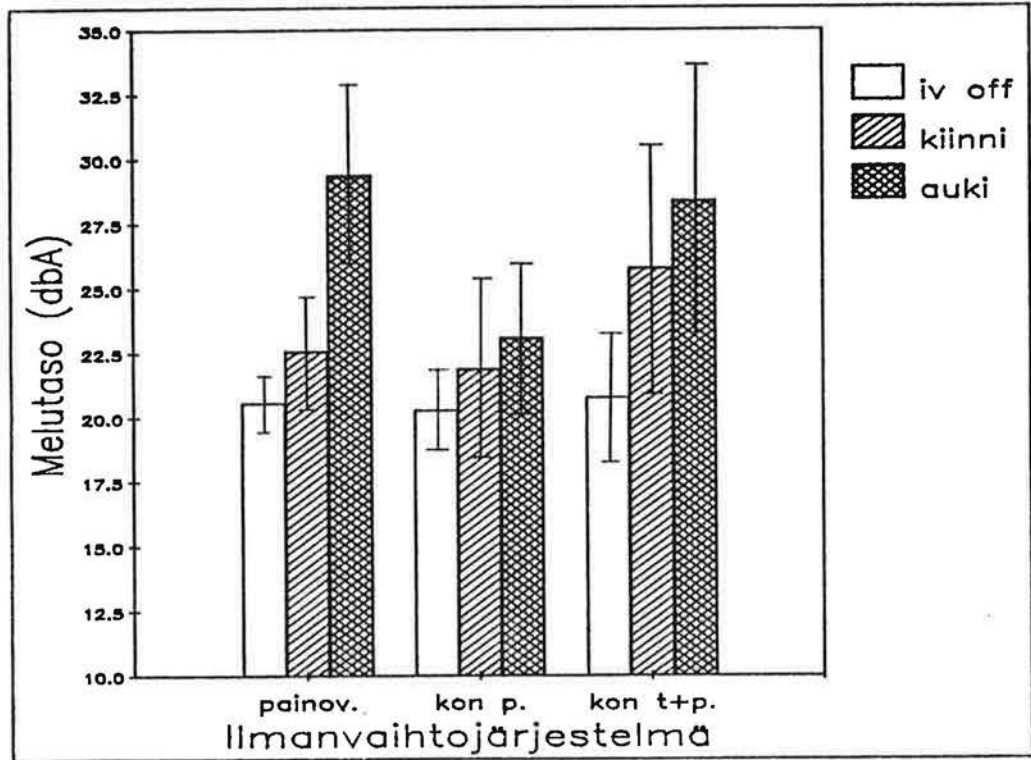
Äänenpainetaso mitattiin keittiössä ja olohuoneessa A-painotuksella sekä makuuhuoneessa myös oktaavikais-toittain. Mittaukset tehtiin ilmanvaihtolaitoksen mi-nimi- ja maksimitehoilla sekä taustamelun määrittämi-seksi ilmanvaihtolaitoksen ollessa pois kytkettynä. Makuuhuoneessa melutaso mitattiin sekä oven ollessa auki että kiinni. Mittaukset tehtiin päiväsaikaan.

Taustamelu oli makuuhuoneissa keskimäärin 21 dB(A) (vaihtelu 15-28 dB(A)) ja keittiöissä keskimäärin 26 dB(A) (17-41 dB(A)). Erot mittaustuloksissa johtuivat pääosin asunnon ulko- ja sisäpuolisista äänilähteistä. Ulkopuolisista äänilähteistä selvin oli liikenteen aiheuttama melu, ja sisäpuolisista äänilähteistä huomattavimpia olivat keittiön kotitalouskoneet (jääkaappi ja pakastin).

Ilmanvaihtolaitosten aiheuttama melu oli yleensä vähäistä, ja huomattavasti häiritsevämpää oli keittiön koneiden aiheuttama melu. Normaalisti ilmanvaihtolaitoksen käyttöteholla ei makuuhuoneissa mitattu missään tutkimuskohteessa yli 30 dB(A) arvoja. Keskimäärin oli melutaso makuuhuoneissa 22 dB(A). Suurimmat melutasot mitattiin koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa (30 dB(A)), mutta keskimäärin olivat koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa mitatut melutasot korkeimmat (keskiarvo 23 dB(A)).

Ilmanvaihtolaitoksen maksimitehollakaan ei koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa mitattu makuuhuoneissa 30 dB(A) ylittäviä arvoja oven ollessa auki. Sen sijaan seitsemässä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa mitattiin makuuhuoneessa yli 30 dB(A). Näistä kuudessa asunnossa olivat mittaustulokset alle 35 dB(A), ja yhdessä kerrostalohuoneistossa mitattiin 41 dB(A). Keskiarvokin näistä mittauksista oli melko korkea eli 28 dB(A). Kuvassa 3.18 on esitetty makuuhuoneissa tehtyjen mittausten keskiarvot ja keskiha-

jonnat ilmanvaihtojärjestelmittäin esitettynä.



Kuva 3.18 Makuuhuoneen melutasomittausten keskiarvot ja keskihajonnat oven ollessa auki ja kiinni. Mittaukset tehtiin ilmanvaihtolaitoksen maksimiteholla ja sen ollessa pois kytkettynä. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa oli liesituuletin maksimiteholla.

Makuuhuoneiden enimmäisäänitasoksi annettu 30 dB(A) alittui kaikissa asunnoissa ilmanvaihtolaitoksen normaalilla käyttöteholla. Ilmanvaihdon tehostetulle käytölle rakentamismääräyskokoelma sallii +10 dB ylityksen, ja vain yhdessä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa mitattiin yli 40 dB(A). Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa ilmanvaihtolaitteiston aiheuttama melu oli kuitenkin selvästi taustamelusta erottuvaa seitsemässä asunnossa, ja näissä kaikissa mitattiin makuuhuoneessa yli 30 dB(A)

ilmanvaihtolaitoksen tehostetulla käytöllä.

Makuuhuoneen oven vaimennusta tutkittiin tekemällä melutasomittaukset eri oven asennoilla sekä ilmanvaihtolaitoksen eri käyttötehoilla. Minimiteholla olivat melutasot alhaisia, eikä oven asennolla ollut suurta merkitystä. Ilmanvaihtolaitoksen maksimiteholla olivat melutasot korkeampia, ja oven vaimentava vaikutuskin oli suurempi. Kaikkien mittausten keskiarvona vaimennus oli 3 dB ja suurimmillaan 10 dB. Oven asennon vaikutus mittaustuloksiin käy ilmi kuvasta 3.18.

Makuuhuoneissa oktaavikaistoittain tehtyjä mittauksia vertailtiin toisiinsa, ja tyypilliset oktaavikaistamittaukset eri ilmanvaihtojärjestelmillä varustetuissa asunnoissa on esitetty taulukossa 3.5.

Taulukko 3.5 Tyypilliset melutasot oktaavikaistoittain eri ilmanvaihtojärjestelmissä (dB). Ilmanvaihtojärjestelmät ovat ylhäältä alaspäin:

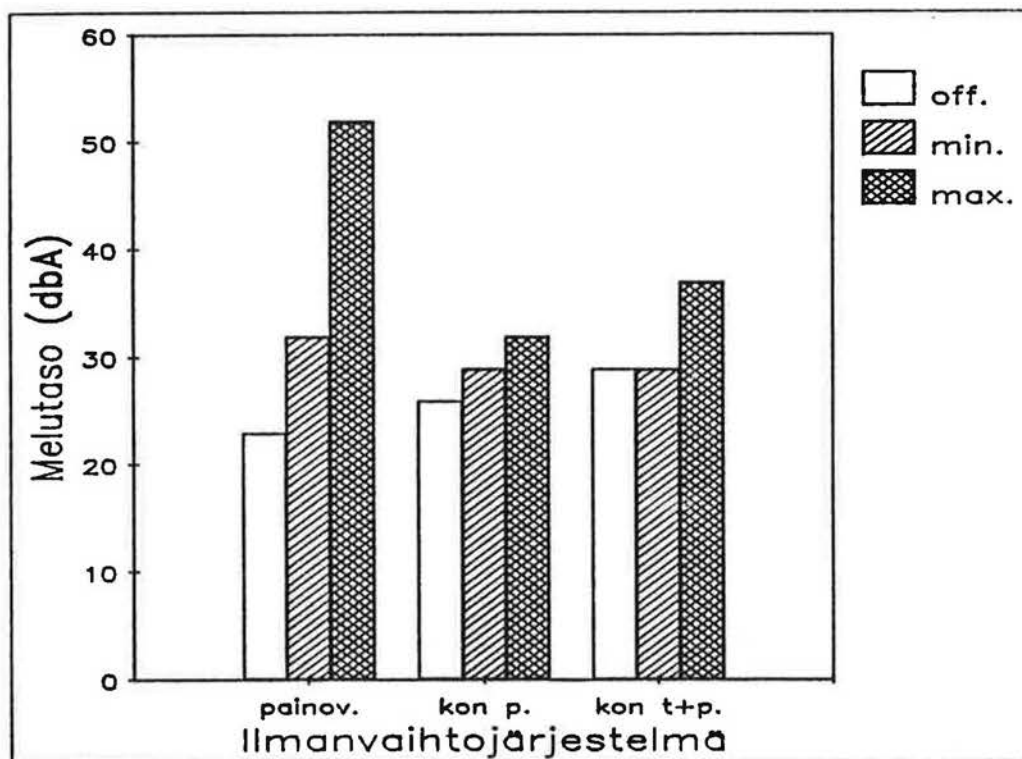
painovoimainen ilmanvaihto, koneellinen poistoilmanvaihto, koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Taulukon arvot dB.

Äänitaajuus (Hz)							
64	128	250	500	1000	2000	4000	8000
34	33	20	13	7	7	6	7
33	32	19	17	15	10	7	8
31	29	18	16	16	13	9	8

Melutasot taajuusalueen alku- ja loppupäässä olivat kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä yleensä samansuuriset, mutta keskitaajuuksilla (500-2000 Hz) äänenpaineitasot olivat jonkin verran korkeampia koneellisissa ilmanvaihtojärjestelmissä kuin painovoimaisessa

ilmanvaihtojärjestelmässä. Näyttääkin siltä, että koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät tuottavat keskiäänä, jotka myös ihmiskorva herkimmin erottaa.

Keittiöissä mitattiin asuntojen korkeimmat melutasot. Melutasomittaukset tehtiin ilmanvaihtolaitoksen maksimiteholla, minimiteholla ja laitoksen ollessa kytkettynä pois päältä. Kaikki mittaukset tehtiin yhtä kaukaa liesikuvusta (1,5 m) ja samalta korkeudelta (1,1 m). Mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.19.



Kuva 3.19 Keittiöiden melutasomittausten keskiarvot ilmanvaihtolaitoksen eri käyttötehoilla. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa tehtiin mittaukset liesituulettimen eri tehoilla.

Tarkasteltaessa painovoimaisen ilmanvaihdon asuntojen tuloksia voidaan havaita, että melutasot liesituulet-

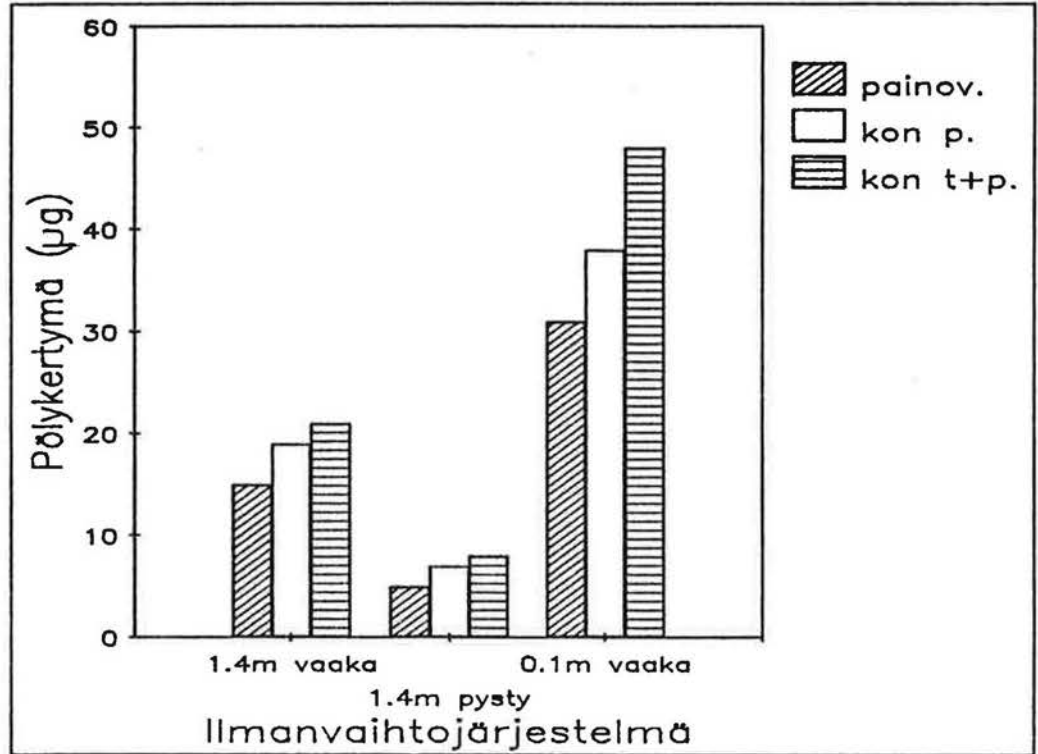
timen maksimiteholla ovat varsin korkeita ja selvästi häiritseviä. Kaikissa asunnoissa ylittyi 35 dB(A) melutaso. Suurin mitattu arvo oli 56 dB(A). Tosin liesituuletinta käytetään yleensä vain lyhyt aika (alle tunti) kerrallaan.

Melutasot olivat huomattavasti alhaisempia liesituulettimen puoliteholla. Tällöin tosin liesituulettimen kyky poistaa epäpuhtauksia oli myös alentunut. Liesituulettimen aiheuttama äänitaso olikin voimakkaassa yhteydessä sen ilmavirtaan.

### 3.2.8 Pölypitoisuus

Huoneistojen pölypitoisuuksia tutkittiin depositiometelmällä seurantajaksojen aikana. Pölykeräimiä oli sijoitettu makuuhuoneeseen kolme: 0,1 m korkeuteen vaaka-asentoon sekä noin 1,4 m korkeuteen vaaka- ja pystyasentoon. Olohuoneessa oli yksi keräin noin 1,4 m korkeudella. Kaikille pölykeräimille laskettiin sadan tunnin kertymää vastaava arvo, jotta tutkimuskohteet saatiin vertailukelpoisiksi. Kaikki esitetyt tulokset ovat sadan tunnin kertymäarvoja.

Kaikilta seurantajaksoilta laskettiin kaikkien asuntojen keskiarvot kullekin pölykeräimelle sekä kullekin asunnolle kaikkien asunnossa olleiden keräimien keskiarvo. Vertailtaessa keskiarvoja kullekin pölykeräimelle ilmanvaihtojärjestelmittäin todettiin kaikilla seurantajaksoilla painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa pienimmät pölypitoisuudet ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa suurimmat pölypitoisuudet. Samansuuntaisia tuloksia saatiin myös vertailemalla kaikkien asunnossa olleiden pölykeräimien keskiarvoja. Erot eivät kuitenkaan olleet suuria keskiarvoissa, ja näkyivät selvimmin kolmannella seurantajaksoilla. Kuvassa 3.20 on esitetty on esitetty kolmannen seurantajakson pölykertymien keskiarvoja.



Kuva 3.20 Pölykertymien keskiarvoja kolmannelta seurantajaksoilta ilmanvaihtojärjestelmittäin esitettynä. Keskiarvot on laskettu kullekin makuuhuoneen pölykeräimelle.

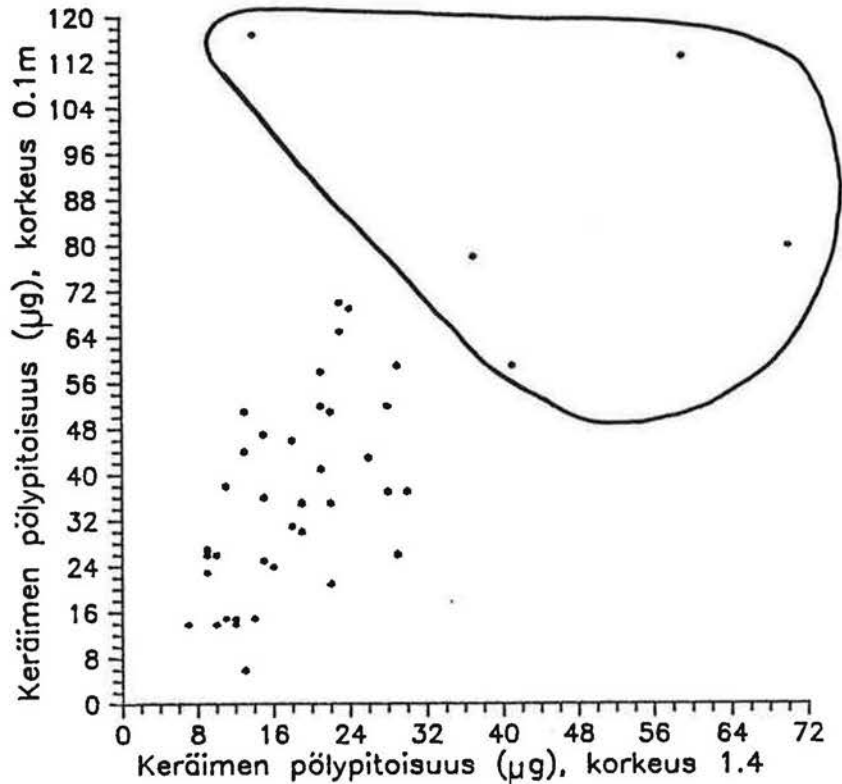
Kuvasta 3.20 nähdään järjestelmien välisen eron lisäksi selvän korrelaation pölykeräimen sijainnin ja pölykertymän välillä. Lattianrajassa sijaitseviin keräimiin kertyi selvästi enemmän pölyä kuin muihin keräimiin, ja pystyasennossa olevaan keräimeen selvästi vähiten. Olohuoneessa olevan keräimen pölykertymät olivat hiukan alhaisempia kuin makuuhuoneen vastaavalla korkeudella olevan keräimen arvot, mutta vastaavuus ei ollut täysin säännönmukaista (tilastollisesti kylläkin merkitsevä).

Eri seurantajaksojen välillä havaittiin myös selviä poikkeamia, siten että kertymät toisella seurantajak-

solla olivat selvästi alhaisemmat kuin ensimmäisellä ja kolmannella jaksolla. Ulkoilman pölypitoisuuksia ei mitattu, mutta erot eri jaksojen välillä selittyvät juuri muutoksista ulkoilman pölypitoisuuksissa.

Keskiarvojen lisäksi tarkasteltiin pölykertymiä asunnoittain. Tällöin havaittiin, että muita pölykertymäarvoja selvästi suuremmat arvot tavattiin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa, joskin joukossa oli myös pieniä arvoja. Kun kaikista pölykertymämittauksista erotettiin selvästi suurimmat arvot, ja tarkasteltiin näiden ilmanvaihtojärjestelmiä, todettiin näin saatuun joukkoon kuuluvan kahdeksan koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asuntoa, neljä koneellisen poistoilmanvaihdon asuntoa ja yksi painovoimaisen ilmanvaihdon asunto. Kaikilla seurantajaksoilla eivät asunnot, joissa mitattiin suurimmat pölykertymät, olleet samoja. Jollakin seurantajaksoilla asunto, jossa mitattiin suuri pölykertymä, saattoi toisella seurantajaksoilla saada hyvinkin pieniä kertymiä.

Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa olivat pölykertymät suhteellisen tasaisia, ja näiden arvot olivat yleensä kaikkien asuntojen keskiarvojen alapuolella. Kuvassa 3.21 on havainnollistettu kolmannelta seurantajaksoilta kahden pölykeräimen kertymät sekä erotettu viivalla selvästi suurimmat arvot. Näin saatuun joukkoon kuului tässä tapauksessa neljä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asuntoa ja yksi koneellisen poistoilmanvaihdon asunto.



Kuva 3.21 0,1 m:n ja 1,4 m:n korkeudella sijainneiden pölykeräimien kertymät toisella seuranta-jaksolla. Suurimmat arvot on erotettu viivalla. Tähän joukkoon kuului 4 koneellisen poiston ja 1 painovoimaisen ilmanvaihdon asunto.

Pölykertymän yhteyttä ilmanvaihtojärjestelmään tutkittiin myös tilastollisesti ristiintaulukoinnilla ja khiinneliötestillä. Mahdollisina sekoittavina tekijöinä otettiin huomioon siivous, tuuletus, tupakointi, asuinpaikkakunta, sisustusmateriaalit ja henkilölukumäärä.

Tilastollisesti yhteys pölykertymän ja ilmanvaihtojärjestelmän välillä oli melkein merkitsevästä merkitsevään riippuen seurantajaksosta ja pölykeräimen sijainnista. Yllä mainituista tekijöistä ainoastaan tuulettustapojen todettiin olevan sekoittava tekijä. Tuulettuksen vaikutus ilmanvaihtojärjestelmän ja pölykertymän väliseen riippuvuuteen oli heikentävä. Näinollen tuulettuksen huomioiminen vahvistaisi hiukan tilastol-



lista riippuvuutta. Myöskään ilmanvaihtokertoimella ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä pölykertymiin.

Vaikka tilastolliset testit sekä pölykertymien keskiarvojen ja huippuarvojen vertailut osoittavatkin pölyä esiintyvän runsaammin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa, ovat nämä tulokset otoksen pienuuden vuoksi lähinnä suuntaa antavia. Pölymittauksissa ei pystytty erottamaan karkean ja hienojakoisen pölyn kertymiä, ja muissa tutkimuksissa on todettu tuloksien ilmanvaihtojärjestelmän ja pölypitoisuuksien välillä olevan ristiriitaisuus, kun jaetaan pölyt hiukkaskoon mukaan kahteen luokkaan /Savolainen ym. 1988/. Samaten, vaikka asunnon sijaintipaikkakunnalla ei todettukaan olevan merkitystä pölykertymiin, olisi tunnettava tutkimuskohteen välittömän läheisyyden pölypitoisuus, jotta ulkoilman vaikutus sisäilman pölypitoisuuteen voitaisiin varmuudella poistaa.

Kun asuntoja, joissa esiintyi korkeita pölykertymiä, analysoitiin tarkemmin, havaittiin, että eräässä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa tapahtui suuri muutos pölykertymäarvoissa asukkaiden vaihtuessa. Ensimmäisellä ja toisella seurantajaksoilla olivat sadan tunnin pölykertymät makuuhuoneessa 1,4 m korkeudella sijaitsevassa pölykeräimessä 2 µg ja 6 µg, mutta kolmannella seurantajaksoilla, jolloin asukkaat olivat vaihtuneet oli vastaavan keräimen arvo 70 µg. Toisessa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa todettiin koiran makuupaikan olleen pölykeräimien välittömässä läheisyydessä ja näin mahdollisesti nostaneen pölykertymiä. Onkin todennäköistä, että huoneistojen pölypitoisuuksiin vaikuttavat itse asukkaat ja heidän toimintansa. Makuuhuoneen henkilöluvun ja pölypitoisuuden välillä on tilastollisesti merkitsevä yhteys. Myös ilmanvaihtolaitteistot saattavat osaltaan lisätä leijuvan pölyn osuutta. Tämä johtunee lähinnä laitteistojen puutteellisesta huollosta ja käytöstä, sillä tutkittavina olleissa asunnoissa oli esimerkiksi

suodattimien vaihto usein laiminlyöty.

### 3.3 Yhteenveto mittaustuloksista

Tutkittujen ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei ollut suuria eroja mittaustuloksissa. Koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien alhaiset ilmanvaihtuvuusindeksit johtuivat osittain ilmanvaihtolaitosten väärinkäytöistä. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa asukkailla on pienempi mahdollisuus vaikuttaa ilmanvaihdon toimintaan, joten mittaustuloksia voidaan pitää tälle ilmanvaihtojärjestelmälle tyypillisinä.

Koko asunnon keskimääräisissä ilmanvaihtokertoimissa ei ollut suuria eroja eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä. Sen sijaan makuuhuoneiden osalta ilmanvaihtuvuus oli korkein niissä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa, joissa oli tuloilmaventtiili makuuhuoneessa. Koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissakin oli makuuhuoneiden ilmanvaihto yleensä hyvä niissä asunnoissa, joissa oli erilliset korvausilmaventtiilit makuuhuoneissa, tai joissa oli muuten riittävästi huolehdittu korvausilman saannista.

Stationääritilanteen hiilidioksidipitoisuudet olivat melko korkeita niissä asunnoissa, joissa makuuhuoneen ovea pidettiin kiinni. Hiilidioksidipitoisuudet olivat korkeimpia painovoimaisen ilmanvaihdon ja alhaisimpia koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa. Kun makuuhuoneen ovea pidettiin auki, eivät hiilidioksidipitoisuudet kohonneet missään asunnossa yli 1850 ppm.

Poistoilmavirtojen keskiarvot olivat ohjearvoihin nähden alhaisia kaikilla ilmanvaihtojärjestelmätyypeillä. Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei ollut suuria eroja ilmanvaihtolaitoksen normaalilla käyttöteholla. Ilmanvaihdon tehostetulla käytöllä olivat koneellisen ilmanvaihdon asuntojen poistoilmavirrat keittiötä lu-

kuunottamatta selvästi suurempia kuin painovoimaisen ilmanvaihdon asuntojen. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa ei eri huoneiden poistoilmavirroissa ollut eroa.

Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa oli yleensä mahdollista saavuttaa tehokas kohdepoisto keittiössä liesituulettimen avulla, mutta useassa tapauksessa kääntyivät ilmavirrat joissakin poistoilmaventtiileissä takaisin huoneeseen päin. Samoin olivat liesituulettimien aiheuttamat melutasot maksimiteholla hyvin korkeita. Koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa liesikupu toimi normaalina poistoilmaventtiilinä ollen kytkettynä koko ilmanvaihtolaitoksen tehonsäätöön.

Ilmanvaihtolaitoksen aiheuttama melu oli selvästi havaittavissa joissakin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon laitoksissa. Näissäkin melu oli yleensä häiritsevää ainoastaan ilmanvaihtolaitoksen tehostetulla käytöllä. Tämä olikin eräs syy, miksi joidenkin pientalojen asukkaat eivät pitäneet ilmanvaihtolaitosta käynnissä jatkuvasti.

Ilman lämpötiloissa ja kosteuksissa ei ollut suuria eroja eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä. Erot johtuivat pääosin asukkaiden omista mieltymyksistä sekä joissakin tapauksissa väärin säädetyistä lämmitysjärjestelmistä. Niissä asunnoissa, joissa oli suuri ilmanvaihtokerroin oli sisälämpötila hiukan alhaisempi kuin niissä asunnoissa, joissa oli pieni ilmanvaihtokerroin. Tämä yhteys ei kuitenkaan ollut tilastollisesti kovin merkittävä.

Pölypitoisuuksien havaittiin korreloivan ilmanvaihtojärjestelmän kanssa. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa esiintyi keskimäärin vähiten ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa keskimäärin eniten pölyä. Yhteys ei ollut täysin selvä, ja asukkaiden omalla toiminnalla sekä käytetyillä sisustusmateriaaleilla lienee myös vaikutusta pölypitoisuuksiin.

## 4 ASUKASKYSELY

### 4.1 Toteutus

Kyselytutkimus tehtiin samanaikaisesti kenttämittausten kanssa. Jokaisen seurantamittausjakson jälkeen jaettiin tutkimuskohteisiin kyselylomakkeet, jotka käsittivät asuntokohtaisen taustatietojen kyselylomakkeen, aikuisille tarkoitettun aikuiskyselylomakkeen ja alle 15 vuotiaille tarkoitettu lapsikyselylomake.

Tutkimuslomakkeita muokattiin toisen seurantamittausjakson jälkeen. Kolmannella mittausjaksolla jaetut lomakkeet olivat samoja, mitä käytettiin myöhemmin 2000 asuntoa käsittävässä kyselytutkimuksessa. Kolmannella kyselykierroksella käytössä olleet lomakkeet on esitetty liitteissä 1a, 1b ja 1c.

Taustatietojen kyselylomakkeella selvitettiin asuntojen ominaisuuksia, yleistä viihtyvyyttä sekä siivous- ja tuuletustapoja. Aikuiskyselylomakkeella tiedusteltiin terveyttä, viihtyvyyttä sekä koti- ja työympäristön piirteitä. Lapsikyselylomakkeessa oli kysymyksiä lapsen terveydestä ja viihtyvyydestä.

Tutkimukseen osallistui 109 aikuista ja 63 lasta. Taulukossa 4.1 on esitetty vastanneiden aikuisten ja lasten lukumäärä sekä vastausprosentit kullakin mittausjaksolla.

Taulukko 4.1 Vastanneiden lukumäärät eri mittausjaksoilla.

Mittausjakso	Aikuisia	Lapsia	Vastausprosentti
1. jakso	104	61	96
2. jakso	104	59	95
3. jakso	101	61	94

#### 4.2 Tilastolliset menetelmät

Kyselytutkimuksen vastauksia on arvioitu suorien jakaumien ja ristiintaulukointien avulla. Tilastollisena testinä on käytetty pääasiassa ristiintaulukointiin liittyvää khiinneliötestiä.

Khiinneliötestin avulla saadusta arvosta saadaan tieto siitä, millä todennäköisyydellä testin jakauma eroaa täysin sattumanvaraisesti saadusta jakaumasta. Testin p-arvo eli testien tilastollinen merkitsevyytaso vastaa seuraavia ilmaisuja /Vasama ym. 1980/.

$p < 0,05$  eli 5 % : 'melkein merkitsevä ero' havaittujen ja odotettujen jakaumien välillä

$p < 0,01$  eli 1 % : 'merkitsevä ero' havaittujen ja odotettujen jakaumien välillä

$p < 0,001$  eli 0,1 % : 'erittäin merkitsevä ero' havaittujen ja odotettujen jakaumien välillä

Jos p-arvo on suurempi kuin 0,05, tarkasteltujen ryhmien välillä ei katsota olevan tilastollisesti merkitseviä eroja.

Tässä luvussa on tarkasteltu ristiintaulukoinnein etupäässä eri muuttujien suhdetta ilmanvaihtotapaan. Saatua tuloksia on käytetty hyväksi seuraavassa luvussa (luku 5) mahdollisten sekoittavien tekijöiden etsinnässä. Siinä on selvitetty mitattujen suureiden suhdetta kyselylomakkeiden vastauksiin.

Ilmanvaihtojärjestelmiä vertailtaessa on taulukoissa käytetty seuraavia lyhenteitä:

- painovoimaisen ilmanvaihdon asunto = painov.
- koneellisen poistoilmanvaihdon asunto = kon. p.
- koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunto = kon. t+p.

#### 4.3 Taustatietoja vastaajista

Kyselytutkimukseen vastanneista noin puolet oli naisia ja puolet miehiä. Vastausprosentti vaihteli eri kyselyjaksoilla 91 ja 95 prosentin välillä. Aikuisia (yli 15 vuotiaita) oli 109 ja lapsia 63. Asukkaiden ikäjakauma poikkeaa vanhempien ikäluokkien osalta koko väestön ikäjakaumasta, sillä tutkittavassa aineistossa oli yli 45 vuotiaita ainoastaan 20 %. Koko maassa vastaava osuus on 36 % /Tilastokeskus, 1987/. Taulukossa 4.2 on esitetty vastanneiden aikuisten ja lasten ikäjakaumat.

Taulukko 4.2 Kyselyyn vastanneiden aikuisten ja lasten ikäjakaumat kolmannella kyselykierroksella.

Ikä (v)	Naiset	Miehet	Yhteensä
0- 6	16	15	31
7-14	20	14	34
15-24	3	8	11
25-34	14	15	29
35-44	22	22	44
45-	10	10	20

Aikuisten osuudet olivat jakautuneet tasaisesti eri ilmanvaihtojärjestelmien kesken. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa oli 31 aikuista, koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa 37 aikuista ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa 36 aikuista. Lasten osuudet olivat vastaavasti 17, 22 ja 24.

Asuntojen keskimääräinen perhekoko oli 3,4 henkilöä, joka on hieman suurempi kuin koko maan keskiarvo 3,2 henkilöä /Tilastokeskus, 1987/. Perheiden kokojakauma on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3 Tutkimukseen osallistuneiden perheiden kokojakauma.

Perhekoko	Asuntojen lukumäärä
1 hlö	1
2 hlöä	12
3 hlöä	12
4 hlöä	20
5 hlöä	2
6 hlöä	3

Asuntojen keskimääräinen pinta-ala oli 95 m<sup>2</sup>, ja keskimääräinen pinta-ala henkilöä kohden oli 28 m<sup>2</sup>/hlö.

Koko maassa vastaava luku on 30 m<sup>2</sup> /Tilastokeskus, 1987/. Koneellisen ilmanvaihdon asunnot olivat keskimäärin hieman suurempia kuin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnot (taulukko 4.4). Tilastollisesti erot eivät olleet merkitseviä eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ( $p > 0.05$ ).

Taulukko 4.4 Asuntojen keskimääräiset pinta-alat talotyypeittäin ja ilmanvaihtojärjestelmittäin esitettynä.

Talotyyppi	painov. (m <sup>2</sup> )	kon. p. (m <sup>2</sup> )	kon. t+p. (m <sup>2</sup> )
kerros	69	72	77
pien	96	124	112

Tupakoivia oli 104:stä aikuisesta 24, joista 13 poltti alle 15 savuketta vuorokaudessa. Koulutukseltaan aikuiset olivat jakaantuneet seuraavasti: ei ammattikoulutusta 10:llä aikuisella, ammattikoulu tai -kurseja 18:lla aikuisella, opisto- tai yliopistotasoinen koulutus 57:llä aikuisella, opiskelijoita 12 aikuista ja jokin muu koulutus 7:llä aikuisella.

Ilmankostutinta ei käytetty ollenkaan 32:ssa asunnossa, käytettiin harvoin 5:ssä asunnossa ja usein 13 asunnossa. Ilmankostuttimen käyttö on siis melko yleistä eli noin kolmasosassa asunnoista on ilmankostutin. Aasukkaat eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tupakoinnin, ilmankostuttimen käytön eivätkä koulutuksen suhteen ( $p > 0.05$ ).

#### 4.4 Vastausten luotettavuus

Kyselylomakkeiden vastausten luotettavuutta arvioitiin vertaamalla vastauksia asuntojen ominaisuuksista tut-



kijoiden kirjaamiin tietoihin. Tarkistettavia asioita olivat mm. rakennuksen tyyppi, runkomateriaali, lämmöneristysmateriaali, huoneiden seinä- ja lattiamateriaalit, lämmitystapa ja ilmanvaihtotapa. Yleisesti ottaen asukkaat tunsivat kysytyt asiat ja vastasivat niihin luotettavasti. Sen sijaan yksityiskohtaisemmat tekniset asiat esimerkiksi lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmistä olivat useille tuntemattomia. Liesituuletinta ei erotettu liesikupuun yhdistetystä huippumurista, eikä ilmanvaihtokanaviston rakennetta yleensä tunnettu. Pientalojen asukkaiden tekninen tietämys oli parempi kuin kerrostaloasuntojen asukkaiden.

Tutkittavien asioiden kohdalla asukkaiden vastauksia voitiin pitää luotettavina. Tätä yleistettäessä on kuitenkin otettava huomioon tässä tutkimuksessa mukana olleiden kiinnostus tutkimukseen, mikä saattaa olla vaikuttanut vastauksiin.

## 4.5 Viihtyvyys

### 4.5.1 Ilmanvaihtuvuus

Ilmanvaihdon puutteita ja hyviä puolia tiedusteltiin aikuiskyselylomakkeen kysymyksillä 28 ja 29 (taulukot 4.5 ja 4.6). Suurimpana puutteena pidettiin yleensä ilmanvaihdon epätasaista jakautumista sekä säätömahdollisuuden puuttumista. Säätömahdollisuuden puuttumisen kokivat puutteena pääasiassa kerrostaloasuntojen asukkaat. Pientaloissa usein olikin jonkinlainen mahdollisuus ilmanvaihdon säätöön. Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä oli eroja lähinnä ilmanvaihdon epätasaisuuden ja melun kokemisessa. Taulukossa 4.5 on esitetty asukkaiden kokemien ilmanvaihdon puutteiden jakaumat. Taulukossa mainittujen puutteiden lisäksi muita puutteita olivat: ilmanvaihdon tehottomuus, kuivuus, vähän tuloilmaventtiileitä ja liesituuletin ei ole säädettävissä.

Taulukko 4.5 Asunnon ilmanvaihdon puutteet.

Ilmanvaihdon puutteet	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Aiheuttaa vetoa	7	8	4	19
Aiheuttaa häiritsevää melua	-	3	5	8
Ilma vaihtuu epätasaisesti eri huoneissa	10	11	6	27
Laskee lämpötilaa liikaa	6	6	3	15
Ei säätömahdollisuutta	11	11	10	32
Muita puutteita	4	3	2	9
Ei puutteita	9	4	10	23

Mittauksissa havaittiin joissakin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa tuloilmaventtiilien likaavan ympäröiviä seinämärakenteita. Kolmannella kyselykierroksella tiedusteltiin samaa asiaa asukkailta. Tällöin todettiin joidenkin asukkaiden ilmoittavan myös painovoimaisen ja koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa venttiilien likaavan seiniä tai kattoa (aikuislomakkeen kysymys 28). Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa 19 %, koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa 8 % ja koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa 25 % aikuisista ilmoitti ilmanvaihtoventtiilien likaavan jonkin verran tai selvästi seinämärakenteita.

Ensimmäisellä ja toisella kyselykierroksella tiedusteltiin makuuhuoneiden ikkunoiden huurtumisesta. Toisinaan makuuhuoneen ikkunoiden ilmoitettiin huurtuvan 26 %:ssa ja usein ilmoitettiin huurtumista esiintyvän 4 %:ssa tutkimuskohteista. Vastausjakaumat olivat samankaltaisia kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä.

Ilmanvaihdon hyvissä puolissa havaittiin eroa eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä kaikkien tiedusteltujen asioiden kohdalla. Ilman raikkaus, ilmanvaihdon tasainen jakautuminen sekä säätömahdollisuus mainittiin hy-

vänä puolena useammin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa kuin painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa. Taulukossa 4.6 on esitetty asukkaiden kokemien ilmanvaihdon hyvien puolien jakaumat. Taulukossa olevien vaihtoehtojen lisäksi muita mainittuja hyviä puolia olivat: ilmanvaihdon äänettömyys, huomaamattomuus, helppohoitoisuus ja "ei aiheuta vetoa".

Taulukko 4.6 Ilmanvaihdon hyvät puolet.

Ilmanvaihdon hyvät puolet	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Ilma on raikas	6	9	12	27
Ilma vaihtuu tasaisesti tai hyvin eri huoneissa	8	13	16	37
Säätömahdollisuus	2	10	11	23
Muu	6	1	2	9

Ilmanvaihdon riittävyttä tiedusteltiin huoneittain. Vastausten perusteella olohuoneen ilmanvaihto koettiin parhaaksi, ja makuuhuoneiden yleensä huonoimmaksi. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa koettiin yleensä ilmanvaihto huonommaksi kuin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa. Taulukossa 4.7 on esitetty kunkin huonetilan osalta niiden vastausten lukumäärät, joissa huonetilan ilmanvaihto on arvioitu hyväksi sekä niiden joissa se on arvioitu huonoksi (hyvä ilmanvaihto/huono ilmanvaihto).

Taulukko 4.7 Riittävä ilmanvaihto ja puutteellinen ilmanvaihto eri asuinhuoneissa.

Ilmanvaihdon riittävyys (hyvä iv/huono iv)	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Vanhempien makuuhuone	4 / 8	9 / 6	10 / 6	43
Lasten makuuhuone 1	4 / 6	9 / 6	9 / 5	37
Lasten makuuhuone 2	4 / 3	5 / 3	8 / 2	25
Olohuone	8 / 4	13 / 1	14 / 2	42
Keittiö	6 / 6	11 / 3	12 / 4	42
Pesuhuone	6 / 7	15 / 5	6 / 6	45
WC	4 / 3	6 / 2	1 / 2	18
yhteensä	36 / 37	68 / 24	62 / 27	

Asukkaat olivat itse muuttaneet ilmanvaihtoventtiilien säätöjä 38 %:ssa asunnoista. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa ei yleensä oltu säädetty venttiileitä. Painovoimaisen ja koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa venttiileitä oli säädetty useammin (taulukko 4.8). Suurimmaksi syyksi venttiilien säätämiseen ilmoitettiin ilman riittämättömyys sekä venttiilien aiheuttama veto.

Taulukko 4.8 Ilmanvaihtoventtiilien säätäminen.

Oletteko itse säätäneet asuntonne ilmanvaihto- venttiileitä?	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Ei	5	9	13	27
Kyllä, pienentänyt	8	5	2	15
Kyllä, suurentanut	1	2	1	4
yhteensä	14	16	16	46

Oven asennon vaikutuksesta ilmanvaihtuvuuteen tiedusteltiin asukkaiden mielipidettä. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa ei oven asennolla mainittu olevan suurta vaikutusta ilmanvaihtuvuuteen, kun taas painovoimaisen ja koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa oven auki pitämisen todettiin parantavan ilmanvaihtoa (taulukko 4.9). Tämä havainto todettiin myös mittauksien perusteella. Asunnoissa tehdyt mittaukset osoittivat, että oven asennolla on vaikutusta ilmanvaihtuvuuteen (luku 3.2.4). Varsinkin niissä huoneissa, joissa korvausilmareiteistä ei oltu huolehdittu, oli ilmanvaihtuvuus oven ollessa kiinni alhaisempi kuin huoneistossa keskimäärin.

Taulukko 4.9 Vastausjakaumat kysymykseen: "Parantaako makuuhuoneesi oven auki pitäminen ilmanvaihtoa?".

Parantaako makuuhuoneesi oven auki pitäminen ilmanvaihtoa?	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Ei	3	2	10	15
Jonkin verran	8	13	10	31
Selvästi	20	19	9	48
yhteensä	31	34	29	94

Asuntojen sisäovien asentoja tiedusteltiin taustalomakkeen kysymyksellä numero 41. Asukkailla oli käsitys ilmanvaihdon parantumisesta ovea avaamalla. Makuuhuoneen ovi olikin asunnoissa yleensä auki, vanhemmilla useammin kuin lapsilla. Saniteettitilojen ovet olivat tavallisesti kiinni. Tulokset on esitetty taulukossa 4.10.

Taulukko 4.10 Väliovien asennot tutkimuskohteissa.

Sisäovien asennot yöaikaan	Kiinni	Raol- laan	Auki
Vanhempien makuuhuone	3	3	39
Lasten makuuhuoneet	14	9	40
Pesuhuone	21	12	10
Wc	29	7	6

Asukkaiden yleistä tyytyväisyyttä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmään kysyttiin ensimmäisellä kyselykierroksella. Tyytyväisimpiä ilmanvaihtojärjestelmään olivat asukkaat, joiden talossa oli koneellinen ilmanvaihto. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa tyytymättömiä oli eniten. Tyytymättömiä olivat pääasiassa ne asukkaat, jotka olivat maininneet puutteita ilmanvaihdossa. Tulokset on esitetty taulukossa 4.11.

Taulukko 4.11 Tyytyväisyys ilmanvaihtojärjestelmään.

Oletko tyytyväinen asuntonne ilmanvaihtojärjestelmään kylmänä vuodenaikana?	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.t+p	
Kyllä	15	30	28	73
En	15	6	8	29
yhteensä	30	36	36	102

Lämmitysjärjestelmään ei ollut tyytyväinen 18 painovoimaisen ilmanvaihdon, 9 koneellisen poistoilmanvaihdon ja 13 koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnon asukasta. Tyytymättömien osuudet olivat siten jakautuneet samansuuntaisesti eri ilmanvaihtojärjestelmien luokkiin kuin ilmanvaihtojärjestelmään tyytymättömätkin.

Yleisesti ottaen voidaan viihtyvyydestarkastelun perusteella todeta, että painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa asukkaat olivat tyytymättömämpiä ilmanvaihtoon ja mainitsivat vähemmän hyviä puolia kuin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa.

#### 4.5.2 Lämpöolot

Lämpötilan kokemisesta kysyttiin taustalomakkeen kysymyksellä 51 ja aikuislomakkeen kysymyksillä 21 ja 22. Makuuhuoneen lämpötilaa pitivät liian kylmänä 26 % ja liian lämpimänä 38 % vastanneista. Asunnon lämpötilaa pidettiin koko ajan sopivana viimeksi kuluneen kuukauden aikana 56 %:ssa asunnoista. Vastaukset eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä.

Kosteus- ja kuivuusaistimuksia tiedusteltiin taustalomakkeen kysymyksellä 52 sekä aikuislomakkeen kysymyksellä 24. Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei vastauksissa ollut eroa. Sen sijaan niissä asunnoissa, joissa käytettiin ilmankostutinta usein, pidettiin ilmaa yleensä kuivempänä kuin niissä asunnoissa, joissa ilmankostutinta ei ollut tai sitä käytettiin harvoin. Vastauksissaan asukkaat lienevät arvioineet ilman kosteutta tilanteessa, jossa ilmankostutin ei ole ollut päällä. Tulokset on esitetty taulukossa 4.12.

Taulukko 4.12 Makuuhuoneen ilmankosteuden kokeminen niissä asunnoissa, joissa ilmankostutinta ei käytetty tai käytettiin harvoin sekä niissä, joissa ilmankostutinta käytettiin usein.

Ilmankostuttimen käyttö	Makuuhuoneen ilmankosteuden kokeminen			Σ
	kuiva	sopiva	kostea	
ei käytetä tai käytetään harvoin	33	39	1	73
käytetään usein	30	7	0	37
yhteensä	66	46	1	110

Asunnon vetoisuudesta tiedusteltiin asukkaiden aistimuksia aikuislomakkeen kysymyksillä 23 ja 26. Ensimmäisellä kyselykierroksella tiedusteltiin lisäksi koko asunnon vetoisuutta sekä syitä vetoon. Vastaajista 20 % koki makuuhuoneen vetoiseksi toisinaan tai usein, ja 80 % ei kokenut vetoa. Koko asunnon vetoisuus koettiin lähes samalla tavalla (18 % koki vetoa ja 82 % ei kokenut vetoa). Asunnon lattiat olivat kylmiä toisinaan tai usein vastaajista 39 %:n mielestä ja eivät olleet kylmiä 60 %:n mielestä. Suurimpana syynä asunnon vetoisuuteen pidettiin ikkunoita ja ovia (30 %:ssa asunnoista). Ilmanvaihtoventtiileitä pidettiin syypäänä vetoon 12 %:ssa asunnoista. Ilmanvaihtojärjestelmällä ei havaittu olevan vaikutusta vetoaistimukseen.

#### 4.6 Tuuletus- ja siivoustottumukset

Tuuletustottumuksissa oli eroa eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa oli usein tuulettavien osuus suurempi kuin koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa. Harvoin tuulettavia asukkaita oli eniten koneellisen tulo- ja poistoilman-



vaihdon asunnoissa (taulukko 4.13). Keskimääräinen tuuletusaika oli 11 minuuttia.

Taulukko 4.13 Tuuletustottumukset ilmanvaihtojärjestelmittäin esitettynä.

Asunnon perusteellinen tuuletus	Ilmanvaihtojärjestelmä			Σ
	painov.	kon. p.	kon.iv.	
< 1 kerta viikossa	1	4	7	12
1-7 kertaa viikossa	7	7	7	21
> 1 kerta päivässä	7	7	3	17
yhteensä	15	18	17	50

Tärkeimpiä tuuletuksen syitä olivat ruoan haju (50 % vastaajista), tupakointi (41 %) ja siivous (36 %). Tunkkaisuuden ilmoittivat tuuletuksen syyksi 29 % ja kuumuuden 34 % vastaajista. Kysymykseen annettiin mahdollisuus merkitä useampia vastausvaihtoehtoja.

Siivoustottumuksia tiedusteltiin asukkailta ensimmäisellä kyselykierroksella. Eri ilmanvaihtojärjestelmien välillä ei ollut eroa siivoustottumuksissa. Suurimmas-  
sa osassa asuntoja siivottiin perusteellisesti koko asunto noin kerran viikossa (32 asuntoa). Yhdeksässä asunnossa siivottiin perusteellisesti kerran 2-4 viikossa ja kahdeksassa asunnossa siivottiin 2-6 kertaa viikossa. Yleisin siivoustapa oli pölyjen imurointi, jonka jälkeen yleensä tuuletettiin.

## 4.7 Ilmanvaihtolaitoksen käyttö

Kerrostaloasunnoissa oli yleensä puhallin pienemmällä teholla yhteensä noin 18 tuntia vuorokaudessa ja suuremmalla teholla kuusi tuntia. Ilmanvaihdon tehostettu käyttö ajoittui yleensä aamuun, keskipäivään ja iltaan.

Tutkimuskohteiden joukossa oli kaikkiaan 20 koneellisella ilmanvaihtojärjestelmällä varustettua pientaloa. Näistä kahdessa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa, ja neljässä koneellisen poistoilmanvaihdon asunnossa ilmanvaihto ei ollut normaalisti olleenkaan päällä, tai sitä käytettiin ainoastaan ruoanlaiton yhteydessä liesituulettimen tavoin. Ilmanvaihtokertoimet määritettiin näissä asunnoissa puhaltimet pysäytettyinä. Tulokset on esitetty taulukossa 4.14.

Taulukko 4.14 Ilmanvaihtomittaukset niissä koneellisen ilmanvaihdon pientaloissa, joissa ilmanvaihto ei ollut päällä. Taulukossa:

$n$ =keskimääräinen ilmanvaihtokerroin,

$n_{mh}$ =makuuhuoneen ilmanvaihtokerroin,

$CO_2$ =hiilidioksidipitoisuus stationääritilanteessa.

Kohde- numero	Iv. järj.	$n$ $m^3/hm^3$	$n_{mh}$ $m^3/hm^3$	$CO_2$ ppm
15	kon. iv.	0,21	0,20	1000
34	kon. p.	0,64	0,39	1050
38	kon. p.	0,28	0,22	1300
40	kon. p.	0,77	0,77	950
42	kon. iv.	0,39	0,38	850
50	kon. p.	0,89	0,86	800
50 as. keski- arvo		0,50	0,45	1220

Taulukosta voidaan todeta, että koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa ilmanvaihtokertoimet olivat selvästi pienempiä (0,21-0,39 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup>) kuin asunnoissa, joissa oli koneellinen poistoilmanvaihto (0,28-0,89 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup>). Lukuunottamatta asuntoa numero 34 kaikki asunnot olivat kaksi- tai kolmikerroksisia (numero 50), eivätkä vaakasuuntaiset kanavavedot olleet kovin pitkiä. Täten koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoissa edellytykset ilmanvaihdon toimimiselle painovoimaisena ovat olleet hyvät, jonka myös mittaukselliset tulokset osoittivat.

Syynä ilmanvaihtolaitoksen virheelliseen käyttöön todettiin olevan tietämättömyys laitteiston toiminnasta (kolmessa asunnossa), energian säästö (yhdessä asunnossa), veto (yhdessä asunnossa) ja melu (yhdessä asunnossa). Yhdessä asunnossa ei osattu määrittellä syytä siihen, ettei ilmanvaihtolaitteistoa pidetty päällä.

Liesituuletinta käytettiin ruoanlaiton yhteydessä kaikissa paitsi yhdessä asunnossa. Tuuletuksen parantamiseen käytettiin liesituuletinta 11 asunnossa ja tupakoinnin yhteydessä yhdessä asunnossa.

## 5 ILMANVAIHDON JA SISÄILMASTON VAIKUTUS TERVEYTEEN JA VIIHTYVYYTEEN

### 5.1 Yhteyksien selvittämisessä käytetyt parametrit

Vertaamalla kyselytutkimuksen vastauksia mitattuihin suureisiin arvioitiin eri tekijöiden (ilmanvaihtuvuus, lämpötila jne.) vaikutusta viihtyvyyteen, oireiluun ja terveyteen. Alla on lueteltu yhteyksien selvittämisessä käytettyjä parametreja. Kirjain-numerokoodit oikealla viittaavat taustalomakkeen (T) tai aikuislomakkeen (A) kysymyksen numeroon. Lomakkeet ovat liitteinä esityksen lopussa (1a ja 1b).

#### Viihtyvyyys:

Ilmanvaihtuvuus	* T42, T44, T46, T48, T49, T50, T53, A24, A25, A27 A28, A29
Lämpöolot	* T51, T52, A21, A22, A23, A24, A26,
Melu	* T28, A32
Painesuhteet	* T55, T56

#### Terveys:

Ilmanvaihtuvuus, Lämpöolot \* A16, A19, A20

Mahdollisina sekoittavina tekijöinä otettiin analyysissä huomioon sukupuoli, koulutus, ikä, atopiataipumus, tupakointi sekä talotyyppi. Näistä ainoastaan atopiataipumus todettiin sekoittavaksi tekijäksi ilmanvaihtuvuuden ja oirepistesumman ristiintaulukoinnissa.

## 5.2 Viihtyvyys

### 5.2.1 Ilmanvaihtuvuus

Ilmanvaihtuvuuden vaikutusta viihtyvyyteen tutkittiin jakamalla aineisto eri luokkiin ilmanvaihtuvuuden mukaan. Ilmanvaihdon riittävyyden arvioimisen vastausvaihtoehtojen jakaumat olivat ilmanvaihtuvuusluokassa 0,3-0,6 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup> sattumanvaraisesti jakautuneita, mutta kun ilmanvaihtokerroin oli alle 0,3 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup> piti 60 % vastaajista ilmanvaihtoa usein riittämättömänä. Vastaavasti, kun ilmanvaihtokerroin oli yli 0,6 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup>, koki 70 % vastaajista ilmanvaihdon yleensä hyväksyttäväksi tai aina riittäväksi (khiinneliötesti,  $p < 0,05$ ).

Ilman epäpuhtauksien aistimista tutkittiin vertaamalla asukkaiden vastauksia makuuhuoneessa stationääritilanteessa mitattuihin hiilidioksidipitoisuuksiin. Pitoisuuden ollessa alle 1000 ppm ei makuuhuoneen ilmaa pidetty tunkkaisena (65 % vastanneista), ja yli 1500 ppm pitoisuuksilla kokivat ilman toisinaan tai usein tunkkaiseksi 70 % aikuisista. Tilastollisesti oli yhteys erittäin merkitsevä (khiinneliötesti,  $p < 0,001$ ). Tulokset on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1 Makuuhuoneen tunkkaisuuden kokeminen. Mitattuja hiilidioksidipitoisuuksia on verrattu kolmannen kyselykierroksen aikuislomakkeen kysymyksen numero 25 vastauksiin.

Hiilidioksidipitoisuus	Makuuhuoneen tunkkaisuus			
	Ei	Toisinaan	Usein	$\Sigma$
alle 1000 ppm	21	8	3	32
1000-1500 ppm	17	19	1	37
yli 1500 ppm	8	7	12	26
yhteensä	46	34	16	96

Perushajun kokemisella oli havaittava yhteys mitattuun ilmanvaihtuvuuteen. Kun mitattu ilmanvaihtokerroin oli alle  $0,35 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , koettiin perushaju selvemmin (6 asunnossa 14:sta koettiin perushaju) kuin ilmanvaihtuvuusluokassa yli  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  (1 asunnossa 13:sta koettiin perushaju).

Eri huoneista mitatuilla ilmanvaihtokertoimilla ei ollut vaikutusta koettuun ilmanvaihdon tasaisuuteen. Asunnoissa, joissa eri huoneiden ilmanvaihtokertoimet poikkesivat suuresti toisistaan ei valitettu ilmanvaihdon epätasaisuutta sen enempää kuin niissä asunnoissa, joissa ilmanvaihtokertoimet olivat tasaisia.

Mitatun ilmanvaihtuvuuden vaikutusta tuuletukseen tutkittiin vertaamalla eri ilmanvaihtuvuusluokkiin kuuluvien asuntojen tuuletustottumuksia. Vastausvaihtoehtojen jakaumat eivät poikenneet tilastollisesti merkittävästi toisistaan eri ilmanvaihtuvuusluokkien välillä ( $p > 0.05$ ). Kuitenkin asunnoissa, joissa ilmanvaihtokerroin oli alle  $0,35 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , tuuletettiin hiukan enemmän kuin muissa ilmanvaihtuvuusluokissa.

### 5.2.2 Lämpöolot

Asunnoissa mitatut lämpötilat olivat painottuneet suppealle alueelle, mikä pienensi vertailtavien ryhmien välisiä eroja. Tutkittaessa mitattujen lämpötilojen ja vastausten välistä riippuvuutta jaettiin tutkimuskohteet lämpötilan perusteella kolmeen luokkaan: alle 21 °C, 21-22,5 °C ja yli 22,5 °C. Kussakin luokassa oli suunnilleen yhtä monta asuntoa.

Mielipiteitä lämpötilasta tiedusteltiin taustalomakkeen kysymyksessä numero 52 ja aikuislomakkeen kysymyksissä numerot 21 ja 22. Lämpöviihtyvyyden ja asunnoissa mitattujen lämpötilojen välillä ei havaittu olevan tilastollista yhteyttä.

Ilman kosteuden vaikutusta viihtyvyyteen tarkasteltiin vertaamalla mitattuja suhteellisen kosteuden arvoja mielipiteisiin koko asunnon ja makuuhuoneen kosteudesta. Tutkimusajankohtana vallinneen leudon talven vuoksi ei eri kyselykierroksien välillä ollut suuria eroja mitatuissa kosteuksissa, eivätkä asukkaiden vastauksetkaan kosteusaistimuksista poikenneet toisistaan eri kyselykierrosten välillä. Vain yhdessä asunnossa pidettiin ilman kosteutta talvikautena liian kosteana ja noin 30 %:ssa asunnoissa pidettiin ilmaa useimmiten liian kuivana. Eri kosteusluokkiin ryhmiteltynä havaittiin, että alle 30 % keskimääräisellä suhteellisella kosteudella valitettiin kuivuutta enemmän (60 % asunnoista) kuin yli 30 % suhteellisella kosteudella (40 % asunnoista).

Mitattuja ilman nopeuksia ja lämpötiloja verrattiin asukkaiden vastauksiin vedosta. Ulkolämpötilat olivat mittausten aikana keskimääräistä korkeampia, ja vain yhdessä asunnossa mitattiin viranomaisohjeiden ylittäviä arvoja (Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2, 1987). Niinpä 80 % asukkaista ei kokenut makuuhuonetta kylmänä vuodenaikana vetoiseksi.

### 5.2.3 Melu ja painesuhteet

Asunnoissa tehtiin melumittauksia makuuhuoneessa, olohuoneessa ja keittiössä ilmanvaihtolaitoksen eri käyttötehoilla. Mitattuja arvoja verrattiin asukkaiden mielipiteisiin ilmanvaihtolaitteiston aiheuttamasta melusta.

Kaikki ne vastaajat, joiden asunnoissa mitattiin korkeita äänitasoja eivät olleet kokeneet melua häiritseväksi. Vastaavasti kolmessa asunnossa valitettiin melua, vaikka äänitaso oli alle 25 dB(A) makuu- ja olohuoneessa ilmanvaihtolaitteiston maksimitehollakin. Kuitenkin niissä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa, joissa mitattiin korkeimmat melutasot, pidettiin melua häiritsevänä (ks. luku 3.2.7).

Keittiön liesituulettimen ääntä pidettiin häiritsevänä 10 asunnossa. Vaikka painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa mitattiin liesituulettimille korkeimmat äänitasot, eivät asukkaat välttämättä kokeneet ääntä haitalliseksi. Tämä johtunee liesituulettimen lyhytaikaisesta jaksottaisesta käytöstä ja siitä, että asukkaalla itsellään on mahdollisuus vaikuttaa tuulettimen toimintaan. Joissakin koneellisen ilmanvaihdon järjestelmissä liesikuvun aiheuttama melu oli jatkuvaa. Tämä koettiin yleensä haitalliseksi.

Painesuhteilla ei havaittu olevan yhteyttä asunnon asukkaiden vastauksiin ikkunoiden huurtumisesta ja hajujen tunkeutumisesta huoneistoon. Hajujen tunkeutumisesta asuntoon tapahtui asukkaiden mukaan harvoin. Neljässä prosentissa asunnoista tunkeutui usein porraskäytävästä tai naapurihuoneistosta hajuja, ja kahdeksassa prosentissa asunnoista tunkeutui usein ulkoa hajuja, käryjä, nokea, savua tai pölyä.



### 5.3 Terveys

#### 5.3.1 Yleistä

Sisäilmastotekijöiden vaikutusta oireiden ja sairauksien esiintyvyyteen tarkasteltiin vertaamalla aikuis- ja lapsikyselylomakkeen vastauksia mitattuihin sisäilmastosuureisiin. Tätä varten muodostettiin sairausrakennusoireyhtymää kuvaava summamuuttuja, oirepistesumma /Jaakkola, 1986/, joka koostui kahden kuukauden aikana esiintyneiden yksittäisten oireiden summasta. Laskentaa varten oireet jaettiin kuuteen ryhmään: nenän ja kurkun limakalvojen sekä silmien ärsytysoireisiin, iho-oireisiin sekä epämääräiseen heikotukseen ja päänsärkyyn. Näin muodostetun oirepistesumman arvot vaihtelivat välillä 0-6. Kun asukas ei ilmaissut lainkaan oireita se sai arvon 0, ja kun asukas ilmaisi kaikki kysytyt oireet oirepistesumma sai arvon 6. Asukkaiden lukumäärät eri oirepistesummien luokissa on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2 Oirepistesummien jakauma kolmannen kyselykierroksen perusteella.

Oirepistesumma	Lukumäärä	% koko joukosta
0	10	10
1	24	24
2	20	20
3	16	16
4	14	14
5	10	10
6	7	7

Aikuiskyselylomakkeen kysymyksillä 8-11 tiedusteltiin asukkailta ovatko he sairastaneet jotakin allergista sairautta: astmaa, allergista ihottumaa, allergista nuhaa. Asukas luokiteltiin atooppiseksi, mikäli hän

oli joskus sairastanut jotakin näistä sairauksista /Jaakkola ym., 1987/. Atooppisia oli 38 % koko aineistosta.

Asukkaiden sairauksia kartoitettiin kysymyksellä 20. Tämä kattoi nuhakuumeen, angiinan, poskiontelontulehduksen, keskikorvantulehduksen, keuhkoputkentulehduksen ja keuhkokuumeen. Kysymyksessä tiedusteltiin kuinka usein kutakin sairautta oli esiintynyt viimeisen 12 kuukauden aikana. Flunssaa (nuhakuume) lukuunottamatta sairauksia esiintyi aineistossa vähän (taulukko 5.3).

Taulukko 5.3 Sairauksien esiintyminen aikuisilla.

Sairaus	Lukumäärä	% koko joukosta
Nuhakuume	69	69
Angiina	3	3
Poskiontelontulehdus	14	14
Keskikorvantulehdus	3	3
Keuhkoputkentulehdus	8	8
Keuhkokuume	3	3

### 5.3.2 Oireilu

Oireilun yhteyttä mitattuihin suureisiin testattiin taulukoimalla oirepistesumma ja yksittäiset oireet ristiin ilmanvaihto-, lämpötila-, kosteus-, veto-, pöly-, melu-, ja painesuhdemittausten kanssa. Myös sisustusmateriaalien mahdollinen yhteys oireiluun testattiin. Laajasta aineistosta ainoastaan ilmanvaihdolla todettiin olevan selvä yhteys oireiluun. Lämpötilat, kosteudet ja ilman nopeudet olivat jakautuneet tutkimuskohteissa niin suppealle alueelle, että niiden mahdollista yhteyttä oireiluun ei saatu selville.

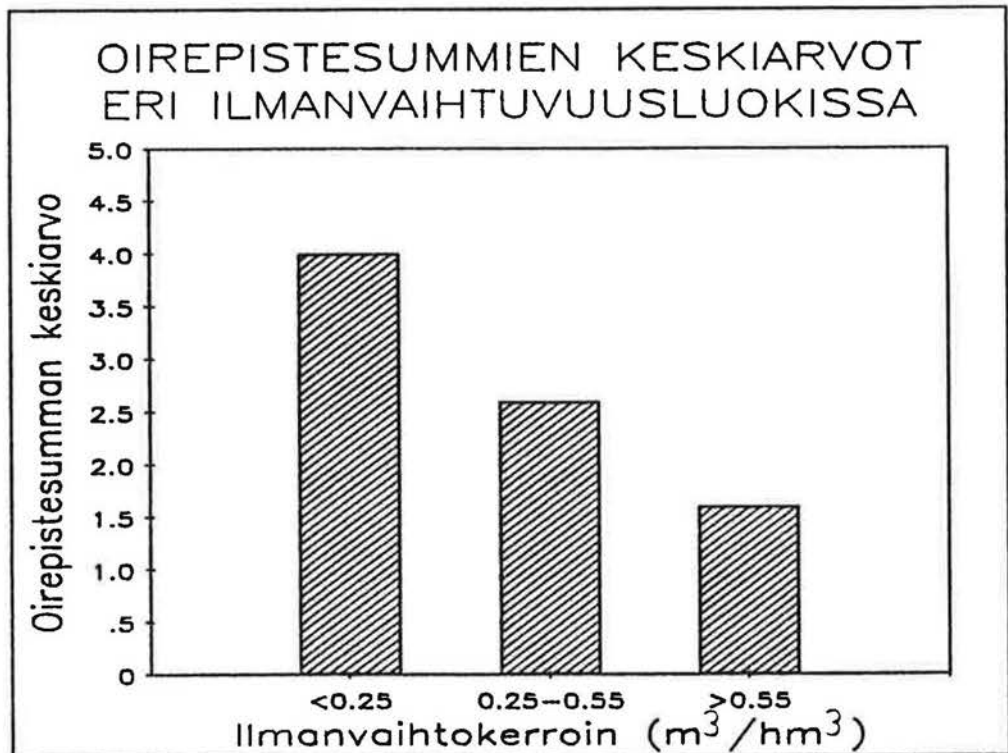
Ilmanvaihtoa kuvaavista suureista (ilmanvaihtokerroin, epäpuhtauksien poistotehokkuus, poistoilmavirrat ja raittiin ilman määrä henkilöä kohden) selvimmän oireilun kanssa korreloi asunnon keskimääräinen ilmanvaihtokerroin. Myös makuuhuoneen hiilidioksidipitoisuus ja ulkoilmavirta henkilöä kohden näyttivät vaikuttavan oireiluun, joskin yhteys oli selvästi heikompi kuin ilmanvaihtokertoimella. Kaikilla ilmanvaihtosuureilla oli yhteys samansuuntainen: oireilu oli vähäistä, kun ilmanvaihtuvuus oli korkea; ja kun ilmanvaihtuvuus oli alhainen esiintyi oireilua paljon. Taulukossa 5.4 on esitetty asunnossa mitatun keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen ja oirepistesumman välinen yhteys. Khiinneliötestien arvot vaihtelivat ilmanvaihtuvuusluokkien lukumäärästä ja jakotavasta riippuen  $p=0,003-0,01$ .

Taulukko 5.4 Keskimääräisen ilmanvaihtokertoimen ja oirepistesumman välinen yhteys. Asukkaat on jaettu kahteen luokkaan oirepistesumman mukaan: vähän oireileviin, oirepistesumma 0-2 ja paljon oireileviin, oirepistesumma 3-6.

Asunnon keskimääräinen ilmanvaihtokerroin ( $m^3/hm^3$ )	Oirepistesumma		
	0-2	3-6	$\Sigma$
alle 0,25	3	12	15
0,25-0,35	7	6	13
0,35-0,45	8	10	18
0,45-0,55	11	10	21
0,55-0,65	9	4	13
yli 0,65	15	3	18
yhteensä	53	45	98

Taulukosta nähdään, että ilmanvaihtuvuusluokassa alle  $0,25 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  oli paljon oireilevien osuus 80 % aineistosta. Ilmanvaihtokerroimen ollessa  $0,25-0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  oli kummassakin oireiluluokassa yhtä paljon aikuisia (26), kun taas ilmanvaihtuvuudella yli  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , oli paljon oireilevia ainoastaan 23%. Ilmanvaihtuvuuden raja-arvoina tuntuivatkin olevan ilmanvaihtokerroimet  $0,25 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  ja  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , jolloin oireilu oli asukkailla selvästi keskimääräistä runsaampaa ilmanvaihtokerroimen ollessa alle  $0,25 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  ja vastavasti keskimääräistä vähäisempää ilmanvaihtokerroimen ylittäessä  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ .

Myös oirepistesummien keskiarvoissa havaittiin selvät erot, kun aineisto jaettiin ilmanvaihtokerroimen perusteella kolmeen luokkaan (kuva 5.1). Kaikkien aikuisten oirepistesumman keskiarvo oli sama kuin keskimmäisen ilmanvaihtuvuusluokan ryhmän arvo eli 2,6.



Kuva 5.1 Oirepistesummien keskiarvot eri ilmanvaihtuvuusluokissa.

Yksittäisistä oireista väsymys, huonovointisuus ja heikotus näyttivät korreloivan voimakkaimmin ilmanvaihtuvuuden kanssa (khiinneliötesti,  $p < 0.05$ ).

Oireilua tarkasteltiin myös jakamalla aineisto henkilöä kohden lasketun ulkoilmavirran mukaan. Kullekin asunnossa asuvalle henkilölle laskettiin mittausten perusteella ulkoilmavirta. Alle 4 l/s,hlö luokassa oli paljon oireilevia 63%, kun yli 11 l/s,hlö luokassa paljon oireilevia oli ainoastaan 28%. Välillä 7-11 l/s,hlö vähän ja paljon oireilevia oli lähes yhtä paljon (Taulukko 5.5). Ulkoilmavirran ollessa suurempi kuin 11 l/s,hlö ei oireilu näyttänyt vähenevän ulkoilmavirran lisääntyessä.

Taulukko 5.5 Vähän oireilevien ja paljon oireilevien lukumäärät eri ulkoilmavirtaluokissa.

Ulkoilmavirta henkilöä kohden (l/s,hlö)	Oirepistesumma		
	0-2	3-6	$\Sigma$
alle 7	10	19	29
7-11	25	21	46
yli 11	18	5	23
yhteensä	53	45	98

Atooppisilla ihmisillä oireilu oli runsaampaa kuin muilla, ja atooppisten joukossa paljon oireilevia oli 70 %, kun heitä ei atooppisten joukossa oli ainoastaan 47 %. Atooppiset olivat jakautuneet tutkimusryhmien välille epätasaisesti siten, että suuremmissa ilmanvaihtuvuusluokissa oli enemmän atooppisia kuin alhaisissa ilmanvaihtuvuusluokissa. Yli 0,55 m<sup>3</sup>/hm<sup>3</sup> ilmanvaihtuvuudella oli atooppisia lähes kolme kertaa enemmän kuin ei atooppisia. Näin atooppisuus on heikentänyt yllä esiintyneitä riippuvuuksia ilmanvaihtuvuuden

ja oireilun välillä, ja atooppisuuden suhteen korjattulla aineistolla ilmanvaihdon vaikutus oireiluun olisi vielä esitettyä merkitsevämpi.

### 5.3.3 Sairaudet

Sairauksista nuhakuumetta esiintyi runsaimmin (69 aikuisella). Flunssajaksoja esiintyi 1-10 kertaa vuodessa mediaanin ollessa 2,0. Kun aineisto jaettiin flunssajaksojen lukumäärän mukaan kahteen luokkaan: korkeintaan kerran vuodessa ja enemmän kuin kerran vuodessa flunssaan sairastuneisiin, havaittiin flunssajaksoja olevan enemmän alhaisen ilmanvaihtuvuuden asunnoissa kuin korkean ilmanvaihtuvuuden asunnoissa. Ilmanvaihtuvuuden ollessa yli  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  oli enemmän kuin kerran vuodessa flunssaa sairastavia aikuisten osuus 25 %, kun ilmanvaihtuvuusluokassa alle  $0,35 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  vastaava osuus oli 54 %. Muita kysytyjä sairauksia esiintyi niin vähän, ettei niiden lukumäärä ollut riittävä tilastollisten analyysien tekemiseksi.

Lasten sairauksilla ei ollut yhteyttä ilmanvaihtuvuuteen, mikä saattaa johtua lasten aikuisista poikkeavasta sosiologisesta käyttäytymisestä. Lapsia oli aineistossa myös suhteellisen vähän (63), mikä heikensi tilastollisten testien käytettävyyttä.

## 6 HAVAITTUJA PUUTTEITA ASUNTOILMANVAIHDON TOIMINNASSA

Suurimmat puutteet tutkittujen asuntojen ilmanvaihdossa olivat laitteiston asennuksessa, niiden käytössä, säädössä ja huollossa. Ilmanvaihdon suunnittelu oli yleensä toteutettu ohjeiden mukaisesti, ja ilmanvaihtoventtiilit oli sijoitettu tarpeellisiin huonetiloihin oikeille paikoille. Korvausilman saannista ei kuitenkaan usein oltu riittävästi huolehdittu. Vain 42 %:ssa asunnoista mitattiin huoneiston keskimääräiseksi ilmanvaihtokertoimeksi yli  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 tilakohtaiset ohjeet poistoilmavirroille toteutuivat harvoin.

Tietämys ilmanvaihtolaitteistojen toiminnasta ja yleensä ilmanvaihdon tarkoituksesta oli asukkaiden keskuudessa heikkoa. Pientaloissa käytettiinkin laitteistoja usein väärin. Vastaavasti tuntui joidenkin isännöitsijätoimistojen huoltomiesten tietämyksen ja palvelun taso olevan huono. Vian sattuessa saattoivat kerrostalon asukkaat joutua odottamaan huoltotoimenpidettä jopa kuukausia. Kahdessa kerrostalossa olikin poistoilmapuhallin toiminut vajaateholla tai ollut seisahduneena useita viikkoja.

Ilmanvaihtolaitteistojen huollosta ei huolehdittu säännöllisesti. Peräti 47 %:ssa asunnoista, joissa oli liesituuletin, ei liesituulettimen suodatinta ollut vaihdettu, vaikka se oli hyvin likainen. Vastaavasti 14 %:ssa koneellisen ilmanvaihdon asunnoista olivat poistoilmaventtiilit niin likaisia, että ne lienevät haitanneen ilman virtausta. Kanavistojen kuntoa ei tutkimuskohteissa tarkastettu, mutta suurin osa asukkaista ei muistanut kanavistoja koskaan puhdistetun. Yhdessä koneellisen tulo- ja poistoilmavaihdon kerrostaloasunnossa oli poistoilmakanavisto toiminut ajoittain tuloilmareittinä, jolloin huoneistoihin oli kulkeutunut likaa kanavistoista.

Kolmessa kerrostalossa oli puhaltimien toiminnassa ollut viimeisen vuoden kuluessa jatkuvia käyntihäiriöitä tai seisokkeja. Yhdessä kerrostalossa oli ollut ylimitoitettu poistoilmapuhallin (mitoitusilmavirtaan nähden noin viisinkertainen poistoilmavirta), mutta ennen tutkimusta oli puhallin vaihdettu mitoitussarvoa vastaavaan. Samaten oli yhdessä asunnossa asennettu koneellista poistoilmanvaihtoa varten kanavisto, mutta myöhemmässä vaiheessa olikin päätetty jättää puhallin pois ja käyttää ilmanvaihtolaitteistoa painovoimaisena.

Mittaukset ja asukkaiden kanssa käydyt keskustelut osoittivat, että kanavistojen tasapainotus ja venttiilien säätö oli huomattavassa osassa asunnoista virheellisesti tehty tai kanavistoa ei oltu säädetty ollenkaan. Kerrostaloasunnoissa oli yleistä asukkaiden omatoiminen venttiilien säätö, jonka seurauksena kanavien tasapaino häiriintyy. Yhdessä vanhassa painovoimaisen ilmanvaihdon kerrostaloasunnossa oli korvausilmaventtiilit tapetoitu umpeen. Ilmanvaihdosta huolehdittiin pitämällä makuuhuoneen ikkunaa auki.

Melutasomittaukset osoittivat, että seitsemässä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa oli kanaviston äänenvaimennus puutteellinen tai venttiilit valittu väärin. Liesituulettimet olivat lähes kaikki häiritsevän kovaäänisiä. Niitä ei yleensä käytetty muulloin kuin ruoanlaiton yhteydessä. Painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa liesituulettimet aiheuttivat usein takaisinvirtausta pesuhuoneiden ja saniteettitilojen poistoilmaventtiileistä.



## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa todettiin ilmanvaihtuvuudella olevan merkitystä asukkaiden oireiluun ja mielipiteisiin sisäilmastosta. Ilmanvaihtuvuusluokassa alle  $0,3 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  pidettiin ilmanvaihtoa riittämättömänä; ja kun ilmanvaihtokerroin oli yli  $0,6 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , koettiin ilmanvaihto yleensä hyväksyttäväksi. Vastaavasti ilmaa pidettiin tunkkaisena, kun hiilidioksidipitoisuus oli yli 1500 ppm, kun taas alle 1000 ppm:n pitoisuuksilla ilmaa ei yleensä koettu tunkkaiseksi.

Ilmanvaihtuvuus vaikutti asukkaiden ilmaisemiin oireisiin. Asunnon keskimääräinen ilmanvaihtokerroin korreloi oireilun kanssa parhaiten. Yksittäisistä oireista muodostetun oirepistesumman todettiin olevan aikuisilla selvästi keskiarvoa korkeampi ilmanvaihtokertoimen ollessa alle  $0,25 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , kun taas niissä asunnoissa, joissa ilmanvaihtokerroin oli yli  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ , oli oireilu keskimääräistä vähäisempää. Myös henkilöä kohden laskettu ilmavirta korreloi oireilun kanssa. Ilmanvaihtokerroin  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  vastasi ulkoilmavirtaa 11 l/s, hlö.

Flunssajaksojen lukumäärä korreloi ilmanvaihtuvuuden kanssa. Ilmanvaihtuvuuden ollessa yli  $0,55 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  oli enemmän kuin kerran vuodessa flunssaa sairastavien aikuisten osuus 25%, kun ilmanvaihtuvuusluokassa alle  $0,35 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  vastaava osuus oli 54 %. Muita sairauksia esiintyi aineistossa niin vähän, ettei tilastollisia analyysejä pystytty tekemään.

Ilmanvaihtojärjestelmän ei todettu vaikuttavan merkittävästi asukkaiden viihtyvyyteen. Yksittäisten viihtyisyystekijöiden osalta eivät järjestelmäkohtaiset erot olleet suuret. Kuitenkin kysyttäessä tyytyväisyyttä ilmanvaihtojärjestelmään 50 % painovoimaisen ilmanvaihdon asukkaista oli tyytymättömiä, kun tyytymättömien osuus koneellisen ilmanvaihdon asunnoissa

oli 20 %. Sairauksia ja oireilua esiintyi yhtä paljon kaikilla ilmanvaihtotavoilla.

Mittaukset 50 asunnossa osoittivat, että ilmanvaihtuvuuden hajonta oli suuri kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä. Sekä hyvin että huonosti toimivia ratkaisuja oli kaikissa ilmanvaihtojärjestelmissä. Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjearvot eivät yleensä toteutuneet varsinkaan poistoilmavirtojen osalta.

Asunnon keskimääräinen ilmanvaihtokerroin ylitti arvon  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$  vain 42 %:ssa tutkimuskohteista ilmanvaihtolaitteiston normaalilla käyttöteholla. Ilmanvaihtokertoimien vaihteluväli oli kuitenkin suuri ( $0,1-1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ). Kerrostaloasunnoissa vaihteluväli oli pienempi kuin pientaloasunnoissa. Makuuhuoneiden ilmanvaihto oli yleensä pienin. Vain kolmessa painovoimaisen ilmanvaihdon, seitsemässä koneellisen poistoilmanvaihdon ja kahdeksassa koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnossa mitattiin makuuhuoneen ilmanvaihtokertoimeksi yli  $0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ . Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa oli tasaisin ilmanvaihtuvuus.

Makuuhuoneisiin ei aina oltu järjestetty ulkoilmareittejä. Tämä vaikeutti varsinkin koneellisen poistoilmanvaihdon toimintaa. Asunnoissa, joista korvausilma-venttiilit puuttuivat, mitattiinkin suurimmat ulko- ja sisäilman väliset paine-erot. Ilmanvaihdon tehostetulla käytöllä 33 %:ssa koneellisen poistoilmanvaihdon asunnoista oli huoneiston alipaine yli 30 Pa (suurimmillaan 93 Pa).

Makuuhuoneiden hiilidioksidipitoisuudet mitattiin yöllä. Hiilidioksidipitoisuuden raja-arvo 1500 ppm ylitettiin stationääritilanteessa 20 %:ssa makuuhuoneista. Pitoisuudet olivat korkeimpia niissä makuuhuoneissa, joissa ovea pidettiin kiinni.

Puhaltimien maksimitehoilla mitatut poistoilmavirrat olivat yleensä pienempiä kuin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa annetut tilakohtaiset ohjearvot. Suositukset eivät toteutuneet yhdessäkään painovoimaisen ilmanvaihdon asunnossa, paitsi keittiöiden osalta liesituulettimen ollessa toiminnassa. Koneellisen ilmanvaihdon asunnoista 77 %:ssa eivät kaikki tilakohtaiset ohjearvot toteutuneet.

Ilmanvaihtolaitosten aiheuttama melu oli yleensä vähäistä, eikä sitä yleensä koettu häiritseväksi. Normaalityyppisellä ilmanvaihtolaitoksen käyttöteholla olivat äänitasot makuuhuoneissa alle 30 dB(A) kaikissa asunnoissa. Keskimäärin olivat melutasot korkeimpia koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa (keskiarvo 23 dB(A)). Näiden asuntojen makuuhuoneista mitattiin 41 %:ssa makuuhuoneista yli 35 dB(A) ilmanvaihdon tehostetulla käytöllä. Pahimpia melun aiheuttajia olivat keittiön koneet sekä liesituuletin. Liesituulettimen käyttö maksimiteholla aiheuttikin yli 35 dB(A) melutason kaikissa painovoimaisen ilmanvaihdon asunnoissa.

Pölypitoisuus oli keskimäärin suurin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon asunnoissa. Niissä asunnoissa, joissa mitattiin korkeita pölypitoisuuksia eivät pölykertymät välttämättä olleet suuria kaikilla mittausjaksoilla. Toisilla mittausjaksoilla saattoivat pölykertymät olla hyvinkin alhaisia. Aukkaiden toiminnan erot eri mittausjaksoilla selittänee suuren tulosten vaihtelun.

Pölypitoisuuden ei havaittu vaikuttavan asukkaiden viihtyvyyteen eikä terveyteen.

Mikään tutkituista ilmanvaihtojärjestelmistä ei osoittautunut ratkaisevasti muita paremmaksi. Suurimmat puutteet ilmanvaihdon toiminnassa eivät olleet järjestelmäkohtaisia vaan liittyivät laitteistojen käyttöön, suunnitteluun, asennukseen, säätöön ja huoltoon. Asuk-

kaiden omalla toiminnalla oli ratkaiseva vaikutus ilmanvaihdon toimintaan. Koneellisen ilmanvaihdon pientaloista 30 %:ssa käytettiinkin väärin laitteistoja tai niitä ei pidetty normaalikäytössä ollenkaan päällä.

Esitetyt tulokset ovat suuntaa antavia ja perustuvat 50 asunnossa tehtyihin mittauksiin ja kyselyyn. Lisää varmuutta saadaan tutkimuksen jatkossa analysoimalla 300 asunnossa tehtyjä mittauksia ja kyselyä sekä 2000 asuntoon tehtyä kyselytutkimusta.

## 8 KEHITYSTARPEET

Ilmanvaihtojärjestelmien kehittämisesä tulisi pyrkiä joko mahdollisimman yksinkertaisiin tai automaattisiin ratkaisuihin. Asukkaat eivät ole halukkaita perehtymään monimutkaisiin järjestelmiin eivätkä halua suorittaa niiden vaatimaa huoltoa. Tutkimuskohteissa ei yleensä oltu huolehdittu edes liesituulettimen suodatimen vaihdosta.

Helppokäyttöisyys ja toimintavarmuus tulisi olla pyrkimyksenä ilmanvaihtolaitoksia suunniteltaessa. Hyvin suunniteltu ja asennettu ilmanvaihtolaitos ei toimi hyvin, mikäli sitä voidaan käyttää ja käytetään väärin. Täysin huoltovapaata automaattista hyvää ilmanvaihtoa ei voida nykytekniikalla järjestää edullisesti, joten ihmisten tietämystä olisi lisättävä ilmanvaihtojärjestelmistä ja ilmanvaihdon tarkoituksesta. Laitteistojen käyttäjiä olisi valistettava esimerkiksi laitteiston asennuksen yhteydessä toimitettavalla selostuksella laitteiston käytöstä ja väärinkäytösten seurauksista. Näin usein tehdäänkin, mutta käytäntö ei ole vielä vakiintunut.

Rakennusten käyttöönottotarkastusten yhteydessä voitaisiin suorittaa pistokokein sisäilman laatutarkastus sisältäen ilmanvaihtuvuuden ja lämpöolojen mittaukset. Näin saataisiin tietoa ilmanvaihtoalan määräysten tarkentamiseen, kun mitatuksi tulisivat toteutuneet sisäilmasto-olosuhteet eivätkä ainoastaan keinot niiden luomiseksi (ilmavirtojen mittaukset venttiileistä). Menetelmät tällaisiin mittauksiin ovat jo olemassa, mutta ne eivät ole kovin laajalti käytössä.

Varsinkin kerrostaloissa on ongelmana asukkaiden oma-toiminen venttiilien säätäminen, jonka seurauksena kanavien tasapaino häiriintyy. Vastaanottotarkastuksista huolimatta saattaa perussäätökin olla väärin tehty. Tarkistusmittauksia voitaisiinkin suorittaa jo käytössä olevien ilmanvaihtolaitosten osalta, ja suuremmissa

järjestelmissä (kerrostalot) olisi venttiilien ilmavirrat mitattava säännöllisin väliajoin. Näin voitaisiin ottaa huomioon myös yksilöllisiä tarpeita ja muuttuneita olosuhteita (huoneistojen henkilökuormat).

Tutkimus osoitti, että kaikilla tarkastelluilla ilmanvaihtotavoilla voidaan luoda tyydyttävä sisäilmasto, mikäli suunnittelu ja asennus tehdään huolella, ja ilmanvaihtolaitteita käytetään ja huolletaan kunnolla. Uusissa kohteissa tulisi ilmanvaihtojärjestelmä valita tapauskohtaisesti ottaen huomioon kullekin järjestelmälle luonteenomaiset piirteet. Niinpä esimerkiksi painovoimaista ilmanvaihtoa ei pitäisi rakentaa, jos sille ei ole olemassa toimintaedellytyksiä (mm. riittävä hormikorkeus, vähän vaakasuuntaisia kanavia).

Eriyistä huomiota olisi kiinnitettävä kaikilla ilmanvaihtojärjestelmillä ilmavirtojen tarkoituksenmukaiseen jakautumiseen. Oleskelutiloihin olisi tuotava riittävästi raitista ilmaa esimerkiksi ulkoilmaventtiileillä. Suunnittelijat tämän jo tietävätkin, mutta urakoitsijat ja käyttäjät eivät aina tiedosta korvausilmareittien merkitystä.

## LÄHDELUETTELO

Helenius, T. 1989. Epäpuhtauksien poistotehokkuus ja sen mittaaminen. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Diplomityö. 95 s.

Jaakkola, J. J. K. 1986. Toimistorakennuksen sisäilma ja terveys, Kokeellinen ja epidemiologinen tutkimus koneellisen ilmanvaihdon vaikutuksista. Helsinki, Lääkintöhallituksen tutkimuksia nro 41. 127 s.

Jaakkola, J. ym. 1987. Pasilan virastokeskuksen sisäilmastotutkimus, Lääketieteellinen loppuraportti. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti C35. 79 s.

Kovanen, K. ym. 1988. Ilmanvaihdon ja ilmanjaon vaikutus huoneilmavirtauskenttään. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti B20. 95 s.

Kulmala, M. ym. 1986. Sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja ulko-sisäilma-kytkentä, Osa IV, Ihmistoiminnan vaikutus sisäilman laatuun. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti C22. 84 s.

Lindholm, M. ym. 1987. Ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän vaikutus työntekijöiden oireisiin ja viihtyvyyteen eräässä toimistorakennuksessa. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti B12. 111 s.

Ruotsalainen, R. ym. 1987. Asuntoilmanvaihdon toiminta eräissä koerakentamiskohteissa. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti B16. 103 s.

Savolainen, T. ym. 1988. Neulamäen koetalot: ilmanvaihto ja sisäilmasto. Kuopio, Kuopion yliopisto, ympäristöhygienian laitos, Monistesarja 4/1988. 168 s.

Skov, P. ym. 1989. Rådhusundersøgelsen - indeklima i kontorer. Köbenhavn, Arbejdsmiljøfondet. S. 54-58

Säteri, J. ym. 1989. Rakennusten ilmanvaihtuvuuden passiivisen merkkiainemittausmenetelmän kehittäminen. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. (Julkaisematon.)

Tilastokeskus. 1987. Suomen Tilastollinen vuosikirja. Helsinki.

Vasama, P. M. ym. 1980. Johdatus tilastotieteeseen, Osa II. Pori. 385 s.



**TAUSTATIETOJEN  
KYSELYLOMAKE**
**OHJE**

Taustatietojen kyselylomakkeeseen vastaa se perheen aikuisista, joka tuntee parhaiten asuntoa koskevat tiedot. Vastaaminen tapahtuu kirjoittamalla vastaus sille varattuun tilaan tai ympyröimällä sopivan vaihtoehdon numero.

Kylmällä vuodenajalla tarkoitetaan lämmityskautta, eli syyskuun ja toukokuun välistä aikaa, jolloin talon lämmitys on toiminnassa.

**TAUSTATIEDOT**

1. Lomakkeen täyttöpäivä

\_\_\_\_ pv      \_\_\_\_ kk      \_\_\_\_ v

2. Kuinka monta henkilöä asuu huoneistossanne vakituisesti?

\_\_\_\_\_

3. Luetelkaa ruokakuntanne kaikkien jäsenten ikä (täytettyjen ikävuosien lukumäärä) nuorimmasta alkaen!

\_\_\_\_\_

4. Pidättekö asunnossanne hoidossa päivähoitolapsia vähintään kahtena päivänä viikossa? Ilmoittakaa myönteisessä tapauksessa hoitolasten lukumäärä!

1 Ei  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ lasta

5. Montako vuotta perheenne on asunut nykyisessä asunnossa?

\_\_\_\_\_ v

6. Moniko ruokakuntanne jäsenistä tupakoi asunnossa sisällä?

\_\_\_\_\_

7. Onko asunnossanne säännöllisesti lemmikkieläimiä? Voitte ympyröidä useita vaihtoehtoja.

1 Ei  
2 Kissoja  
3 Koiria  
4 Muita. Mitä? \_\_\_\_\_

**ASUNTOA JA ASUINRAKENNUSTA KOSKEVAT TIEDOT**

8. Minä vuonna asuinrakennuksenne on valmistunut?

\_\_\_\_\_

9. Onko asuntonne?

1 Omistusasunto  
2 Vuokra-asunto (myös työsuhteasunto)

10. Mitä tyyppiä asuintalonne on?

1 Omakotitalo  
2 Paritalo  
3 Rivitalo  
4 Kerrostalo

11. Montako kerrosta asuinrakennuksessanne on?

\_\_\_\_\_

12. Monennessako kerroksessa oma asuntonne on?

\_\_\_\_\_

13. Mikä on asuntonne asuinhuoneiden yhteispinta-ala?

\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

14. Montako huonetta asunnossanne on (keittiötä, saunaa, pesuhuonetta tms. ei lasketa mukaan)?

\_\_\_\_\_ kpl

15. Onko asunnossanne sauna?

1 Ei  
2 Kyllä

16. Mikä on asuinrakennuksenne runkomateriaali?

1 Puu  
2 Betoni  
3 Tiili  
4 En tiedä

17. Mikä on asuinrakennuksenne lämmöneristysmateriaali?

1 Vuorivilla, lasivilla tms.  
2 Puru tai vastaava  
3 En tiedä

18. Onko asunnossanne?

Ei      Kyllä

Keittiö	1	2
Olohuone	1	2
Vanhempien makuuhuone	1	2
Lasten makuuhuone 1	1	2
Lasten makuuhuone 2	1	2

19. Missä asuntonne huoneista on kokolattiamatto? Ympyröikää kaikki oikeat vaihtoehdot!

1 Keittiö  
2 Olohuone  
3 Vanhempien makuuhuone  
4 Lasten makuuhuone 1  
5 Lasten makuuhuone 2  
6 Muu huone  
7 Ei missään

20. Minkä seuraavien huoneiden seinillä on maalipinta tai kangas-, muovi- tai paperitapettia?

Kangas    Muovi    Paperi    Maali

Olohuone	1	2	3	4
Vanhempien makuuhuone	1	2	3	4
Lasten makuuhuone 1	1	2	3	4
Lasten makuuhuone 2	1	2	3	4

## LÄMMITYS

21. Millainen lämmitystapa asunnossanne on? Ympyröi lähinnä oikeat vaihtoehdot (enintään 3 vaihtoehtoa)!

- 1 Vesipatterilämmitys
- 2 Suora sähkölämmitys (sähköpatterit)
- 3 Lattialämmitys
- 4 Kattosäteilylämmitys
- 5 Takka- tai uunilämmitys
- 6 Ilmalämmitys

22. Mikä on asuntonne lämpötila tänään, juuri nyt lomaketta täyttäessänne, lämpömittarinne mukaan?

\_\_\_\_\_ °C

23. Mikä on asuntonne keskilämpötila lämmityskaudella?

\_\_\_\_\_ °C

24. Alennatteko asuntonne makuuhuoneiden lämpötilaa kylmänä vuodenaikana?

- 1 Kyllä, öisin
- 2 Kyllä, päivisin
- 3 Ei juuri koskaan

25. Käytättekö asunnossanne ilmankostutinta kylmänä vuodenaikana?

- 1 Ei
- 2 Harvoin, vain kylmimpänä aikana
- 3 Usein

26. Missä huoneessa ilmankostutin sijaitsee?

- 1 Olohuone
- 2 Vanhempien makuuhuone
- 3 Lasten makuuhuone 1
- 4 Lasten makuuhuone 2
- 5 Muu huone

## ILMANVAIHTO

## OHJEITA

Painovoimaiseksi sanotaan ilmanvaihtoa, kun asunnon huoneiden ilma vaihtuu ilman puhaltimia.

Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ilma poistetaan koneellisesti, ts. poistoilmaventtiilien ja -hormien imu saadaan aikaan huippumurilla.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilma tuodaan ja poistetaan hormoneja pitkin puhaltimien avulla.

27. Mikä on asuntonne ilmanvaihtotapa?

- 1 Painovoimainen, jossa ei ole liesituuletinta
- 2 Painovoimainen, jossa on liesituuletin
- 3 Koneellinen poistoilmanvaihto
- 4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
- 5 Ilmalämmitys
- 6 En osaa sanoa

28. Likaavatko ilmanvaihtoventtiilit kattoa tai seiniä?

- 1 Ei
- 2 Kyllä, jonkinverran
- 3 Kyllä, selvästi

29. Onko keittiössänne?

- 1 Liesikupu tai liesituuletin
- 2 Poistoilmaventtiili

30. Onko liesikupu/-tuuletin yhdistetty ilmanvaihtohormiin?

- 1 Ei
- 2 Kyllä
- 3 En osaa sanoa

31. Käytättekö asuntonne liesituuletinta?

Ei Kyllä

- |                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| 1 Ruuanvalmistuksen yhteydessä | 1 | 2 |
| 2 Tupakoinnin yhteydessä       | 1 | 2 |
| 3 Tuuletuksen parantamiseen    | 1 | 2 |
| 4 Muuhun, mihin?               |   |   |

32. Häiritseekö liesituulettimen (tai keittiön ilmanvaihtoventtiilin) ääni?

- 1 Ei
- 2 Kyllä, vain suurella käyntiteholla
- 3 Kyllä, myös pienellä käyntiteholla

33. Kuinka pitkän ajan liesituuletin on keskimäärin yhteensä päällä vuorokaudessa?

\_\_\_\_\_ tuntia

34. Jos talossa on koneellinen ilmanvaihto (vastasitte ilmanvaihtotapaa koskevaan kysymykseen 27 vaihtoehtoihin 3, 4 tai 5), niin milloin ilmanvaihto on toiminnassa ja millä teholla? Rengastakaa joka vaakariviltä sopiva vaihtoehto 1-4.

	Ei päällä	Minimi- teho	Täysi- teho	En tiedä
Päivisin (06-22)	1	2	3	4
Öisin (22-06)	1	2	3	4
Ruuanvalmistuksen yhteydessä	1	2	3	4

35. Mihin kellonaikaan yleensä arkisin laitatte ruokaa?

Aamuisin klo \_\_\_\_\_ Päivisin klo \_\_\_\_\_

Iltaisin klo \_\_\_\_\_ Öisin klo \_\_\_\_\_

36. Montako tuntia koneellinen ilmanvaihto toimii keskimäärin yhteensä vuorokaudessa?

\_\_\_\_\_ tuntia

37. Oletteko itse säätäneet asuntonne ilmanvaihtoventtiileitä?

- 1 Ei
- 2 Kyllä, pienentänyt
- 3 Kyllä, suurentanut

38. Miksi olette säätäneet ilmanvaihtoventtiileitä?

- 1 Ilma ei riittänyt
- 2 Venttiilit aiheuttivat vetoa
- 3 Venttiilit aiheuttivat melua
- 4 Jokin muu syy. Mikä?

39. Montako ilmanvaihto- tai tuuletusventtiiliä on seuraavissa huoneissa?

	kpl
Vanhempien makuuhuone	_____
Lasten makuuhuone 1	_____
Lasten makuuhuone 2	_____
Olohuone	_____
Keittiö	_____
Muu huone	_____
Pesuhuone	_____
WC	_____
Yhdistetty WC/pesuhuone	_____
Sauna	_____
Vaatehuone	_____
Eteinen	_____

40. Jääkö huoneiden ovien ja lattian tai kynnyksen väliin selvästi havaittavaa ilmanvaihtorakoa ovien ollessa suljettuna?

	Ovirako	
	Ei	On
Vanhempien makuuhuone	1	2
Lasten makuuhuone 1	1	2
Lasten makuuhuone 2	1	2
Keittiö	1	2
Pesuhuone	1	2
WC	1	2
Yhdistetty WC/pesuhuone	1	2
Vaatehuone	1	2

41. Missä asennoissa huoneiden ovet ovat yöllä tavallisimmin?

	Kiinni	Raollaan	Auki
Vanhempien makuuhuone	1	2	3
Lasten makuuhuone 1	1	2	3
Lasten makuuhuone 2	1	2	3
Keittiö	1	2	3
Pesuhuone	1	2	3
WC	1	2	3
Yhdist. WC/pesuhuone	1	2	3
Vaatehuone	1	2	3

42. Missä asuntonne huoneista on mielestänne riittävä ilmanvaihto ja missä puutteellinen?

	Hyvä	Huono
Vanhempien makuuhuone	1	2
Lasten makuuhuone 1	1	2
Lasten makuuhuone 2	1	2
Olohuone	1	2
Keittiö	1	2
Pesuhuone	1	2
WC	1	2
Yhdistetty WC/pesuhuone	1	2
Vaatehuone	1	2

#### SIIVOUS JA TUULETUS

43. Miten usein siivoatte perusteellisesti asuntonne?

- 1 Noin kerran kuukaudessa tai harvemmin
- 2 Noin kerran viikossa
- 3 Noin 2-6 kertaa viikossa
- 4 Päivittäin

44. Kuinka usein tuuletatte asuntonne perusteellisesti ikkunoiden ja/tai ovien kautta?

- 1 Harvemmin kuin kerran viikossa
- 2 Noin 1-3 kertaa viikossa
- 3 (Lähes) päivittäin
- 4 Useammin kuin 2 kertaa päivässä

45. Kuinka kauan tavallisesti tuuletatte kerrallaan?

- 1 Alle 2 min.
- 2 2-10 min.
- 3 10-30 min.
- 4 Yli 30 min.

46. Mitkä ovat tärkeimmät syyt ikkunoiden tai ovien avaamisen avulla tapahtuvaan tuuletukseen? Aseta syyt tärkeysjärjestykseen sijoittamalla tärkeyttä osoittava numero viivalle: tärkein syy = 1, seuraavaksi tärkein = 2 jne.

	Tärkeysjärjestys
Ruuan käry	_____
Tupakointi	_____
Siivous	_____
Tunkkaisuus	_____
Kuumuus	_____
Tulee ahdistava olo, "ilma loppuu"	_____
Muu syy, mikä?	_____

## VIIHTYISYYS

47. Jos asuntonne on vetoinen, niin mistä arvioitte sen johtuvan? Ympyröi kaikki soveltuvat vaihtoehdot!

- 1 Ikkunoista
- 2 Ovista
- 3 Ilmanvaihtuventtiileistä
- 4 Seinän tai lattian ilmapuodoista
- 5 Lattioiden kylmyydestä
- 6 Muusta. Mistä?

48. Esiintyykö asunnossanne ikkunoiden huurtumista lämmityskaudella?

- 1 Ei koskaan
- 2 Toisinaan
- 3 Usein tai aina

49. Onko asunnossanne jokin perushaju? Tämän voitte arvioida esim. siten, että tulette ulkoa sisälle.

- 1 Ei
- 2 Kyllä

50. Millaiseksi olette kokeneet asuntonne ilmanvaihdon viimeksi kuluneen kuukauden aikana?

- 1 Useimmiten hyväksi
- 2 Ajoittain hyväksi ja ajoittain huonoksi
- 3 Useimmiten huonoksi

51. Millaiseksi olette kokeneet asuntonne lämpötilan viimeksi kuluneen kuukauden aikana?

- 1 Useimmiten liian kylmäksi
- 2 Ajoittain liian kylmäksi ja ajoittain liian lämpimäksi
- 3 Useimmiten liian kuumaksi
- 4 Koko ajan sopivaksi

52. Millaiseksi olette kokeneet asuntonne ilman kosteuden viimeksi kuluneen kuukauden aikana keskimäärin?

- 1 Useimmiten liian kuivaksi
- 2 Ajoittain liian kuivaksi ja ajoittain liian kosteaksi
- 3 Useimmiten liian kosteaksi
- 4 Koko ajan sopivaksi

53. Jos katsotte, että asunnossanne on haitallisia ominaisuuksia, niin mitkä seuraavista tekijöistä ovat mielestänne "syypäitä" haittaan? Vastatkaa ympyröimällä kussakin kohdassa joko vaihtoehto 1 tai 2!

	Ei syy	Kyllä
Rakennuksen huono äänieristys	1	2
Huonolaatuinen ulkoilma	1	2
Rakennuksen liiallinen tiiviys	1	2
Asunnon liiallinen vetoisuus	1	2
Asunnon liiallinen kylmyys talvella	1	2
Asuntoon tulee liian vähän luonnonvaloa	1	2
Asunnon pienenus	1	2
Asunnon pölyisyys	1	2

## LÄHIYMPÄRISTÖ

54. Onko asuntonne ulko-ovessa postiluukku?

- 1 Ei
- 2 Kyllä

55. Tunkeutuuko porraskäytävästä tai naapurihuoneistoista asuntoon hajuja tai käryjä?

- 1 Ei
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

56. Tunkeutuuko ulkoa asuntoon liikenteen tai teollisuuden hajuja, käryjä, nokea, savua tai pölyä?

- 1 Ei
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

57. Esiintyykö asuinalueellanne mielestänne haittaavasti melua?

- 1 Ei
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

58. Kuka antoi edellä kysytyt tiedot?

- 1 Perheen naispuolinen vanhempi
- 2 Perheen miespuolinen vanhempi
- 3 Perheen muu aikuinen (yli 15-vuotias)
- 4 Perheen lapsi (alle 15-vuotias)

59. Onko asunnossanne tai asuinympäristössä sellaisia puutteita, jotka eivät edellä ole tulleet esille?

---



---



---

60. Entä hyviä puolia?

---



---



---

61. Kauanko tämän taustatietokyselyn täyttö kesti?

\_\_\_\_\_ min

62. Haluatteko, että Teknillisen korkeakoulun tutkijat mittaavat asuntonne ilmanvaihtuvuuden?

- 1 Ei
- 2 Kyllä

Viimeiseen kysymykseen myöntävästi vastanneiden keskuudesta valitaan 300 asuntoa ilmanvaihtomittauksiin.

## KIITOS VAIVANNÄÖSTÄ

## AIKUISKYSSELYLOMAKE

## OHJE

Kaikki yli 15-vuotiaat perheenjäsenet täyttävät oman aikuiskyselylomakkeensa. Jos huoneistossa asuu vakituisesti enemmän kuin kolme aikuista, täytetään lomakkeet perheen vanhempien ja nuorimman yli 15-vuotiaan lapsen osalta. Vastaaminen tapahtuu kirjoittamalla vastaus sille varattuun tilaan tai ympyröimällä sopivan vaihtoehdon numero.

## HENKILÖTIEDOT

1. Sukupuoli
  - 1 Nainen
  - 2 Mies
2. Siviilisääty
  - 1 Avio/avoliitto
  - 2 Yksin
3. Syntymävuosi  
\_\_\_\_\_ (numeroin)
4. Ammattikoulutus
  - 1 Ei ammattikoulutusta
  - 2 Ammattikurssi tai -kurseja
  - 3 Ammattikoulu
  - 4 Opistotasoinen koulutus
  - 5 Yliopisto tai muu korkeakoulu
  - 6 Opiskelija
  - 7 Muu. Mikä? \_\_\_\_\_
5. Tupakoitko nykyisin? Jos poltat sikaria tai piippua arvioi määrä savukkeina.
  - 1 En
  - 2 Kyllä, alle 15 savuketta/vrk
  - 3 Kyllä, yli 15 savuketta/vrk
6. Montako vuotta kaikkiaan olet tupakoinut?  
\_\_\_\_\_ vuotta

## TERVEYS

7. Kuinka monta nuhakuumejaksoa ("flunssaa") Sinulla on ollut viimeksi kuluneen kahden kuukauden aikana? Ilmoita myös kuumepäivien lukumäärä ja montako päivää olet ollut vuodepotilaana.
  1. Jaksojen lukumäärä \_\_\_\_\_
  2. Kuumepäivien lukumäärä \_\_\_\_\_
  3. Vuodepäivien lukumäärä \_\_\_\_\_
8. Onko Sinulla ollut lääkärin toteamia astman oireita?
  - 1 Ei koskaan
  - 2 Kyllä, viimeksi kuluneen 12 kk aikana
  - 3 Kyllä, mutta vain aikaisemmin
9. Onko Sinulla lapsena ollut kuivaa käsi- tai jalkataiveihottumaa eli maitorupea?
  - 1 Ei
  - 2 Kyllä, mutta vain alle 2 vuotiaana
  - 3 Kyllä, yli 2 vuotiaana
10. Onko Sinulla ollut aikuisena kutisevaa taiveihottumaa (maitorupea tai atooppista ihottumaa) tai sen oireita?
  - 1 Ei koskaan
  - 2 Kyllä, viimeksi kuluneen 12 kk aikana
  - 3 Kyllä, mutta vain aikaisemmin
11. Onko Sinulla koskaan ollut heinänuhaa tai muuta allergista nuhaa?
  - 1 Ei koskaan
  - 2 Kyllä, viimeksi kuluneen 12 kk aikana
  - 3 Kyllä, mutta vain aikaisemmin
12. Onko Sinulla koskaan ollut allergista silmätulehdusta?
  - 1 Ei koskaan
  - 2 Kyllä, viimeksi kuluneen 12 kk aikana
  - 3 Kyllä, mutta vain aikaisemmin

13. Oletko huomannut, että jokin alla mainituista tekijöistä aiheuttaisi Sinulle hengenahdistusta, yskää, nuhaa, silmien kutinaa, punaisia iholäiskiä tai ihon kutinaa?  
Rengasta jokaisessa kohdassa 1 tai 2!

	Ei	Kyllä
Siitepölyt .....	1	2
Muut pölyt .....	1	2
Kissa (karvat, hilse)	1	2
Koira (karvat, hilse)	1	2
Muu eläin .....	1	2
Tupakansavu .....	1	2
Liuetinaineet tai niiden hajut ....	1	2
Pakokaasut .....	1	2
Pesuaineet .....	1	2
Kylmä tai kostea ilma	1	2
Hajut tai käryt .....	1	2
Muut, mitkä? _____		

14. Oletko yliherkkä joillekin ruoka-aineille?

1 En  
2 Kyllä

15. Luettele ne ruoka-aineet, hedelmät tai marjat, joille olet tai uskot olevasi yliherkkä.

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_

16. Kuinka usein Sinulla on viimeisen kahden kuukauden aikana esiintynyt seuraavia oireita? Ympyröi jokaisen oireen kohdalla vaihtoehto 1 tai 2.

- a) Ihon kuivuutta, kireyttä tai kutinaa

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- b) Silmien kuivuutta, kirvelyä tai kutinaa

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- c) Nenän tukkoisuutta

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- d) Nenän kuivuutta

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- e) Nenän kirkasta "vetistä" vuotoa

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- f) Aivastelua

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- g) Yskää

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- h) Hengenahdistusta

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- i) Päänsärkyä tai migreeniä

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- j) Väsymystä, heikotusta tai huonovointisuutta

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- k) Selkäsärkyä

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

- l) Ripulia

1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

17. Jos Sinulla on esiintynyt edellä (kysymys 16) kysytyjä oireita, niin ovatko ne vaivanneet

1 yhtä paljon arkipäivisin ja viikonloppuisin  
2 vähemmän viikonloppuisin  
3 enemmän viikonloppuisin

18. Jos Sinulla on esiintynyt edellä (kysymys 16) kysytyjä oireita, niin ovatko ne vaivanneet

1 eniten kotona  
2 tasapuolisesti työssä ja kotona  
3 eniten työssä

19. Jos Sinulla on esiintynyt edellä kysytyistä iho-, silmä- tai nenäoireita (kysymys 16 a-e), niin mihin vuorokauden aikaan ne tavallisesti ovat pahimmillaan?

- 1 Yöllä (00-06)
- 2 Aamulla (06-12)
- 3 Illalla (12-24)
- 4 Vaihdellessa eri aikoina

20. Kuinka usein Sinulla on esiintynyt seuraavia sairauksia kuluneen vuoden (12 kk) aikana?

Lukumäärä

Nuhakuume ("flunssa") \_\_\_\_\_  
 Angiina (nielurisatuleh.) \_\_\_\_\_  
 Poskiontelotulehdus \_\_\_\_\_  
 Keskikorvan tulehdus \_\_\_\_\_  
 Keuhkoputkentulehdus \_\_\_\_\_  
 Keuhkokuume \_\_\_\_\_

#### VIIHTYISYYS

Kylmällä vuodenaikalla tarkoitetaan lämmityskautta, eli syyskuun ja toukokuun välistä aikaa, jolloin talon lämmitys on toiminnassa.

21. Koetko makuuhuoneesi lämpötilan kylmänä vuodenaikana liian kylmäksi?

- 1 En
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

22. Koetko makuuhuoneesi lämpötilan kylmänä vuodenaikana liian lämpimäksi?

- 1 En
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

23. Koetko makuuhuoneesi kylmänä vuodenaikana vetoiseksi?

- 1 En
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

24. Koetko makuuhuoneesi ilman kosteuden kylmänä vuodenaikana

- 1 yleensä liian kuivaksi
- 2 yleensä sopivaksi
- 3 yleensä liian kosteaksi

25. Tuntuuko makuuhuoneesi ilma aamuisin kylmänä vuodenaikana selvästi tunkkaiselta?

- 1 Ei
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

26. Koetko asuntosi lattiat kylmiksi kylmänä vuodenaikana?

- 1 En
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

27. Mitä mieltä olet makuuhuoneesi ilmanvaihdosta kylmänä vuodenaikana?

- 1 Usein riittämätön
- 2 Yleensä hyväksyttävä
- 3 Aina riittävä

28. Millaisia puutteita koet asuntosi ilmanvaihdossa? Ympyröi oikeat vaihtoehdot!

- 1 Aiheuttaa vetoa
- 2 Aiheuttaa häiritsevää melua
- 3 Ilma vaihtuu epätasaisesti eri huoneissa
- 4 Laskee lämpötilaa liikaa kylmänä vuodenaikana
- 5 Ei säätömahdollisuutta
- 6 Muita puutteita? \_\_\_\_\_
- 7 Ei puutteita

29. Mikä asuntosi ilmanvaihdossa on hyvää? Ympyröi oikeat vaihtoehdot!

- 1 Ilma on raikas
- 2 Ilma vaihtuu tasaisesti tai hyvin eri huoneissa
- 3 Säätömahdollisuus
- 4 Muu. Mikä? \_\_\_\_\_

#### KOTITYMPÄRISTÖ

30. Montako tuntia keskimäärin arkivuorokaudesta oleskelet kotona sisällä?

\_\_\_\_\_ tuntia

31. Missä asuntosi huoneista tavallisimmin nuket?

- 1 Keittiö
- 2 Olohuone
- 3 Vanhempien makuuhuone
- 4 Lasten makuuhuone 1
- 5 Lasten makuuhuone 2
- 6 Muu huone

32. Montako henkilöä tässä huoneessa tavallisesti nukkuu?

\_\_\_\_\_ henkilöä

33. Mitä on tyynysi pehmustemateriaali (sisältö)?

- 1 Keinokuitua
- 2 Vaahtomuovia
- 3 Linnun höyheniä (untuva tms.)
- 4 Muuta

34. Minkä ikäinen on tyynysi sisältö (osto- tai käyttöönottopäivästä lukien)?

- 1 Alle 1 vuotta
- 2 1-3 vuotta
- 3 4-10 vuotta
- 4 yli 10 vuotta

#### TYÖYMPÄRISTÖ

35. Käytkö työssä kodin ulkopuolella?

- 1 Ei
- 2 Kyllä

36. Montako tuntia keskimäärin työajastasi oleskelet?

Sisällä \_\_\_\_\_ tuntia

Ulkona \_\_\_\_\_ tuntia

37. Oletko työssäsi joutunut altiiksi viimeksi kuluneen 2 kk aikana seuraaville tekijöille (ainakin yhden työpäivän aikana viikossa)? Voit ympyröidä useita vaihtoehtoja.

- 1 Paperipölylle
- 2 Tupakan savulle
- 3 Kuivalle ilmalle
- 4 Kokolattiamatolle

38. Kuka täytti tämän aikuiskyselyosion?

- 1 Se aikuinen, jota kysely koskee
- 2 Avio/avovaimo tai -mies
- 3 Muu, kuka? \_\_\_\_\_

39. Kauanko tämän aikuiskyselyn täyttö kesti?

\_\_\_\_\_ min



12. Oletko yliherkkä joillekin ruoka-aineille?

- 1 En  
2 Kyllä

13. Luettele ne ruoka-aineet, hedelmät tai marjat, joille olet tai uskot olevasi yliherkkä.

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_

14. Kuinka usein Sinulla on viimeisen kahden kuukauden aikana esiintynyt seuraavia oireita? Ympyröi jokaisen oireen kohdalla vaihtoehto 1 tai 2.

a) Ihon kuivuutta, kireyttä tai kutinaa

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

b) Silmien kuivuutta, kirvelyä tai kutinaa

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

c) Nenän tukkoisuutta

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

d) Nenän kuivuutta

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

e) Nenän kirkasta "vetistä" vuotoa

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

f) Aivastelua

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

g) Yskää

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

h) Hengenahdistusta

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

i) Päänsärkyä tai migreeniä

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

j) Väsymystä, heikotusta tai huonovointisuutta

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

k) Selkäsärkyä

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

l) Ripulia

- 1 Ei lainkaan  
2 Kyllä \_\_\_\_\_ päivänä

15. Jos Sinulla on esiintynyt edellä kysytyjä iho-, silmä- tai nenäoireita (kysymys 14 a-e), niin mihin vuorokauden aikaan ne tavallisesti ovat pahimmillaan?

- 1 Yöllä (00-06)  
2 Aamulla (06-12)  
3 Illalla (12-24)  
4 Vaihdellessa eri aikoina

16. Kuinka usein Sinulla on esiintynyt seuraavia sairauksia kuluneen vuoden (12 kk) aikana?

	Lukumäärä
Nuhakuume ("flunssa")	_____
Angiina (nielurisatuleh.)	_____
Poskiontelotulehdus	_____
Keskikorvan tulehdus	_____
Keuhkoputkentulehdus	_____
Keuhkokuume	_____

#### VILIPYISYYS

Kylmällä vuodenajalla tarkoitetaan lämmityskautta, eli syyskuun ja toukokuun välistä aikaa, jolloin talon lämmitys on toiminnassa.

17. Koetko makuuhuoneesi lämpötilan kylmänä vuodenaikana liian kylmäksi?

- 1 En  
2 Toisinaan  
3 Usein

18. Koetko makuuhuoneesi lämpötilan kylmänä vuodenaikana liian lämpimäksi?

- 1 En  
2 Toisinaan  
3 Usein

19. Koetko makuuhuoneesi kylmänä vuodenaikana vetoiseksi?

- 1 En
- 2 Toisinaan
- 3 Usein

#### KOTITYMPÄRISTÖ

20. Missä huoneessa tavallisimmin nukut?

- 1 Keittiö
- 2 Olohuone
- 3 Vanhempien makuuhuone
- 4 Lasten makuuhuone 1
- 5 Lasten makuuhuone 2
- 6 Muu huone

21. Montako henkilöä tässä huoneessa tavallisesti nukkuu?

\_\_\_\_\_ henkilöä

22. Käytetäänkö huonetta nukkumisen lisäksi myös muuhun tarkoitukseen? Mihin?

- 1 Lasten leikkihuoneena
- 2 Työhuoneena
- 3 Olohuoneena

23. Mitä on tyynysi pehmustemateriaali (sisältö)?

- 1 Keinokuitua
- 2 Vaahdonmuovia
- 3 Linnun höyheniä (untuva tms.)
- 4 Muuta

24. Minkä ikäinen on tyynysi sisältö (osto- tai käyttöönottopäivästä lukien)?

- 1 Alle 1 vuotta
- 2 1-3 vuotta
- 3 4-10 vuotta
- 4 yli 10 vuotta

25. Pidetäänkö lapsen nukkuessa makuuhuoneen tuuletusikkunaa auki kylmänä vuodenaikana?

- 1 Ei
- 2 Kyllä, toisinaan
- 3 Kyllä, usein
- 4 Kyllä, aina auki

26. Pidetäänkö makuuhuoneen väliovea kiinni lapsen nukkuessa?

- 1 Ei
- 2 Kyllä, toisinaan
- 3 Kyllä, usein
- 4 Kyllä, aina kiinni

27. Tämän lapsikyselyn täytti

- 1 Kyselyn tarkoittama lapsi itse
- 2 Perheen naispuolinen vanhempi
- 3 Perheen naispuolinen vanhempi ja lapsi yhdessä
- 4 Perheen miespuolinen vanhempi
- 5 Perheen miespuolinen vanhempi ja lapsi yhdessä
- 6 Perheen muu aikuinen (yli 15-vuotias)
- 7 Perheen muu lapsi (alle 15-vuotias)

28. Kauanko tämän lapsikyselyn täyttö kesti?

\_\_\_\_\_ min