



Sisäilman ammoniakki suomalaisissa asunnoissa



Kaisa Hiltunen

Helsinki 2000



*Etukannen kuva: Markku Viinikka
Painettu pohjoismaisen ympäristömerkin saaneelle paperille*

Kaisa Hiltunen

SISÄILMAN AMMONIAKKI SUOMALAISSA ASUNNOISSA

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2000

ISSN 1235-9718
ISBN 951-718-415-8
Painopaikka: Helsingin kaupungin hankintakeskus
Helsinki 2000

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO

SAMMANDRAG

ESIPUHE

1. JOHDANTO.....	1
1.1. Tutkimuksen tarkoitus	1
1.2. Tutkimuksen toteutus.....	1
1.3. Sisäilman ammoniakki.....	2
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	3
2.1. Ilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen.....	3
2.2. Aineiston kokoaminen eri lähteistä.....	3
2.3. Jakauman tarkastelu ja menetelmän valinta.....	4
2.4. Tutkimukseen käytetyt tilastolliset menetelmät.....	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	7
3.1. Tulosten tarkastelu ammoniakkipitoisuusjakauman parametrien avulla.....	7
3.1.1. Ammoniakkimittaukseen johtaneet syyt.....	7
3.1.2. Ammoniakkipitoisuusjakauman tarkastelu.....	7
3.1.3. Ammoniakkipitoisuus talotyypeittäin.....	8
3.1.4. Ammoniakkipitoisuus talon valmistumisvuoden mukaan.....	9
3.1.5. Ammoniakkipitoisuus ilmanvaihtojärjestelmän mukaan.....	11
3.1.6. Ammoniakkipitoisuus lattiarakenteen mukaan.....	13
3.1.7. Ammoniakkipitoisuus lattiapinnoitteen mukaan.....	15
3.1.8. Ammoniakkipitoisuus seinärakenteen mukaan.....	17
3.1.9. Ammoniakkipitoisuus seinäpinnoitteen mukaan.....	19
3.1.10. Ammoniakkipitoisuus sisäkattorakenteen mukaan.....	21
3.1.11. Ammoniakkipitoisuus sisäkattopinnoitteen mukaan.....	23
3.1.12. Tupakoinnin vaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	26
3.1.13. Kotieläinten vaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	26
a. Eri eläinlajien vaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	28
b. Kotieläinten lukumäärän vaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	29
3.1.14. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaikutus ammoniakki- pitoisuuteen.....	29
3.2. Tulosten tarkastelu monimuuttujaisen varianssianalyysin avulla.....	29
3.2.1. Talotyypin ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakki- pitoisuuteen.....	30
3.2.2. Kattopinnoitteen ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteisvaikutus ammoniakki- pitoisuuteen.....	32

3.2.3.	Kattopinnoitteen ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	32
3.2.4.	Seinä- ja lattiapinnoitteen sekä talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	33
3.2.5.	Katto-, seinä- ja lattiapinnoitteen sekä talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	34
3.2.6.	Eri tekijöiden poissulkemisella saatu vaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	35
3.2.7.	Eri rakenteiden yhteisvaikutukset ammoniakkipitoisuuteen.....	38
3.2.8.	Sisäilman suhteellisen kosteuden ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	40
3.2.9.	Tupakoinnin ja seinäpinnoitteen yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	40
3.2.10.	Kotieläinten ja eri pinnoitteiden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen.....	41
4.	KIRJALLISUUSKATSAUS ULKOMAISIIN TUTKIMUKSIIN.....	41
5.	TIEDUSTELUT EUROCITEISTÄ.....	44
5.1.	Tukholma ja Göteborg.....	45
5.2.	Kööpenhamina.....	45
5.3.	Oslo.....	45
5.4.	Wien.....	45
5.5.	München.....	45
6.	LOPPUPÄÄTELMÄT.....	46
	LÄHDELUETTELO.....	49
	LIITTEET	
	Liite 1 Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa kuntiin lähetetty kyselykaavake	
	Liite 2 Kunnat ja kuntayhtymät, joissa ammoniakkimittauksia on tehty	
	Liite 3 Tutkimuksen toisessa vaiheessa kuntiin lähetetty kyselykaavake	
	Liite 4 Karttakuva ammoniakkimittausten jakautumisesta maassamme	

YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suomalaisten asuntojen ammoniakkiongelmia. Tutkimusaineistoon kerättiin kuntien ja kuntayhtymien tekemien asuntojen sisäilman ammoniakkimittausten tulokset ja havainnot asunnoissa käytetyistä rakennusmateriaaleista ja erilaisista asumistavoista. Tutkimusaineistoa kertyi 20 kunnasta tai kuntayhtymästä. Asuntoja oli yhteensä 632 ja mittaustuloksia 1199. Tutkimus kattaa 90,2 % kuntien toimesta mitatuista asunnoista. Ammoniakkimittauksia on tehty pääasiassa maan etelä- ja keskiosissa.

Tutkimusaineistossa olivat mukana myös Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:n ja Keuhkovammaliiton Pohjois-Karjalan aluekeskuksen (Kaprakka) ammoniakkimittausaineistot. Kuntien ja yksityisten aineistot yhteensä käsitti 2452 ammoniakkimittaustulosta.

Ammoniakkimittausten yhteydessä kerätyt materiaalitiedot osoittautuivat melko puutteelliseksi. Asukkaiden sisällä tupakointia ja kotieläinten olemassaoloa oli harvoin kirjattu muistiin. Myös asunnon valmistumisvuosi puuttui monesta kohteesta. Tämän vuoksi aineiston määrä materiaalien tarkasteluja varten oli joissakin yhteyksissä melko vähäinen.

Kerätystä aineistosta tarkasteltiin ammoniakkipitoisuuden vaihtelua erikseen talotyyppin, valmistumisvuoden, ilmanvaihtojärjestelmän, lattia-, seinä- ja kattorakenteiden, lattia-, seinä- ja kattopinnoitteiden mukaan. Lisäksi tarkasteltiin sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan sekä kotieläinten ja tupakoinnin vaikutusta ammoniakkipitoisuuteen. Näitä tarkasteluja tehtiin mediaanien, vaihteluvälin ja keskihajonnan avulla. Eri tekijöiden aiheuttamia yhteisvaikutuksia tarkasteltiin erilaisten tilastollisten menetelmien avulla, joista päämenetelmänä käytettiin varianssianalyysia.

Tutkimuksen yhteydessä tehtiin myös kirjallisuusselvitys ulkomaisista ammoniakkitutkimusta käsittelevistä julkaisuista. Kirjallisuutta oli saatavilla hyvin vähän, ja se oli pääasiassa ruotsalaisten tuottamaa.

Tutkimukseen sisältyi lisäksi ammoniakkiongelmia koskeva tiedustelu muutamista Euroopan suurkaupungeista (Eurocities). Ruotsia lukuun ottamatta ammoniakkia sisäilman epäpuhtautena ei ole tutkittu kyselyyn sisältyneissä maissa.

Suomessa asuntojen ammoniakkimittauksia on tehty vuodesta 1990 alkaen. Ammoniakkimittaukseen johtaneista syistä yleisin oli asukkaiden oireilu. Tutkituista asunnoista kerros- ja pienkerrostaloja oli 66 %, rivitaloja 21 %, paritaloja 5 % ja omakotitaloja 8 %. Koko aineiston ammoniakkipitoisuuksien vaihteluväli oli 2 - 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja mediaani 30,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuloksista 68,8 %:ssa ammoniakkipitoisuus oli enimmillään 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on sosiaali- ja terveysministeriön ohjeen mukainen, mahdollista terveyshaittaa indikoiva pitoisuus. Ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia oli 31,2 % tuloksista. Yli 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olevia pitoisuuksia oli 7,1 %.

Aineistossa suurimpana ryhmänä olivat vuosina 1990-94 valmistuneet asunnot. Niitä oli 34 %. Toiseksi eniten oli vuosina 1995-99 valmistuneita asuntoja (26 %).

Rakennusmateriaaleista suurimpana ryhmänä oli betoni siten, että lattiarakenteista betonin osuus oli 97 %, seinärakenteista 34 % ja kattorakenteista 85 % tutkimusaineistosta. Lattiapinnoitteista suurimpana ryhmänä oli muovimatto (78 %), seinäpinnoitteista maali (54 %) ja kattopinnoitteista maalaamaton tasoite (71 %).

Asunnoista 5 %:ssa tupakoitiin sisällä. Tupakoinnin havaittiin aiheuttavan yli 2,5-kertaisia ammoniakkipitoisuuksia verrattuna asuntoihin, joissa ei tupakoitu.

Yksi tai useampi kotieläin oli 28 %:ssa tutkimusaineiston asunnoista. Kotieläimen havaittiin aiheuttavan noin puolitoista kertaa suurempia ammoniakkipitoisuuksia verrattuna asuntoihin, joissa kotieläintä ei ollut. Kotieläimistä marsu aiheutti suurimpia ammoniakkipitoisuuksia. Vähiten sisäilman ammoniakkipitoisuutta lisäsivät akvaarioeläimet. Eläinten lukumäärän ei havaittu kohottavan sisäilman ammoniakkipitoisuutta, kun kotieläimenä oli kissa tai koira.

Talotyyppin vaikutus sisäilman ammoniakkipitoisuuteen oli näennäinen, koska eri talotyyppien välillä havaitut erot johtuivat materiaaleista. Talotyyppin ja rakennusvuoden välillä sekä talotyyppin ja sisäkattopinnoitteen välillä havaittiin yhteisvaikutuksia.

Sisäilman kosteudella oli ammoniakkipitoisuutta kohottava vaikutus, jos seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite. Vuosina 1990-94 valmistuneissa asunnoissa oli suurimmat sisäilman suhteelliset kosteusprosentit.

Asunnon lämpötilan ja ammoniakkipitoisuuden välillä havaittiin positiivinen korrelaatio, kun seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite. Korrelaatio havaittiin myös seinäpinnoitteen ollessa maali.

Asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa havaittiin nouseva suuntaus kohti uusimpia asuntoja, kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite.

Tarkasteltaessa sisäilman ammoniakkipitoisuuksia lattiapinnoitteiden suhteen muovimaton ja parketin välillä havaittiin merkitsevä ero, kun seinäpinnoitteena oli maali. Asunnoissa, joissa lattiapinnoitteena oli muovimatto, ammoniakkipitoisuudet olivat merkitsevästi suuremmat kuin asunnoissa, joissa lattiapinnoitteena oli parketti. Jos asunnossa samanaikaisesti oli muovimatto lattiapinnoitteena ja maalaamaton tasoite kattopinnoitteena, ammoniakkipitoisuudet olivat korkeita.

Uusimmissa asunnoissa, joissa seinäpinnoitteena oli maali, kattopinnoitteena maalattu tasoite ja lattiapinnoitteena muovimatto, ammoniakkipitoisuudet olivat maksimissaan 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tutkimuksen pohjalta olisi suositeltavaa, että suomalaisessa rakentamisessa harkittaisiin uudelleen aikatauluja siten, että rakenteiden annettaisiin kuivua paremmin ennen niiden pinnoittamista. Kosteuden hallintaan rakentamisvaiheessa tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Rakennuttajien olisi syytä vaatia esimerkiksi betonin kosteuden asianmukaista mittaamista lattianpäällystysvaiheessa. Lisäksi olisi syytä tarkistaa, ovatko nykyiset betonin rakennuskosteudelle annetut ohjearvot riittäviä varmistamaan, ettei pinnoitteiden alla pääse tapahtumaan kosteudesta aiheutuvaa, mahdollisesti sisäilman ammoniakkipitoisuutta lisäävää materiaalien hajoamista.

SAMMANDRAG

Ammoniak i inomhusluften i bostäder i Finland

Syftet med undersökningen var att utreda ammoniakproblemet i de finländska bostäderna. Det material som togs till grund för undersökningen var resultaten av mätningar företagna av kommuner och samkommuner beträffande ammoniakförekomsten i bostäder, i kombination med observationer av de för bostäder använda byggmaterialen och olika boendevanor. Material för undersökningen inkom från 20 kommuner eller samkommuner. Det totala antalet bostäder var 632, antalet mätresultat var 1199. Undersökningen täcker 90,2 % av de bostäder som blivit föremål för mätningar på kommunal försorg. Ammoniakmätningar har övervägande företagits i landets sydliga och mellersta delar.

I undersökningsmaterialet ingick också uppgifter om ammoniakmätningar företagna dels av företaget Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy, dels av Lungskadeförbundets regionalcenter i Norra Karelen. Totalantalet ammoniakmätningar som var med, kommunala och privata sammanräknade, var 2452.

Upplysningarna i det material som insamlats i anslutning till ammoniakmätningarna visade sig vara ganska bristfälliga. Rätt sällan hade det antecknats uppgifter om huruvida rökning förekom i bostäderna och om där förekom sällskaps- eller husdjur. Likaså saknades det ofta uppgifter om vilket år respektive byggnad färdigställdes. Av denna anledning var tillgången på material för granskningen av vissa faktorerers inverkan rätt liten.

Med det insamlade materialet som grund undersöktes variationer i ammoniakhalt beroende på hustyp, byggår, ventilationssystem, golv-, vägg- och takkonstruktioner, golv- vägg- och takytmaterial. Likaså granskades det vilken inverkan inomhusluftens relativa fuktighet och temperatur samt förekomsten av sällskapsdjur och rökning hade på ammoniakhalten. Granskningarna sammanställdes till medianvärden, extremvärden och värden för standardavvikelse. Olika faktorerers samverkan granskades med olika statistiska beräkningsmetoder, av vilka variansanalys användes som huvudmetod.

I anslutning till undersökningen företogs det också en utredning av vad som publicerats i ämnet i samband med utländska ammoniakundersökningar. Det fanns ytterst begränsat med publicerat material att tillgå; det lilla som fanns var övervägande producerat i Sverige.

I undersökningen ingick därtill en förfrågan om ammoniakproblem som riktades till ett antal europeiska storstäder (Eurocities). Av de länder som berördes av frågan var det bara i Sverige som man hade undersökt ammoniak som förorening i inomhusluft.

I Finland har mätningar av ammoniakhalten i bostäder företagits sedan år 1990. Den vanligaste orsaken till att ammoniakmätningar gjorts har varit att någon invånare uppvisat symptom. Av de undersökta bostäderna var 66 % i flervånings- och andra lägenheter, 21 % radhus, 5 % parhus och 8 % villor. Variationen i hela materialet var 2...520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, medianvärdet var 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. I 68,8 % av mätresultaten var ammoniakhalten maximalt 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d.v.s. den halt som enligt social- och hälsovårdsministeriets instruktion fastställs som indikativt gränsvärde för eventuell hälsovådlighet. Andelen halter över gränsvärdet var 31,2 % av resultaten. 7,1 % av de uppmätta halterna var över 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Den största gruppen i granskningen enligt byggåret var bostäder som blivit färdiga åren 1990-94. Deras andel var 34 %, medan andelen bostäder som blivit färdiga åren 1995-99 var 26 %.

I granskningen enligt byggmaterial var betong den största gruppen, så att andelen betonggolv var 97 %, andelen väggkonstruktioner av betong 34 % och andelen betongtak 85 % av det totala materialet till grund för undersökningen. Av golvmaterialet var plastmatta den största gruppen (78 %), av väggytmaterialen målarfärg (54 %) och av takmaterialen var omålat spackel det vanligaste (71 %).

I 5 % av bostäderna förekom det rökning inomhus. Rökning konstaterades ge upphov till 2,5 gånger större ammoniakkoncentrationer i jämförelse med bostäder där rökning inte förekom.

I 28 % av de undersökta bostäderna förekom det ett eller flera sällskaps- eller husdjur. I bostäderna med djur konstaterades 1,5 gånger större ammoniakhalter än i bostäder där det inte fanns djur. Av djuren gav marsvin de största ammoniakhalterna, akvariedjur ökade minst ammoniakhalterna i inomhusluften. Hur många djur som fanns i bostaden konstaterades inte vara av betydelse för ammoniakhalten, när djuren ifråga var katter eller hundar.

Hustypens inverkan på inomhusluftens ammoniakhalt var illusorisk, eftersom de skillnader som uppmätts i olika hustyper snarare hade att göra med byggmaterialen. Samverkande effekter konstaterades mellan hustyp och byggnadsår samt mellan hustyp och innertakets material.

Högre fukthalt i inomhusluften verkade höjande på ammoniakhalten ifall väggarna var spacklade och omålade. I husen som blivit färdiga åren 1990-94 uppmättes större värden på inomhusluftens relativa fuktighet än i de övriga husen.

En positiv korrelation konstaterades förekomma mellan bostadstemperaturen och ammoniakhalten, när väggarna var spacklade och omålade. Samma korrelation konstaterades när väggarna var målade.

Det observerades högre halter av ammoniak i bostäderna ju nyare dessa var, om innertakets ytmaterial var omålat spackel.

I en granskning av ammoniakhalterna i inomhusluften i relation till golvytans material konstaterades en påfallande skillnad mellan plastmatta och parkett, ifall väggarna var målade. I bostäder med plastmatta på golvet konstaterades signifikant högre ammoniakhalter än i bostäder med parkettgolv. Om det i bostäder förekom plastmatta som golvmaterial och omålad spackelyta i talet, var ammoniakhalterna i regel höga.

I de flesta bostäder som hade målade väggar, målade spackelyta i taket och plastmatta på golvet var ammoniakhalterna maximalt $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Av undersökningarna kan man härleda en rekommendation som går ut på att man i byggandet i Finland kunde överväga en omläggning av byggtidtabellerna så att konstruktionerna ges bättre möjligheter att torka ordentligt innan de ytbehandlas. Medan

byggandet pågår bör större uppmärksamhet fästas vid behovet att behärska fukthalterna. Krav bör ställas på byggföretagen att de mäter upp betongens fuktighet med ändamålsenliga mätanordningar. Likaså är det skäl att man kontrollerar om de nuvarande gränsvärdena som anges för på betongkonstruktionernas fukthalter är tillräckligt stränga, så att man kan vara säker på att det inte under ytmaterialen till följd av höga fukthalter uppstår materialsönderfall, som eventuellt kan resultera i förhöjda ammoniakhalter i inomhusluften.

ESIPUHE

Helsingin kaupungin ympäristökeskus selvitti sosiaali- ja terveysministeriön toimeksiannosta valtakunnallisesti asuntojen sisäilman ammoniakkiongelmia. Tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan rakennusmateriaalien ja joidenkin asumistapojen vaikutusta sisäilman ammoniakkipitoisuuteen. Tutkimusaineistoa koottiin kunnista ja yksityisiltä tahoilta niin suuri määrä, että tuloksia pystyttiin arvioimaan tilastollisesti.

Tutkimuksen eri vaiheista ja raportin kirjoittamisesta vastasi Kaisa Hiltunen. Aineiston tilastollisen käsittelyn monimuuttujaosuudesta vastasi Valma Hyttinen. Kuntien terveydensuojeluviranomaiset ovat toimittaneet tutkimusaineistoon tarvittavat ammoniakkimittaus- ja materiaalitiedot. Marja Tuomainen Keuhkovammaliitosta ja Jatta Stigell Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:stä ovat toimittaneet tiedot edellä mainituista paikoista.

Tutkimuksen on rahoittanut sosiaali- ja terveysministeriö, josta tutkimusta on valvonut Risto Auro-la. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa tutkimusta ovat valvoneet Pertti Forss, Markku Viinikka ja Jukka Puttonen.

Tutkimuksen tekijä kiittää kuntien terveydensuojeluviranomaisia, Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:tä, Keuhkovammaliittoa sekä kaikkia edellä mainittuja henkilöitä yhteistyöstä.

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa 17. päivänä helmikuuta 2000.

Kaisa Hiltunen

1. JOHDANTO

Asuntojen sisäilman tulee terveysuojelulain (763/1994) mukaan olla puhtaudeltaan sellaista, ettei siitä aiheudu asukkaille terveyshaittaa. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveydellisten olojen valvonta kuuluu kunnan terveysuojeluviranomaisen tehtäviin.

Terveyshaitalla tarkoitetaan esimerkiksi asuinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai sairauden oiretta. Terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista.

Asunnoissa esiintyy monenlaisia terveyshaittoja, kuten kosteus- ja homevauriota, rakennus- ja sisustusmateriaaleista aiheutuvia epäpuhtauksia, hajuja, ongelmia lämpöoloissa, puutteita ilmanvaihdossa ja melua.

Terveysuojelulaki velvoittaa kuntia tekemään asunnontarkastuksia. Asunnontarkastusten yhteydessä tarkastajat tekevät erilaisia mittauksia, joiden avulla sisäilman laadun arvioiminen on mahdollista.

1990-luvun alkupuolella alettiin epäillä, että tiettyjen ongelmien yhteydessä asuntojen ammoniakkipitoisuus olisi kohonnut, ja asuntojen sisäilman ammoniakkipitoisuutta alettiin mitata. Lähtökohdana oli epäily valkuaisainepohjaisten tasoiteaineiden pilaantumisesta.

1.1. Tutkimuksen tarkoitus

Helsingin kaupungin ympäristökeskus selvitti sosiaali- ja terveysministeriön toimeksiannosta valtakunnallisesti asuntojen sisäilman ammoniakki-ongelmaa. Tutkimuksella haluttiin selvittää rakennusmateriaalien ja tiettyjen asumistapojen osuutta kohonneisiin ammoniakkipitoisuuksiin. Pyrkimyksenä oli saada kokoon niin suuri aineisto, että eri tekijöiden vaikutusten tilastollinen arvioiminen olisi mahdollista.

Kattavan kuvan saamiseksi ammoniakkitilanteesta alkuperäinen tarkoitus oli ottaa tutkimuskohteeksi kaikki Suomen kunnat. Oletettiin, että ammoniakkin mittaaminen kunnissa olisi ollut rutiinikäytäntö jo vuosien ajan, mutta mittauksia oli tehty varsin vähän. Kuntien aineisto koostui pääosin noin viiden kunnan mittaustuloksista. Ammoniakkimittausmenetelmän käyttöönotto ja ammoniakkin analysointiin tarvittavien laboratorio- palvelujen saaminen on tuottanut vaikeuksia kunnissa ja kuntayhtymissä. Rahapulaa sanottiin myös syyksi siihen, miksi mittauksia ei ollut aloitettu. Monissa suurikokoisissa kunnissa ammoniakkia ei vielä ollut mitattu, ja puolestaan joissakin hyvin pienissä kunnissa mittauksia oli tehty.

1.2. Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe kohdistettiin Suomen kaikkiin kuntiin ja kuntayhtymiin. Kuntiin lähetettiin tiedustelulomakkeet (liite 1), joiden avulla kartoitettiin kuntien ammoniakkiaineiston laajuutta. Ahvenanmaa otettiin huomioon tutkimuksessa kokonaisuutena siten, että Maarianhaminasta tiedusteltiin koko Ahvenanmaan tilannetta. Siellä ei ollut tehty ammoniakkimittauksia asuinhuoneistoissa.

Alustavia tiedusteluja lähetettiin yhteensä 258 kunnan tai kuntayhtymän terveydensuojeluviranomaisille. Tiedusteluun vastasi 175 kuntaa tai kuntayhtymää eli vastausprosentti oli 67,8. Ammoniakkimittauksia oli tehty 50 kunnassa tai kuntayhtymässä yhteensä 701 asunnossa (liite 2). Luku vastaa 19,4 %:a koko Suomen kunnista. Tämän perusteella ei vielä voida sanoa, miten suuressa osassa kuntia mittauksia tehdään. Tätä lukua on kuitenkin jatkossa käytetty vertauslukuna tutkimuksen kattavuutta arvioitaessa.

Tutkimuksen toiseen vaiheeseen, jossa selvitettiin mitattujen asuntojen rakenteita, pintamateriaaleja ja muita asumistekijöitä, valittiin ne kunnat, joissa mittauksia oli tehty vähintään viidessä asunnossa. Tiedustelulomake (liite 3) lähetettiin 24 kuntaan tai kuntayhtymään. Neljä kuntaa perui osallistumisensa ja jäljelle jäi 20 kuntaa ja niiden 632 asunnon tulokset, mikä vastaa 90,2 %:a Suomen kuntien toimesta mitatuista asunnoista. Yksittäisiä mittaustuloksia puolestaan kertyi yhteensä 1196 kappaletta kuntien osalta.

Alueellisesti ammoniakkimittaukset olivat keskittyneet maan keski- ja eteläosiin. Pohjoisin kunta, jossa asuntojen sisäilman ammoniakkia oli mitattu, oli Rovaniemi. (Liite 4).

Ammoniakkimittauskohteiden rakenteisiin ja pintamateriaaleihin ei kunnissa ollut kiinnitetty riittävästi huomioita, ja monesta kunnasta saatiin pelkät ammoniakkimittauksien tulokset. Ilmeni, ettei materiaalitietoja kirjata muistiin ammoniakkimittauksien yhteydessä. Monien kohteiden osalta puuttui rakennuksen valmistumisvuosi. Eniten materiaalitietoja oli kirjattu lattia- ja kattopintamateriaalien osalta.

Kolmannessa vaiheessa tutkimusaineistoa päätettiin laajentaa koskemaan myös yksityisiä tahoja. Mukaan saatiin Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:n ja Keuhkovammaliiton Pohjois-Karjalan aluekeskuksen (Kaprakka) ammoniakkimittausaineistoa.

1.3. Sisäilman ammoniakki

Ammoniakki on väritön, pistävänhajuinen ja ilmaa kevyempi kaasu. Sisäilmassa tavattuna sitä pidetään indikaattoriaineena, jonka kohonnut pitoisuus ilmentää ongelmia sisäilman laadussa. Ammoniakki voi olla peräisin monesta eri lähteestä. Alunperin ammoniakki sisäilmaongelmana tuli esiin kaseiinia sisältävien tasoitteiden pilaantumisen seurauksena.

Kaseiinia ja muita tyypeä sisältäviä aineita on käytetty vuosikymmenien ajan rakennusmateriaaleissa. Näitä aineita esiintyy liimoissa, pohjusteissa, vesieristeissä, tasoitteissa ja orgaanisissa luonnonkuiduissa. Materiaalien sisältämän proteiinin (esim. kaseiini) on todettu hajoavan nykyrakentamisessa esiintyvissä kosteissa ja emäksisissä olosuhteissa.

jonka seurauksena muodostuu ammoniakkia ja mahdollisesti myös orgaanisia yhdisteitä. Hajoamistuotteiden joukossa voi esiintyä amiineja, rikkiyhdisteitä, alkoholeja sekä aldehydejä. (Saarela 1992.)

Myös ihmisten ja kotieläinten eritteet, tupakointi ja puhdistusaineet toimivat ammoniakkilähteinä.

Ammoniakin ja muiden edellä mainittujen yhdisteiden esiintyminen voidaan usein havaita syntyvien yhdisteiden pistävästä tai tunkkaisesta hajusta. Alkalinen kosteus ja sen yhteydessä esiintyvä ammoniakki aiheuttavat värimuutoksia materiaaleissa. Tasoitteista muodostuva ammoniakki tai amiiniyhdisteet eivät kuitenkaan aina aiheuta haju- ja väri-ongelmia. (Saarela 1992.)

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Ilman ammoniakkipitoisuuden määrittäminen

Sisäilman ammoniakkipitoisuuden määrittämiseksi on käytössä useita menetelmiä. Ammoniakinäyte kerätään kaikissa menetelmissä saman periaatteen mukaisesti siten, että ilmassa oleva ammoniakki kerätään laimeaan happoon kuplittamalla tunnettu määrä ilmaa laimean rikkihappoliuoksen läpi (Wallström ym. 1996). Näin saadusta näytteestä ammoniakkipitoisuus voidaan määrittää usealla menetelmällä. Niitä ovat mm. potentiometrinen menetelmä käyttäen ionispesifistä elektrodia, spektrofotometrinen indofenolisinen menetelmä, ionikromatografinen ja nestekromatografinen menetelmä. Yleisimmin käytetään kahta ensin mainittua menetelmää

Spektrofotometrisen indofenolisinen menetelmän ohje löytyy ”Huoneilman ammoniakki” julkaisusta (Wallström ym. 1996). Potentiometrisessä menetelmässä käytettävästä elektrodista käytetään nimityksiä ioniselektiivinen tai -spesifinen. Menetelmän käytön tarkkoja ohjeita saa elektrodien valmistajilta.

Edellisen menetelmän alin määrittämissä raja on käytännössä $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja jälkimmäisen $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tulosten virhemarginaali on edellisellä menetelmällä 5 - 30 % ja jälkimmäisellä 5 - 21 % siten, että suurin virheprosentti on pienimmissä pitoisuuksissa (alle $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ja se vähenee pitoisuuden kasvaessa.

2.2. Aineiston kokoaminen eri lähteistä

Tutkimuksen aineisto koostui suurimmaksi osaksi sellaisten asuinhuoneistojen ammoniakkimittaustuloksista, joiden sisäilmassa oli havaittu ongelmia, ja useissa tapauksissa asukkaat myös oireilivat. Aineistoon sisältyi myös muutamien pienempien tutkimusten aineistoja, joista osa oli kerätty satunnaisesti ja osa kartoituksenomaisesti.

Osana tätä tutkimusaineistoa olivat ammoniakkimittaustulokset Keuhkovammaliiton tekemästä tutkimuksesta, ”Hengityssairas ja kodin sisäilma” (Tuomainen ym. 1999) sekä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tekemistä tutkimuksista, ”Huoneilman am-

moniakki” (Wallström ym. 1996), ”Rakeneratkaisut ja sisäilman laatu” (Viljanen ym. 1998) ja ”Sisäilman laatu ja asukkaiden oireet nuorissa asunnoissa” (Niiranen 1999).

”Hengityssairas ja kodin sisäilma” -tutkimusta varten kerätty aineisto koostui pohjois-karjalaisista asutokohteista, ja se oli koottu kartoituksena hengityssairaiden ihmisten kodeista. Aineisto koostui 72 tutkimuskohteesta ja niiden 153 mittaustuloksesta. Muissa tutkimuksissa oli pienemmät aineistot.

Aineistossa oli mukana myös muutamia päiväkoteja.

Suuri aineistokokonaisuus (1287 mittaustulosta) tutkimukseen saatiin Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:ltä (SSM). SSM:n ammoniakkimittausaineisto koostui niin ikään asutokohteista, joissa oli havaittu sisäilmaongelmia ja asukkaiden oireilua.

Tutkimusaineisto oli hyvin epähomogeeninen. Pieni osa tuloksista oli mitattu ilmanvaihdon toimiessa puutteellisesti tai ei ollenkaan, jolloin tuloksena on voinut olla suuremmat ammoniakkipitoisuudet. Mittaukset tulisi tehdä aina vasta sen jälkeen, kun ilmanvaihdon ongelmat on korjattu.

Tutkimusaineistosta poistettiin ääripitoisuudet, jotka poikesivat todella paljon kokonaisuudesta. Poikkeavia tuloksia oli kaksi kappaletta (1022 ja 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ensin mainittu tulos oli saatu sellaisesta huoneistosta, jossa ilmanvaihto oli kokonaan tukittu ja huoneistossa oli runsaasti marsuja ja rottia. Toinen tulos oli saatu yhden kerran, ja seuraavalla mittauskerralla tulos oli ollut 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aineistosta poistettiin myös mittaustulokset, jotka oli mitattu korjausremontin aikana. Remontin aikana pitoisuudet voivat kohota moninkertaisiksi verrattuna normaaliolosuhteissa mitattuihin arvoihin, eivätkä ne kuvaa millään tavalla normaalia asumistilannetta.

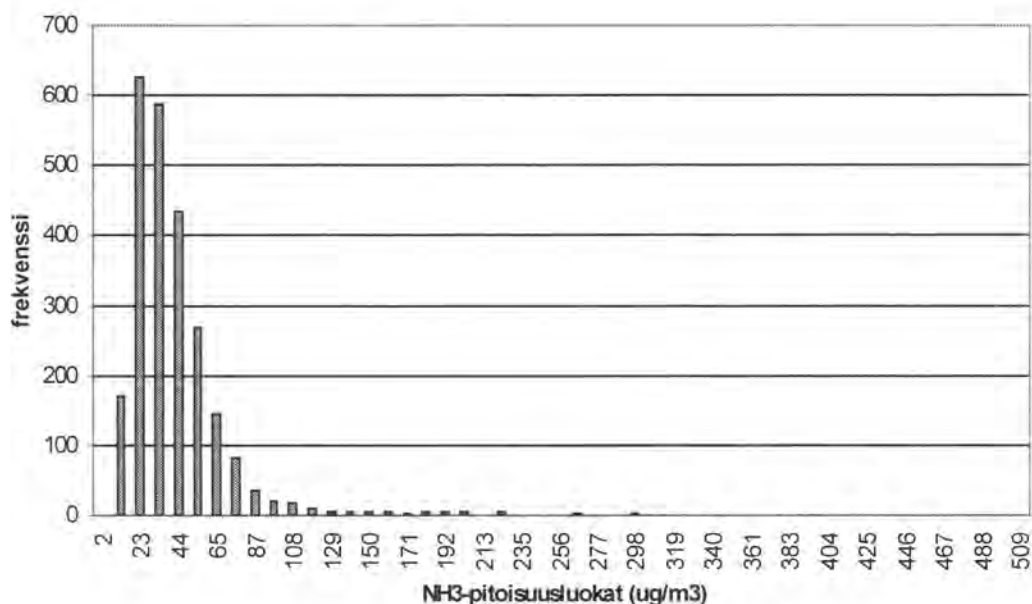
Ammoniakkipitoisuusjakauman eri parametrit on määritetty siten, että mukana on ollut koko aineisto käsittäen 2452 mittaustulosta. Materiaaleihin liittyvät vertailut on tehty vain siitä osasta aineistoa, josta materiaalitiedot oli saatavissa. Tämä aineisto käsitti 2021 mittaustulosta. Kaikkiin mittauksiin ei materiaalitietoja ollut kuitenkaan saatavissa täydellisinä, joten varsinkin eri materiaalien yhteisvaikutuksia tutkittaessa tapausten määrä vaihtelee.

Tutkimuksen aineisto siis koostui maamme 20 kunnan, Keuhkovammaliiton Pohjois-Karjalan aluekeskuksen (Kaprakka) ja Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy:n mittaustuloksista, materiaalitiedoista sekä kotieläinten pitoon ja tupakointiin liittyvistä tiedoista.

2.3. Jakauman tarkastelu ja menetelmän valinta

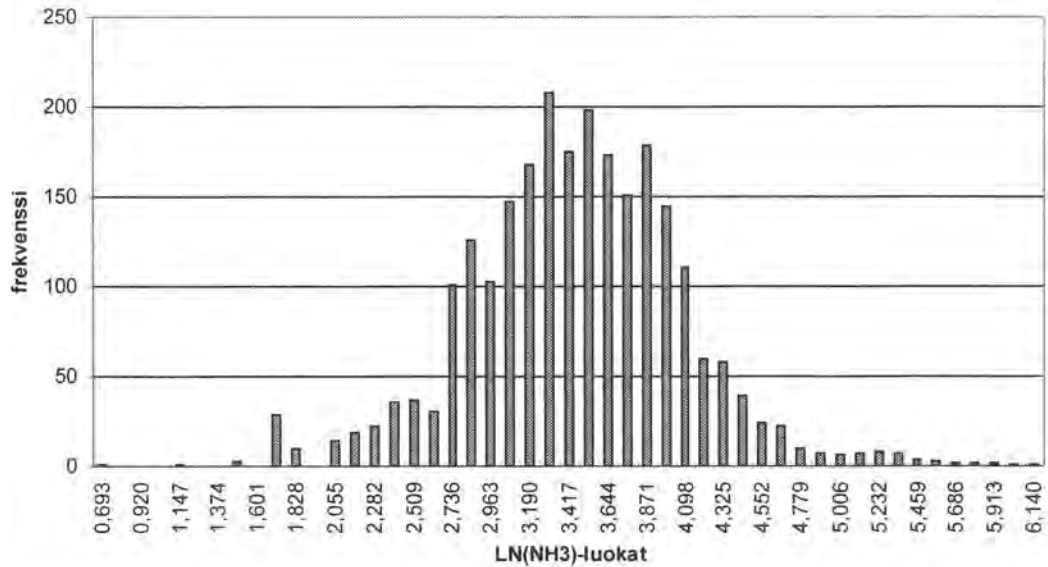
Asuntojen mitatuista ammoniakkipitoisuuksista koostuvan aineiston jakauma oli oikealle vino (kuva 1). Jakauman aritmeettinen keskiarvo oli paljon suurempi kuin mediaani. Tämä johtuu siitä, että mittaustuloksista noin 7 % oli arvoltaan hyvin suuria (70 - 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Aritmeettinen keskiarvo sopii parhaiten tilanteeseen, jossa jakauma on yksihuippuinen, eikä

se saa olla kovin vino. Vinon jakauman tapauksessa on suositeltavampaa käyttää keskilukui-
na mediaania ja geometrista keskiarvoa. (Mauranen, Puntila 1995.) Tässä tutkimuksessa on
käytetty mediaania kuvaamaan jakauman keskusta, ja hajontalukuna on käytetty havaintoar-
vojen keskihajontaa, vaihteluväliä ja vaihteluvälin pituutta.



Kuva 1: Ammoniakkimittaustulosten jakauma todellisia arvoja käyttäen.

Keskiarvojen vertailu on usein käytetty menetelmä, kun pyritään osoittamaan syy-
seuraussuhteita (Nummenmaa 1997). Koska tutkimuksessa vertailtiin keskenään useita
toisistaan riippumattomia ryhmiä, valittiin menetelmäksi varianssianalyysi. Jotta va-
rianssianalyysin lähtöoletukset saatiin toteutumaan, aineistolle tehtiin logaritimuun-
nos. Ammoniakkimittausten jakaumasta saatiin näin lähes normaali (kuva 2). Ammoni-
akkipitoisuuden ja sisäilman suhteellisen kosteuden ja toisaalta ammoniakkipitoisuuden
ja sisäilman lämpötilan välistä korrelaatiota testattiin lisäksi kovarianssi- ja regressio-
analyysin avulla.



Kuva 2: Ammoniakkimittaustulosten jakauma logaritimuunnoksen jälkeen.

2.4. Tutkimukseen käytetyt tilastolliset menetelmät

Varianssianalyysillä tutkitaan laatueroasteikollisten (rakennusmateriaali, talotyyppi, valmistumisvuosijakso) selittävien ja mitta-asteikollisen selitettävän muuttujan (ammoniakkipitoisuus) välistä keskinäistä riippuvuutta. Varianssianalyysi ei nimestään huolimatta testaa ryhmien varianssien välistä eroavaisuutta, vaan keskiarvoja. Nimi johtuu siitä, että analyysi perustuu ryhmien välisen ja sisäisen vaihtelun vertaamiseen ja vaihtelua arvioidaan variansseilla.

Varianssianalyysin käyttö vaatii aineistolta tiettyjä ominaisuuksia. Aineiston on oltava normaalisti jakautunut, otosten on oltava riippumattomia ja osaryhmien varianssien on oltava yhtäsuuret. Pienet poikkeamat vaatimuksista eivät juuri haittaa testin suorittamista, mutta poikkeamisten ollessa suuret luvut on muunnettava sopivaan muotoon. Logaritimuunnoksella osaryhmien varianssit saadaan likipitään yhtä suuriksi ja oikealle vinot jakaumat saadaan usein symmetrisiksi.

Ammoniakkitulosten tarkasteleminen yksi muuttuja kerrallaan vääristäisi todellisuutta ja antaisi harhaan johtavan kuvan tutkimuksen kohteesta, koska asunnossa vaikuttavat yhtäaikaaisesti kaikki rakenteet ja pintamateriaalit ja muut asumistekijät. Ammoniakkipitoisuuksien vertailussa mediaanien perusteella edellä mainittu on otettava huomioon.

Tulosten tarkastelussa monimuuttujaista varianssianalyysia käyttäen voidaan tarkastella samanaikaisesti useiden tekijöiden vaikutusta ammoniakkipitoisuuteen.

Sisäilman kosteus ja lämpötila ovat toisistaan riippuvia muuttujia, joten niiden vaikutusta ammoniakkipitoisuuksien vaihteluun tarkasteltiin kumpaakin erikseen regressioanalyysin avulla. Lisäksi käytettiin kovarianssianalyysia, jota käytetään siinä tapaukses-

sa, kun selittävinä muuttujina on sekä luokittelevia että jatkuvia muuttujia (lämpötila, kosteus).

3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tulosten tarkastelu on jaettu kahteen osaan niin, että ensin tarkastellaan eri tekijöitä yksitellen ammoniakkipitoisuuden vaihteluvälin, mediaanin ja keskihajonnan avulla. Toisessa osassa tarkastellaan eri tekijöiden yhteisvaikutuksia ammoniakkipitoisuuteen monimuuttujaisen varianssianalyysin avulla.

3.1. Tulosten tarkastelu ammoniakkipitoisuusjakauman parametrien avulla

3.1.1. Ammoniakkimittaukseen johtaneet syyt

Ammoniakin mittaamiseen johtaneista syistä suurimmat olivat asukkaiden oireilu (59,5 %), kosteusvaurio (15,8 %) ja epäilyttävä haju asunnossa (19,4 %). Monissa tapauksissa vastaukseksi oli annettu useita syitä, joten edellä mainitut syyt eivät yksinään sisälly mainittuihin mittausprosentteihin. Muita ammoniakkimittaukseen johtaneita syitä olivat asukkaan tai isännöitsijän pyyntö, värvirheet lattiassa ja ilmanvaihdon puutteellinen toiminta. Tutkimus- tai kartoituskohteita mittauksista oli 5,7 %.

3.1.2. Ammoniakkipitoisuusjakauman tarkastelu

Tämän tutkimuksen aineistossa tyypillinen asuinhuoneisto, jossa ammoniakkiongelmia oli epäilty, oli talotyyppiltään kerrostalo. Ilmanvaihtojärjestelmänä oli koneellinen poistoilmanvaihto, ja lattia-, sisäseinä- ja -kattorakenteina oli betoni. Asunnon lattiapinnoitteena oli muovimatto, sisäseinäpinnoitteena maali ja sisäkattopinnoitteena maalaamaton tasoite.

Tutkimuksen kaikkien ammoniakkipitoisuuksien vaihteluväli oli 2 - 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ja mediaani oli 30,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuloksista 68,8 %:ssa ammoniakkipitoisuus oli enimmillään 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on Sosiaali- ja terveysministeriön antaman ohjeen mukainen, mahdollista terveyshaittaa indikoiva pitoisuus (Aurola & Välikylä 1997). Ohjearvon yli meneviä mittausarvoja oli noin kolmasosa mittaus tuloksista eli 31,2 %:a. Yli 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olevia mittausarvoja oli 7,1 %.

Jatkossa ilmoitetut prosenttiluvut on suhteutettu kussakin ryhmässä siihen joukkoon, josta materiaali- tai muut tiedot oli annettu.

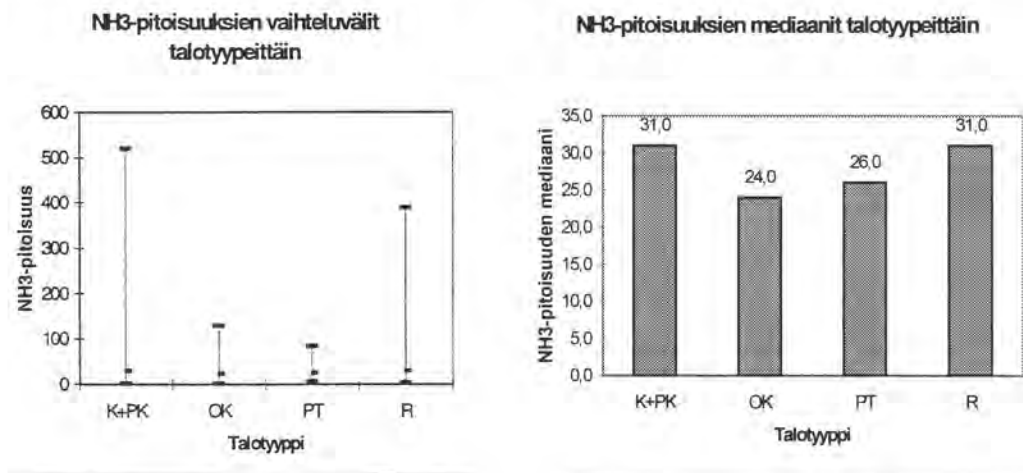
3.1.3. Ammoniakkipitoisuus talotyypeittäin

Tutkimusaineistossa esiintyi viittä eri talotyyppiä, jotka olivat kerros- (K), pienkerros- (PK), rivi- (R), pari- (PT) ja omakotitalo (OK). Näistä kerros- ja pienkerrostalot yhdistettiin yhdeksi ryhmäksi (K + PK). Paritalot ovat tyypiltään hyvin lähellä omakotitaloa, mutta niitä käsiteltiin tässä tutkimuksessa omana ryhmänä. Omakotitaloaineistosta hieman yli 50 % oli peräisin Kaprakan aineistosta, jossa mittausten lähtökohtana ei ollut sisäilmaongelma. Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 1 ja kuvassa 3. Aineiston talotyyppijakauma on esitetty kuvassa 4.

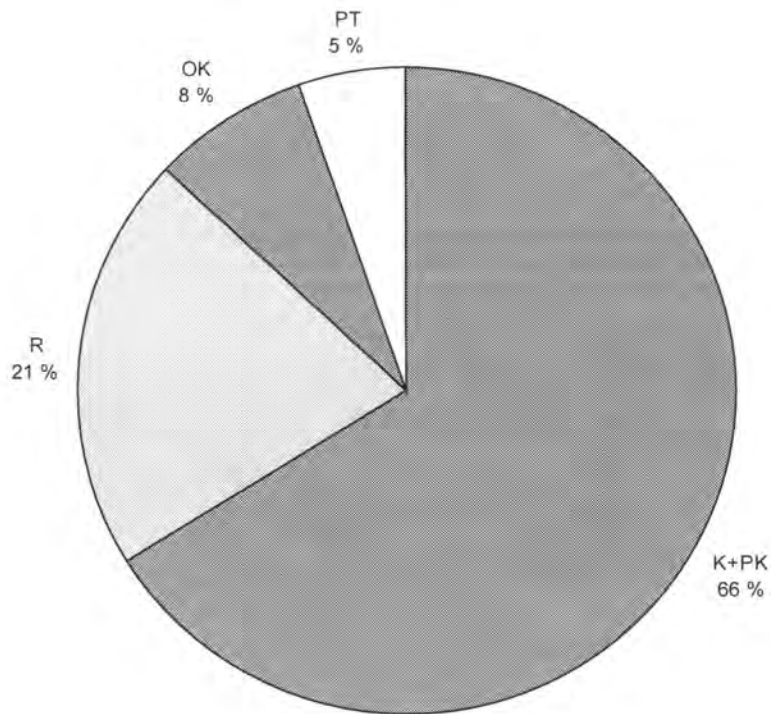
Talotyyppi	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
K+PK	1543	517	3	520	31,0	39,5
R	483	386	4	390	31,0	26,7
PT	120	78	7	85	26,0	15,7
OK	185	128	2	130	24,0	19,7

Taulukko 1: Ammoniakkipitoisuusjakaumaa kuvaavia parametrejä talotyypeittäin.

Mediaanien mukaan vertailtuna suurimmat ammoniakkipitoisuudet havaittiin kerros- ja rivitaloasunnoissa ja pienimmät pitoisuudet omakotitaloissa (Kuva 3).



Kuva 3: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit talotyypeittäin.



K+PK = kerros- ja pienkerrostalo
OK = omakotitalo

R = rivitalo
PT = paritalo

Kuva 4: Eri talotyyppien suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

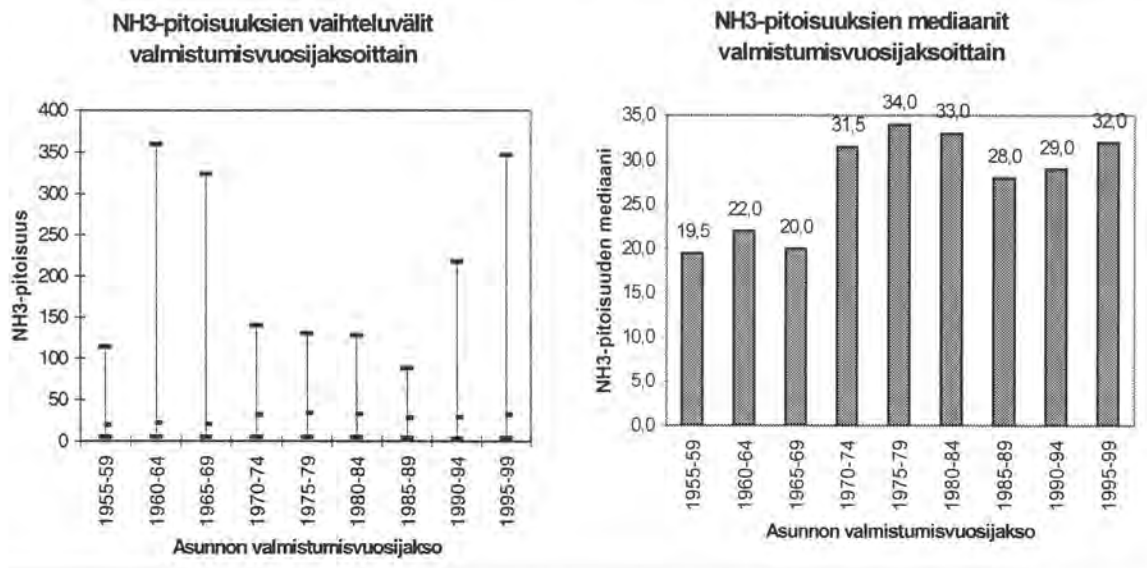
3.1.4. Ammoniakkipitoisuus talon valmistumisvuoden mukaan

Tarkastelu valmistumisvuoden mukaan on tehty siten, että talojen valmistumisvuodet jaettiin viiden vuoden jaksoihin, ja näillä vuosijaksoilla valmistuneiden talojen ammoniakkipitoisuuksia vertailtiin keskenään. Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 2 ja kuvassa 5. Asuntojen valmistumisvuosijakauma on esitetty kuvassa 6.

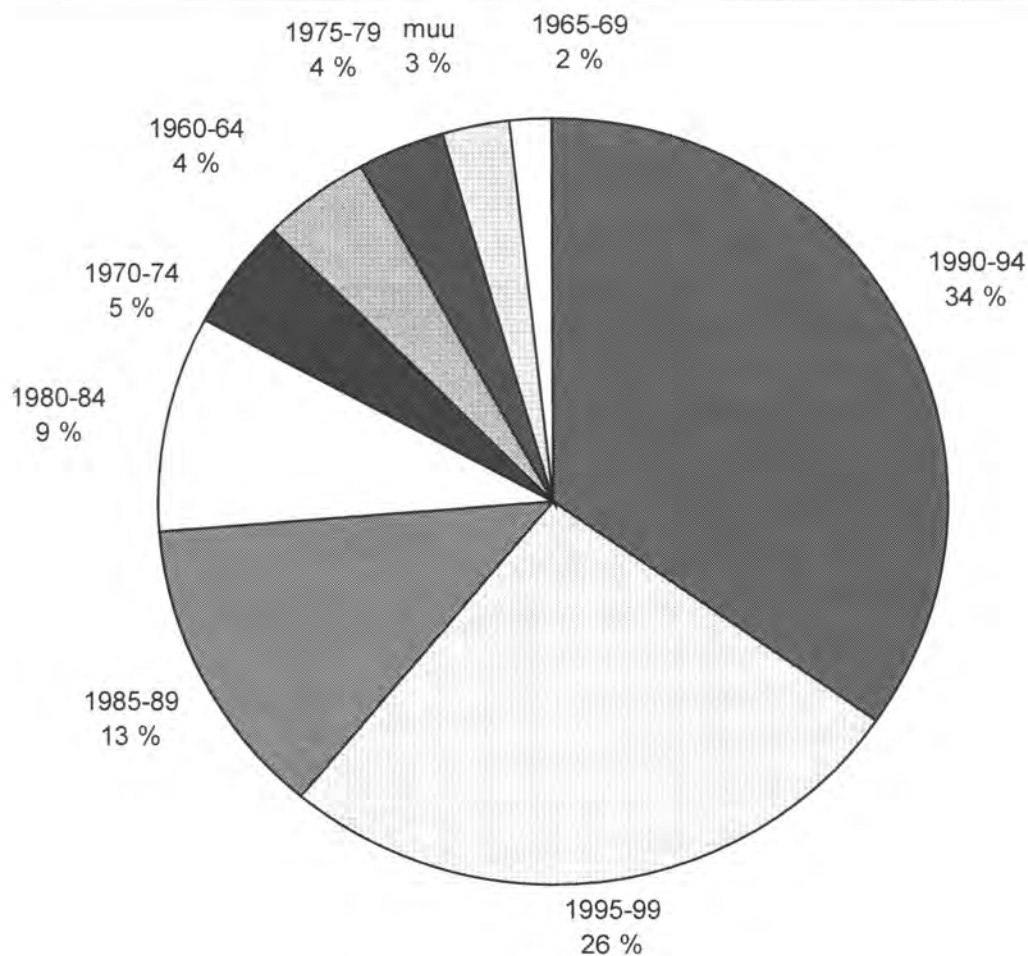
Valmistumis- vuosi	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
1955-59	28	109	5	114	19,5	28,9
1960-64	85	355	5	360	22,0	49,4
1965-69	33	319	5	324	20,0	57,4
1970-74	90	135	5	140	31,5	19,6
1975-79	71	125	5	130	34,0	21,5
1980-84	173	123	5	128	33,0	21,4
1985-89	245	84	4	88	28,0	16,3
1990-94	664	215	3	218	29,0	27,8
1995-99	505	343	4	347	32,0	30,1

Taulukko 2: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä valmistumisvuoden mukaan.

Mediaanien mukaan vertailtuna vuosijaksoilla 1955-59, 1960-64 ja 1965-69 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä kuin vuoden 1969 jälkeen valmistuneiden. Vuosijaksolla 1975-79 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat suurimmat. Vanhimpien asuntojen suuret ammoniakkipitoisuudet saattavat johtua siitä, että niissä tehdyt peruskorjaukset ovat aiheuttaneet pitoisuuden nousun. (Kuva 5).



Kuva 5: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit valmistumisvuoden mukaan.



Kuva 6: Eri viisivuotiskauskoilla valmistuneiden asuntojen suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

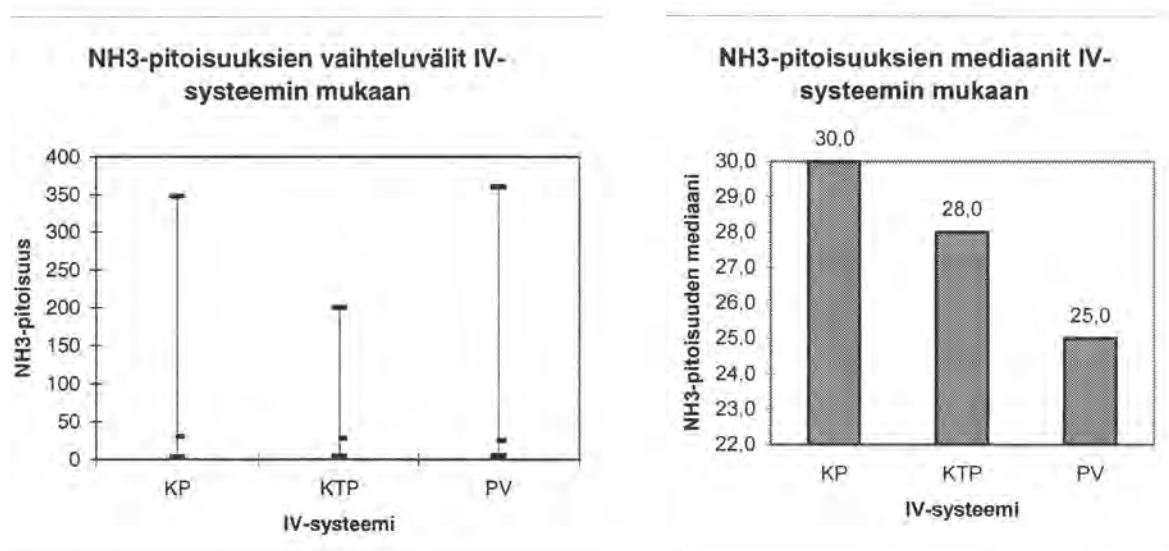
3.1.5. Ammoniakkipitoisuus ilmanvaihtojärjestelmän mukaan

Tutkimusaineiston asuntojen ilmanvaihtojärjestelmät olivat koneellinen poistoilmanvaihto (KP), koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (KTP) ja painovoimainen ilmanvaihto (PV). Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 7. Aineiston asuntojen ilmanvaihtojärjestelmäjakauma on esitetty kuvassa 8.

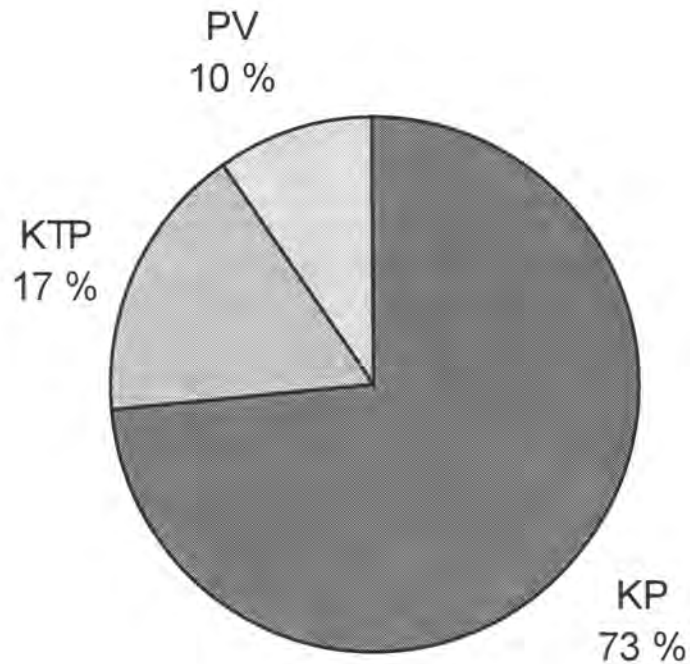
Ilmanvaihtojärjestelmä	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
KP	1453	344	3	347	30,0	26,7
KTP	335	196	4	200	28,0	24,1
PV	194	355	5	360	25,0	41,9

Taulukko 3: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä ilmanvaihtojärjestelmän mukaan.

Ammoniakkipitoisuudet vaihtelivat ilmanvaihtojärjestelmien suhteen siten, että mediaanien mukaan suurimmat ammoniakkipitoisuudet havaittiin niissä asunnoissa, joissa oli koneellinen poistoilmanvaihto ja pienimmät niissä asunnoissa, joissa oli painovoimainen ilmanvaihto (kuva 7).



Kuva 7: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit ilmanvaihtojärjestelmän mukaan.



PV = painovoimainen ilmanvaihto
 KTP = koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto
 KP = koneellinen poistoilmanvaihto

Kuva 8: Eri ilmanvaihtojärjestelmien suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

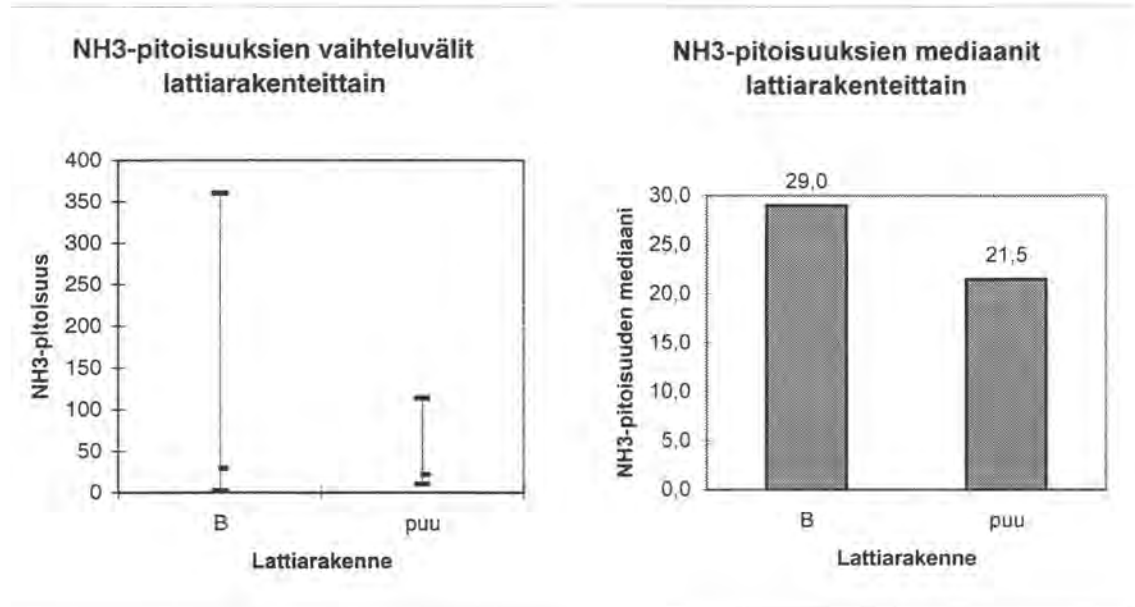
3.1.6. Ammoniakkipitoisuus lattiarakenteen mukaan

Asunnoista 97 %:ssa oli betoninen (B) lattiarakenne ja lopuissa puinen (puu). Tutkimuksessa yhdistettiin yhdeksi betonirakenneluokaksi kaikki betonityypit, esim. ontelolaatta-, betonilaatta- ja teräsbetonirakenteet. Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 4 ja kuvassa 9. Aineiston asuntojen lattiarakennejakauma on esitetty kuvassa 10.

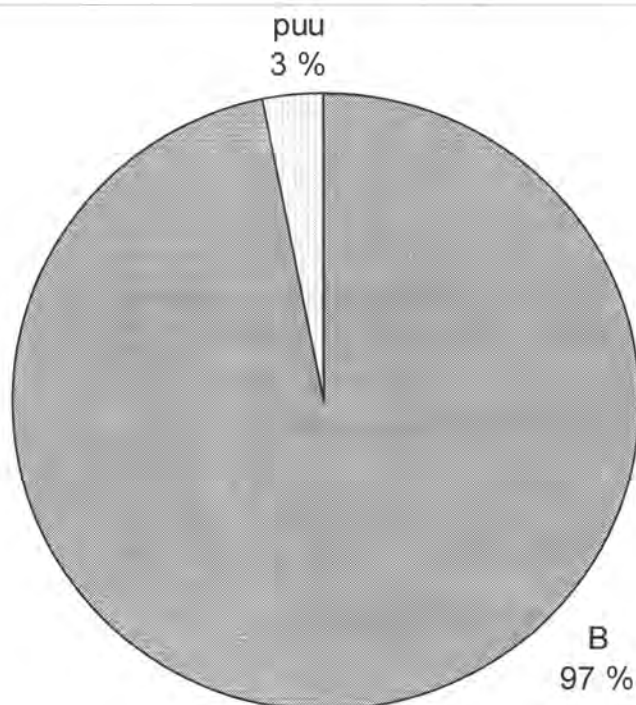
Lattiarakenne	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
B	1492	358	2	360	29,0	28,3
Puu	46	104	10	114	21,5	20,6

Taulukko 4: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä lattiarakenteen mukaan.

Kun sisäilman ammoniakkipitoisuuksia vertailtiin mediaanien perusteella, havaittiin asunnoissa, joissa lattiarakenne oli betonia, pitoisuuksien olevan korkeammat kuin puurakenteisten lattioiden asunnoissa mitatut pitoisuudet. (Kuva 9.)



Kuva 9: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit lattiarakenteen mukaan.



puu = puu

B = betoni

Kuva 10: Eri lattiarakenteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

3.1.7. Ammoniakkipitoisuus lattiapinnoitteen mukaan

Tutkimuksessa erilaisia lattiapinnoitteita oli viisi pääryhmää: muovimatto (M), laminaatti (L), muovin ja parketin yhdistelmä (M/P), parketti (P) ja puu (puu). Muovin ja parketin yhdistelmällä tarkoitetaan tässä asuntoja, joissa useimmiten olohuoneessa on ollut parketti ja muissa huoneissa muovimatto. Muita ryhmiä olivat juuttihuopa, kaakeli, kokolattiamatto, linoleumi, parketin ja korkkimaton yhdistelmä, parketin ja kaakelin yhdistelmä, parketin ja kiven yhdistelmä sekä parketin ja kokolattiamaton yhdistelmä. Jälkimmäisiin ryhmiin kuuluvia mittaustuloksia oli niin vähän kutakin, ettei niitä voitu ottaa mukaan analyysiin. Niiden osuus aineistosta oli yhteensä 2 %.

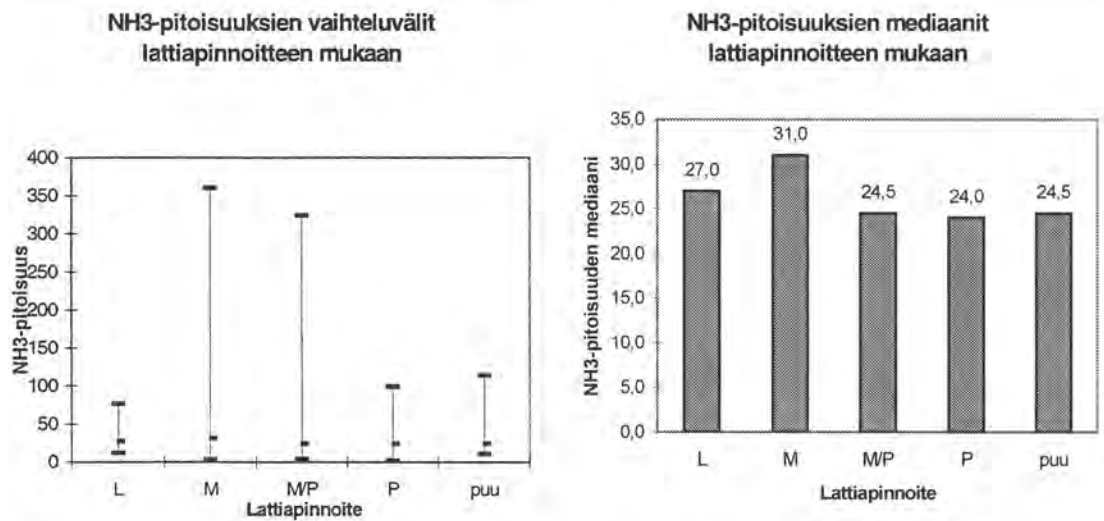
Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 5 ja kuvassa 11. Aineiston asuntojen lattiapinnoitejakauma on esitetty kuvassa 12.

Lattia- pinnoite	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
M	1422	357	3	360	31,0	30,8
P	262	97	2	99	24,0	18,9
M/P	62	320	4	324	24,5	43,1
Puu	28	103	11	114	24,5	27,5
L	15	64	12	76	27,0	19,4

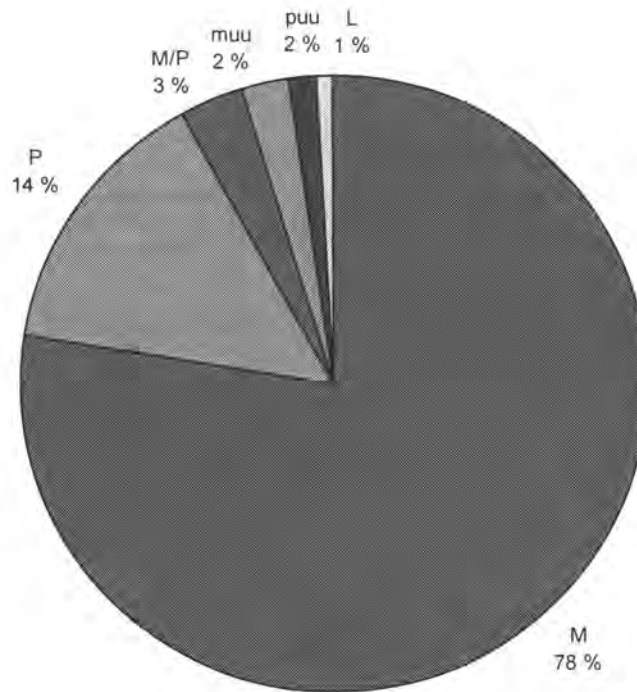
Taulukko 5: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä lattiapinnoitteen mukaan.

Verrattaessa lattiapinnoiteryhmiä mediaanien perusteella toisiinsa havaittiin, että suurimmat ammoniakkipitoisuudet esiintyvät asunnoissa, joissa oli muovimatto ja pienimmät pitoisuudet asunnoissa, joissa lattiapinnoitteena oli parketti (kuva 11).

Samoja ryhmiä vertailtaessa varianssianalyysin avulla muovimaton ja parketin välillä havaittiin merkitsevä ero, kun seinäpinnoitteena oli maali ($p=0,0001$, $n=542$). Lattiapinnoitteen ollessa muovimatto asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat merkitsevästi suuremmat kuin asuntojen, joiden lattiapinnoitteena oli parketti.



Kuva 11: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit lattiapinnoitteen mukaan.



M = muovimatto

P = parketti

M/P = muovimaton ja parketin yhdistelmä

puu = puu

L = laminaatti

Kuva 12: Eri lattiapinnoitteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

3.1.8. Ammoniakkipitoisuus seinärakenteen mukaan

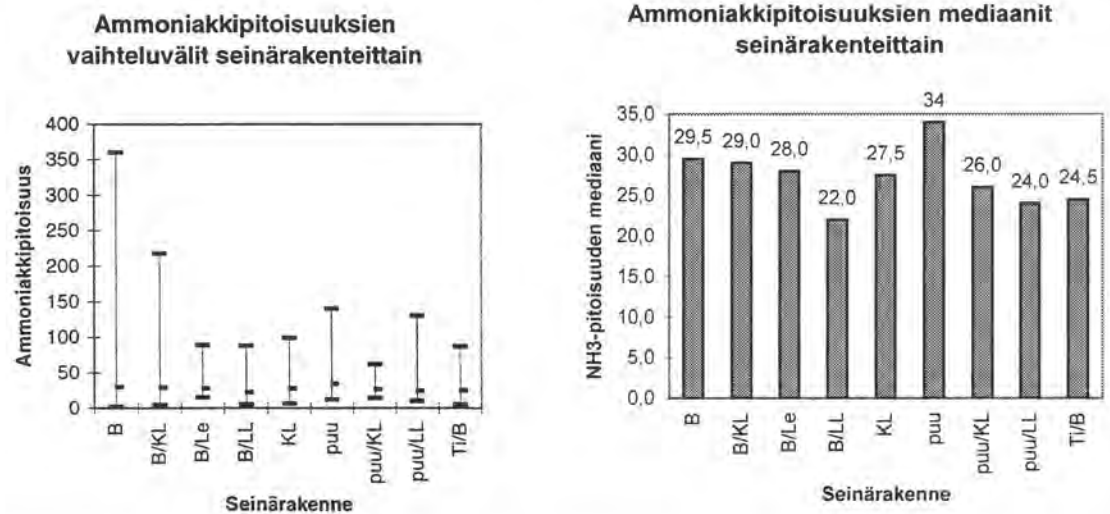
Tutkimuksessa esiintyneitä seinärakenteita oli useita. Vertailtavia seinärakenneryhmiä olivat betoni (B), betonin ja kipsilevyn yhdistelmä (B/KL), betonin ja levyn yhdistelmä (B/Le), betonin ja lastulevyn yhdistelmä (B/LL), kipsilevy (KL), puu (puu), puun ja kipsilevyn yhdistelmä (puu/KL), puun ja lastulevyn yhdistelmä (puu/LL) sekä tiilen ja betonin yhdistelmä (Ti/B). Ilmaisuu ”levy” tarkoittaa erilaisia rakennuslevyjä, joita havaintojen tekijä ei ole pystynyt luokittelemaan tarkemmin. Vertailujen ulkopuolelle jääneet pienet ryhmät olivat betonin ja puun yhdistelmä, betonin, puun ja kipsilevyn yhdistelmä, hirsi, levy, kiven ja levyn yhdistelmä, kivi, kiven ja puun yhdistelmä, kiven, puun ja levyn yhdistelmä, lastulevy, puun ja levyn yhdistelmä, tiili, tiilen ja kipsilevyn yhdistelmä, tiilen ja levyn yhdistelmä, tiilen ja lastulevyn yhdistelmä sekä tiilen ja puun yhdistelmä, tiilen, puun ja lastulevyn yhdistelmä. Näiden pikkuryhmien yhteenlaskettu osuus koko aineistosta oli 9 %.

Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 6 ja kuvassa 13. Aineiston asuntojen seinärakennejakauma on esitetty kuvassa 14.

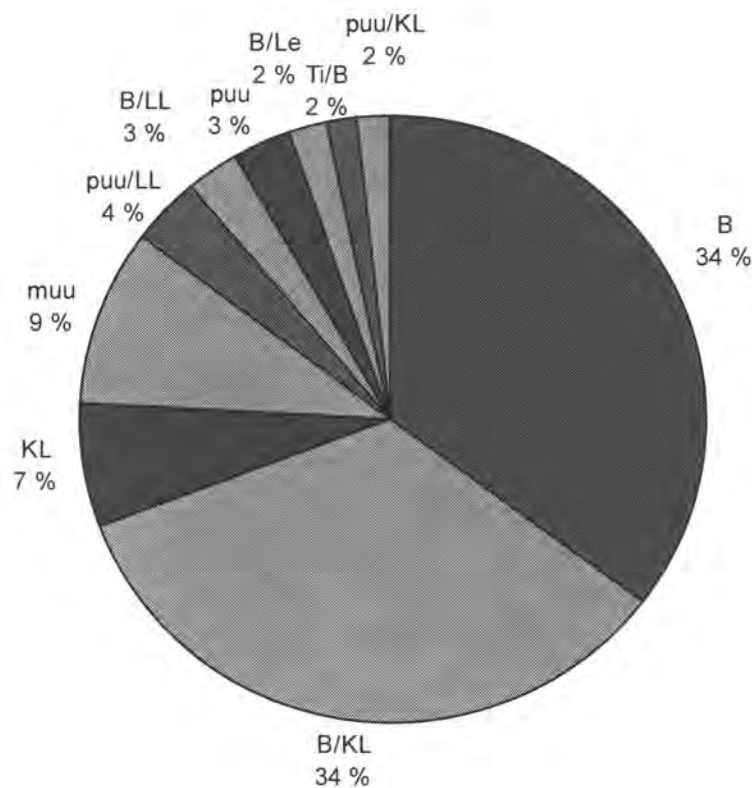
Seinä-rakenne	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m ³)	Maksimi (ug/m ³)	Mediaani (ug/m ³)	Keskihajonta
B	538	358	2	360	29,5	32,4
B/KL	520	214	4	218	29,0	28,0
B/Le	30	74	15	89	28,0	18,0
B/LL	45	83	5	88	22,0	19,1
KL	102	93	6	99	27,5	19,5
Puu	45	128	12	140	34,0	27,9
Puu/KL	25	48	14	62	26,0	13,9
Puu/LL	56	120	10	130	24,0	25,2
Ti/B	26	82	5	87	24,5	22,4

Taulukko 6: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametreja seinärakenteen mukaan.

Vertailtaessa seinärakenneryhmiä mediaanien perusteella toisiinsa havaittiin, että asunnoissa, joissa oli puurakenteinen seinä, oli suurimmat ammoniakkipitoisuudet. Toisaalta puurakenteisissa asunnoissa mitattu maksimiammoniakkipitoisuus oli 140 µg/m³. Asunnoissa, joissa seinärakenne oli betonin ja lastulevyn yhdistelmä, ammoniakkipitoisuudet olivat pienimmät. (Kuva 13.)



Kuva 13: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit seinärakenteen mukaan.



B = betoni

KL = kipsilevy

B/LL = betonin ja lastulevyn yhdistelmä

B/Le = betonin ja levyn yhdistelmä

puu/KL = puun ja kipsilevyn yhdistelmä

B/KL = betonin ja kipsilevyn yhdistelmä

puu/LL = puun ja lastulevyn yhdistelmä

puu = puu

Ti/B = tiilen ja betonin yhdistelmä

Kuva 14: Eri seinärakenteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

3.1.9. Ammoniakkipitoisuus seinäpinnoitteen mukaan

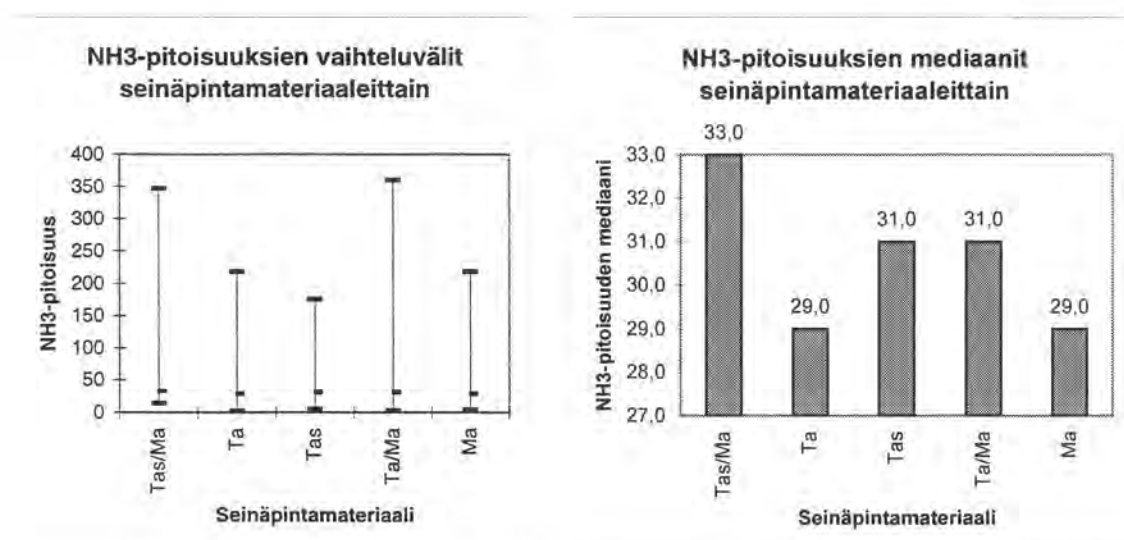
Tutkimuksessa esiintyi useita erilaisia seinäpintamateriaaleja, joista viittä pääryhmää tarkasteltiin tarkemmin. Pääryhmät olivat maalattu tasoite (Tas/Ma), maalaamaton tasoite (Tas), tapetti (Ta), tapetin ja maalin yhdistelmä (Ta/Ma) ja maali (Ma). Muita hyvin pieniä ryhmiä olivat hirsi, lastulevy, muovimatto, klinkkerin ja muovimaton yhdistelmä, kipsilevy, maalin ja Haltexin yhdistelmä, maalin ja puun yhdistelmä, tapetin ja puun yhdistelmä, tasoitteen, tapetin ja maalin yhdistelmä, tasoitteen ja tapetin yhdistelmä sekä tiilen ja lastulevyn yhdistelmä ja levy. Näiden pikkuryhmien suhteellinen osuus koko aineistosta oli yhteensä 4 %.

Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 7 ja kuvassa 15. Aineiston asuntojen seinäpinnoitejakauma on esitetty kuvassa 16.

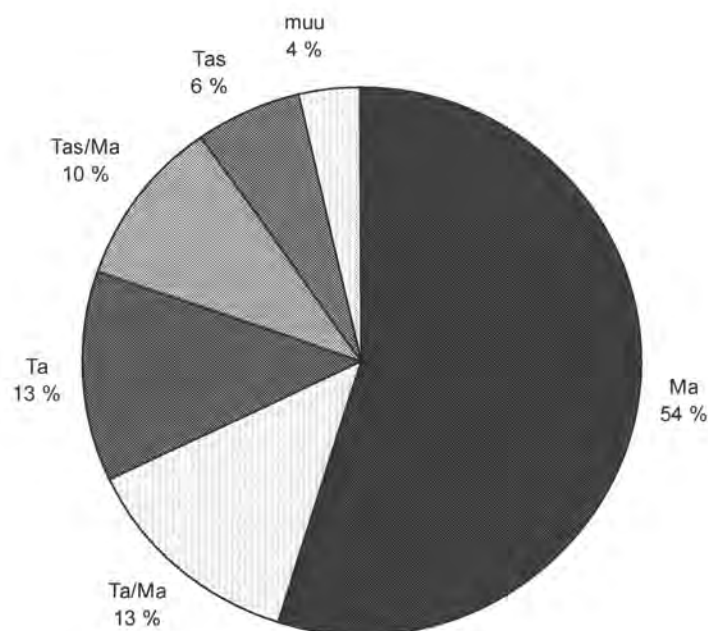
Seinäpinnoite	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
Ma	939	214	4	218	29,0	24,5
Ta/Ma	223	357	3	360	31,0	43,9
Ta	218	216	2	218	29,0	26,6
Tas/Ma	171	333	14	347	33,0	42,8
Tas	103	170	5	175	31,0	24,6

Taulukko 7: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä seinäpinnoitteen mukaan.

Mediaanien mukaan vertailtuna suurimmat ammoniakkipitoisuudet todettiin asunnoissa, joissa seinäpinnoitteena oli maalattu tasoite ja pienimmät puolestaan erikseen tapetin tai maalin tapauksissa. Jälkimmäisillä oli sama mediaani. (Kuva 15).



Kuva 15: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit seinäpinnoitteen mukaan.



Ma = maali

Ta/Ma = tapetin ja maalin yhdistelmä

Ta = tapetti

Tas/Ma = maalattu tasoite

Tas = maalaamaton tasoite

Kuva 16: Eri sisäseinäpinnoitteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

3.1.10. Ammoniakkipitoisuus sisäkattorakenteen mukaan

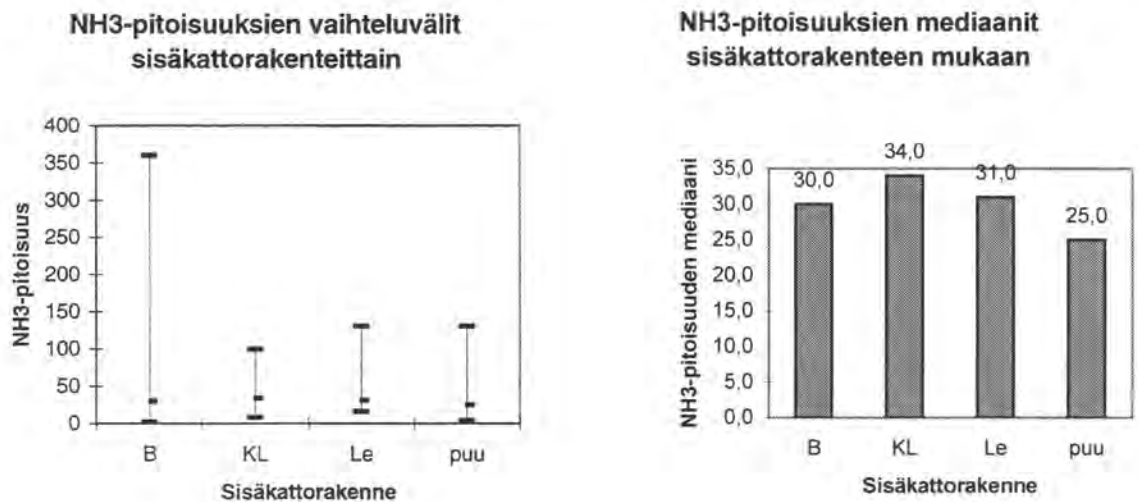
Tutkimuksessa esiintyi pääasiassa neljää erilaista sisäkattorakennettä, jotka olivat betoni (B), kipsilevy (KL), levy (Le) ja puu (puu). Ilmaus ”levy” tarkoittaa sellaisia rakennuslevyjä, joita havaintojen tekijä ei ole kyennyt määrittelemään tarkemmin. Muita raketeita olivat betonin ja puun yhdistelmä, kipsi- ja lastulevyn yhdistelmä, puun ja levyn yhdistelmä ja puun ja lastulevyn yhdistelmä. Näiden pikkuryhmien osuus oli 3 % koko aineistosta.

Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 8 ja kuvassa 17. Aineiston asuntojen kattorakennejakauma on esitetty kuvassa 18.

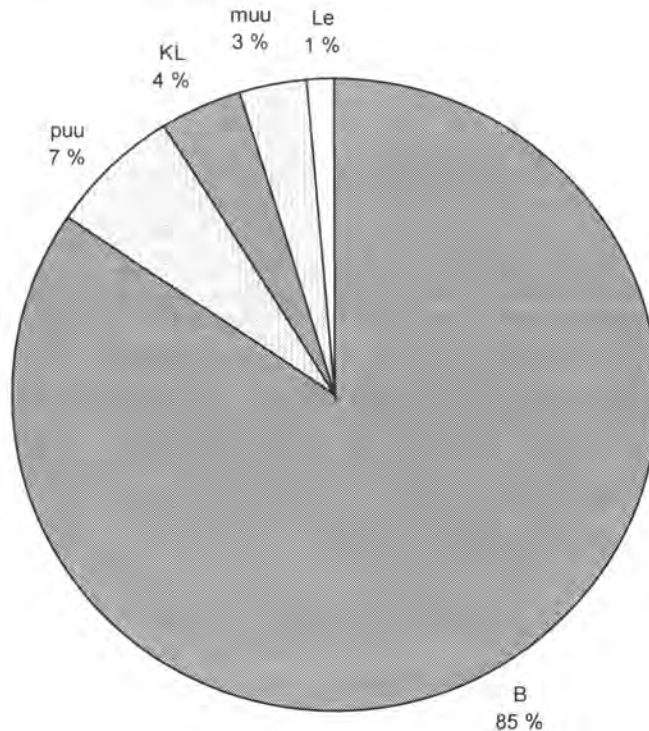
Sisäkatto- rakenne	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
B	1377	358	2	360	30,0	30,6
Puu	110	126	4	130	25,0	18,7
KL	67	91	8	99	34,0	23,4
Le	23	114	16	130	31,0	25,4

Taulukko 8: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametreja sisäkattorakenteen mukaan.

Mediaanien mukaan vertailtuna suurimmat ammoniakkipitoisuudet todettiin asunnoissa, joissa kattorakenteena oli kipsilevy, kun taas pienimmät pitoisuudet havaittiin puisten kattorakenteiden tapauksissa. Kipsilevyn tapauksessa kuitenkin suurin pitoisuus oli $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Kuva 17).



Kuva 17: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit sisäkattorakenteen mukaan.



B = betoni
puu = puu

KL = kipsilevy
Le = levy

Kuva 18: Eri sisäkattorakenteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

3.1.11. Ammoniakkipitoisuus sisäkattopinnoitteen mukaan

Erilaisia sisäkattopinnoitteita esiintyi pääasiassa viittä eri tyyppiä, jotka olivat Haltex (Ha), maali (Ma), puu (puu), maalaamaton tasoite (Tas) ja maalattu tasoite (Tas/Ma). Tasoite tarkoittaa tässä sekä ruiskutasoiteita että muita tasoitetyyppejä niitä mitenkään erottelematta. Ryhmä puu sisältää sekä puu- että erilaisia paneelipintoja. Muita pienempiä ryhmiä olivat akustisen levyn ja maalatun tasoitteen yhdistelmä, Haltexin ja maalin yhdistelmä, lakka, lakkapintainen puu, maalipintainen puu ja paneelin ja tasoitteen yhdistelmä. Näiden pienempien ryhmien yhteenlaskettu suhteellinen osuus koko aineistosta oli 1 %.

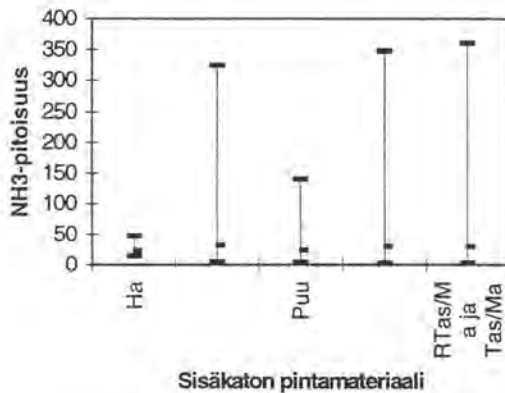
Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 9 ja kuvassa 19. Aineiston asuntojen kattopinnoitejakauma on esitetty kuvassa 20.

Sisäkatto- pinnoite	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m ³)	Maksim (ug/m ³)	Mediaani (ug/m ³)	Keskihajonta
Ha	22	33	14	47	23,5	10,2
Ma	185	319	5	324	32,0	37,4
Puu	97	136	4	140	24,0	26,8
Tas	1354	345	2	347	30,0	28,0
Tas/Ma	238	357	3	360	30,0	33,6

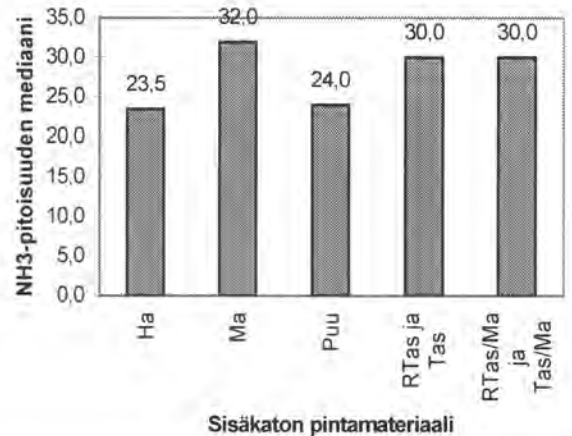
Taulukko 9: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametreja sisäkattopinnoitteen mukaan.

Vertailtaessa sisäkattopinnoiteryhmiä toisiinsa mediaanien perusteella havaittiin, että suurimmat ammoniakkipitoisuudet olivat asunnoissa, joissa kattopinnoitteena oli maali ja pienimmät pitoisuudet asunnoissa, joissa kattopinnoitteena oli Haltex (kuva 19). Haltex-katoista 91 % oli omakotitaloissa.

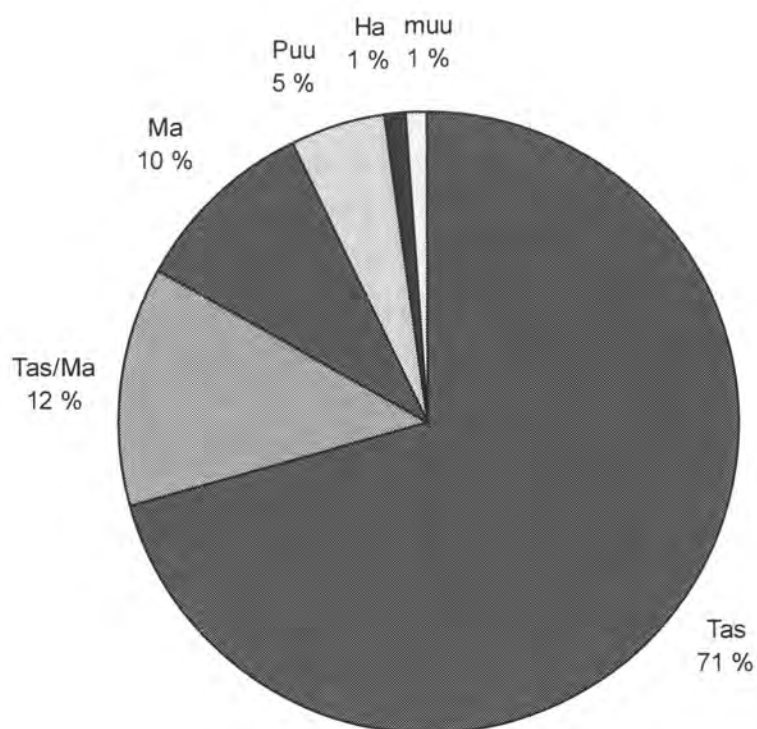
**NH₃-pitoisuuksien vaihteluvälit
sisäkattopinnoitteen mukaan**



**NH₃-pitoisuuksien mediaanit
sisäkattopinnoitteen mukaan**



Kuva 19: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit kattopinnoitteen mukaan.



Tas = maalaamaton tasoite
Tas/Ma = maalattu tasoite
Ma = maali

puu = puu
Ha = Haltex

Kuva 20: Eri sisäkattopinnoitteiden suhteelliset osuudet ammoniakkimittauskohteissa.

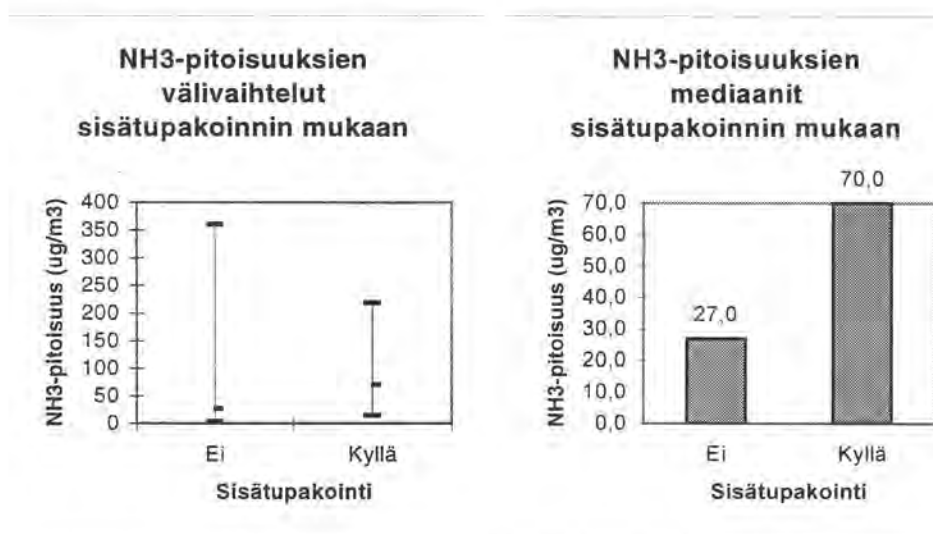
3.1.12. Tupakoinnin vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tutkimuksessa selvitettiin myös sisällä tapahtuvan tupakoinnin vaikutusta sisäilman ammoniakkipitoisuuteen. Huoneistoissa 95 %:ssa ei tupakoitu ja 5 %:ssa tupakoitiin sisätiloissa. Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 10 ja kuvassa 21.

Sisätupakointi	Lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
Ei	796	357	3	360	27,0	27,9
Kyllä	44	203	15	218	70,0	55,8

Taulukko 10: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä sisätupakoinnin mukaan.

Vertailtaessa mediaaneja keskenään havaittiin, että asunnoissa, joissa tupakoitiin sisällä, ammoniakkipitoisuuksien mediaani oli yli kaksi ja puoli kertaa suurempi kuin asuntojen, joissa ei tupakoitu sisällä. (Kuva 24).



Kuva 21: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit sisätupakoinnin mukaan.

3.1.13. Kotieläinten vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tutkimuksessa selvitettiin kotieläinten vaikutusta sisäilman ammoniakkipitoisuuteen. Lisäksi selvitettiin eri eläinlajien ja eläinten lukumäärän vaikutusta. Tutkimusaineiston huoneistoista 72 %:ssa ei ollut kotieläintä ja 28 %:ssa oli yksi tai useampia kotieläimiä. Eläinlajien suhteelliset osuudet olivat seuraavat: koiria 50 %, kissoja 20 %, akvaarioeläimiä 7 %, marsuja 5 % ja kilpikonnaa 1 %. Lisäksi laskettiin erikseen tapaukset, jois-

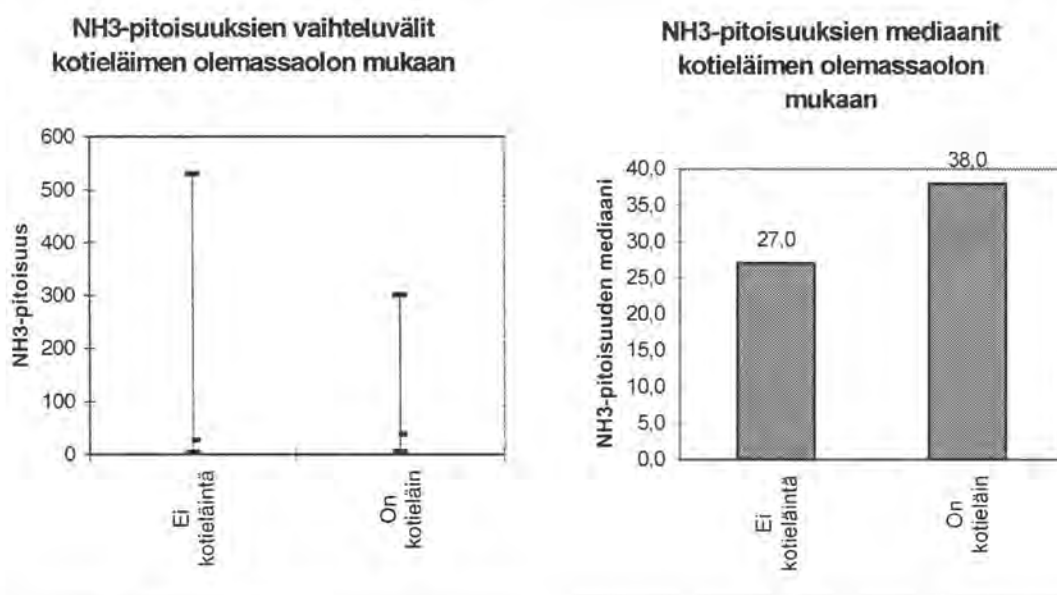
sa samassa huoneistossa oli useita eläinlajeja. Kaneja oli vain muutamia, ja ne sisältyvät jälkimmäiseen ryhmään. Tämän ryhmän osuus kaikista oli 17 %.

Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 11 ja kuvassa 22.

Onko kotieläin	Havaintojen lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m3)	Maksimi (ug/m3)	Mediaani (ug/m3)	Keskihajonta
Ei	588	526	4	530	27,0	42,5
On	228	295	5	300	38,0	34,4

Taulukko 11: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä kotieläimen olemassaolon mukaan.

Mediaanien mukaan vertailtuna kotieläimen olemassaolo sai aikaan noin puolitoista-kertaa suurempia ammoniakkipitoisuuksia verrattuna asuntoihin, joissa kotieläimiä ei ollut (kuva 22). Kuitenkin myös näissä asunnoissa, joissa kotieläintä ei ollut, havaittiin muutamia korkeita ammoniakkipitoisuuksia. Näissä asunnoissa lattiapinnoitteena oli muovimatto ja kattopinnoitteena maalattu tai maalaamaton tasoite.



Kuva 22: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit kotieläimen olemassaolon mukaan.

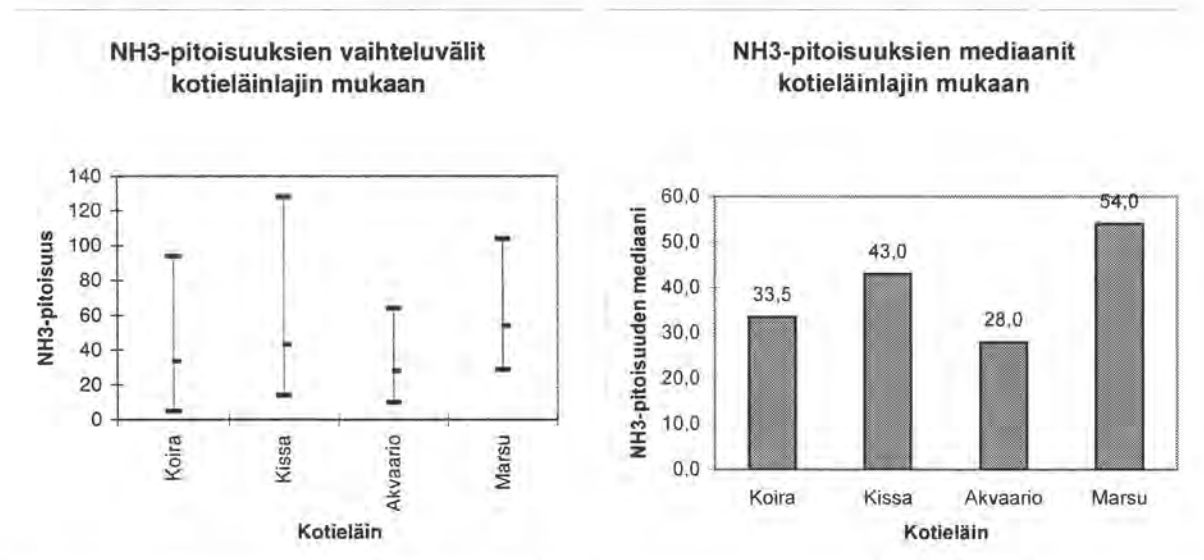
a. Eri eläinlajien vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Eri eläinlajien vaikutusta ammoniakkipitoisuuteen tutkittiin valitsemalla mukaan huoneistot, joissa oli yksi tai useampi kotieläin ja vain yhtä eläinlajia kussakin. Ryhmiä muodostui neljä, jotka olivat koira, kissa, marsu ja akvaario. Aineistosta lasketut parametrit on esitetty taulukossa 12 ja kuvassa 23.

Eläinlaji	Havaintojen lukumäärä (kpl)	Vaihteluvälin pituus	Minimi (ug/m ³)	Maksimi (ug/m ³)	Mediaani (ug/m ³)	Keskihajonta
Koira	92	81	5	94	33,5	19,4
Kissa	37	114	14	128	43,0	26,7
Akvaario	13	54	10	64	28,0	16,0
Marsu	10	75	29	104	54,0	24,1

Taulukko 12: Ammoniakkipitoisuusjakauman parametrejä eri kotieläinlajin mukaan.

Vertailtaessa kotieläinryhmiä mediaanien perusteella havaittiin, että huoneistoissa, joissa oli marsuja, oli suurimmat ammoniakkipitoisuudet. Puolestaan huoneistoissa, joissa oli akvaario, oli pienimmät ammoniakkipitoisuudet (kuva 23). Taulukosta 12 nähdään myös, että ammoniakkipitoisuuksien minimitasot ovat melko korkeita niissä asunnoissa, joissa on kotieläin. Marsun tapauksessa minimipitoisuus on hyvin korkea (29 µg/m³).



Kuva 23: Ammoniakkipitoisuusjakauman vaihteluvälit ja mediaanit kotieläinlajin mukaan.

b. Kotieläinten lukumäärän vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tutkimuksessa selvitettiin kotieläinten lukumäärän vaikutusta siten, että vertailtiin keskenään tapauksia, joissa huoneistossa oli yksi kotieläin tai useita eläimiä. Asiaa tutkittiin vain koiran ja kissan tapauksissa, koska muista ryhmistä ei ollut käytettävissä riittävästi aineistoa. Eläinten lukumäärällä ei havaittu vaikutusta vertailtaessa yhden ja usean eläimen kohteita varianssianalyysin avulla. (Koira: $p=0,31$, $n=92$, Kissa: $p=0,11$, $n=37$.)

3.1.14. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan havaittiin riippuvan toisistaan ($r=0,20$; $p=0,0001$), joten niitä tarkasteltiin erikseen.

Sisäilman ammoniakkipitoisuuden havaittiin olevan riippuvainen ilman suhteellisesta kosteudesta vain siinä tapauksessa, kun seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite ($r=0,39$; $p=0,0050$; $n=75$). Muiden seinäpinnoitteiden osalta korrelaatio kosteuden ja ammoniakkipitoisuuden välillä oli joko hyvin pieni tai sitä ei ollut lainkaan.

Sisäilman ammoniakkipitoisuuden ja lämpötilan välillä havaittiin positiivinen korrelaatio, kun seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite ($r=0,25$; $p=0,0316$; $n=75$). Positiivinen korrelaatio havaittiin myös silloin, kun seinäpinnoitteena oli maali ($r=0,17$; $p=0,0001$; $n=832$).

3.2. Tulosten tarkastelu monimuuttujaisen varianssianalyysin avulla

Monimuuttujaisen varianssianalyysin avulla tutkittiin eri pintamateriaalien, rakenteiden, valmistumisvuoden ym. edellä esiteltyjen tekijöiden pää- ja yhteisvaikutuksia. Varianssianalyysissä sanalla yhteisvaikutus tarkoitetaan sitä, onko tietyn tekijän vaikutus erilainen eri materiaalien (tai muiden tekijöiden) kanssa vai samanlainen. Jos yhteisvaikutusta on, tekijän vaikutus on erilainen eri materiaalien kanssa, mutta sen puuttuessa vaikutus on samanlainen.

Yhteisvaikutuksia havaittiin useiden tekijöiden välillä, mm. talotyypin ja talon valmistumisvuoden, talotyypin ja kattopinnoitteen, katto- ja seinäpinnoitteen, kattopinnoitteen ja talon valmistumisvuoden sekä kattopinnoitteen ja ilmanvaihtojärjestelmän välillä. Nämä yhteisvaikutukset paikannettiin vertaamalla yhteisvaikutuksia vastaavia keskiarvoja Tukey-Kramerin-menetelmällä (Korhonen 1995) ja graafisten kuvaajien avulla.

Graafisten kuvaajien havaintoja esittävään kuhunkin tähtikuvioon sisältyy erilaisia määriä havaintoja. Kaikissa testeissä käytettiin riskitasoa $\alpha=0,01$, ja sanallista ilmausta ”merkittävä” käytettiin, jos eroa oli tällä riskitasolla.

3.2.1. Talotyypin ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Talotyypin ja talon valmistumisvuoden välillä havaittiin yhteisvaikutuksia muiden talotyyppien paitsi paritalojen osalta.

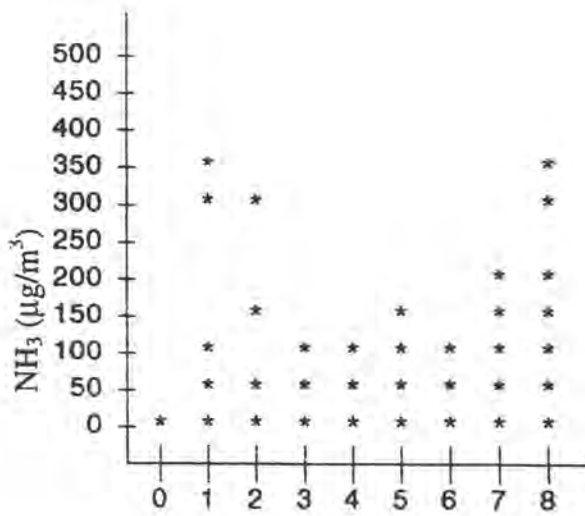
Tarkasteltaessa kerrostaloja eri valmistumisvuoden suhteen havaittiin jaksolla 1955-59 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksien olevan merkitsevästi pienempiä kuin kaikilla muilla jaksoilla valmistuneiden asuntojen. Lisäksi jaksoilla 1960-64 ja 1995-99 valmistuneiden talojen ammoniakkipitoisuudet erosivat toisistaan merkitsevästi siten, että edellisellä jaksolla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat pienemmät kuin jälkimmäisellä jaksolla valmistuneiden. (Kuva 24.)

Tarkasteltaessa rivitaloja vastaavasti havaittiin vain jaksoilla 1965-69 ja 1995-99 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa merkitsevä ero (kuva 25). Jaksolla 1965-69 ammoniakkipitoisuudet olivat merkitsevästi pienemmät kuin jaksolla 1995-99.

Tarkasteltaessa paritaloja eri valmistumisvuoden suhteen ammoniakkipitoisuuksissa ei tilastollisia eroja havaittu (kuva 26).

Omakotitalojen osalta merkitseviä eroja ammoniakkipitoisuuksissa ilmeni vain valmistusvuosijaksojen 1955-59 ja 1990-94 välillä siten, että vuosijaksolla 1955-59 valmistuneiden omakotitalojen ammoniakkipitoisuudet olivat merkitsevästi suuremmat kuin vuosijaksolla 1990-94 valmistuneiden (kuva 27).

Talotyyppien keskinäiset erot olivat näennäisiä, koska tarkemmin tutkittaessa syyt ammoniakkipitoisuuseroihin löytyivät lähinnä materiaaleista, mm. talotyypin ja sisäkatto-pinnoitteen välillä havaittiin yhteisvaikutuksia.



0 = 1955-59

1 = 1960-64

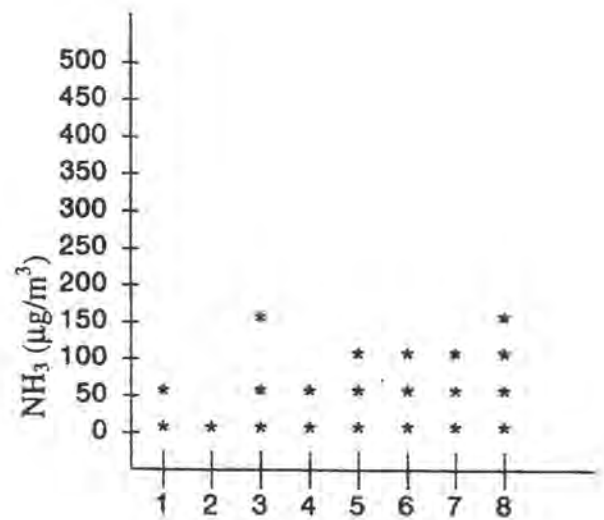
2 = 1965-69

3 = 1970-74

4 = 1975-79

5 = 1980-84

Kuva 24: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu eri viisivuotisjaksoilla valmistuneissa kerrostaloissa (n=1341).

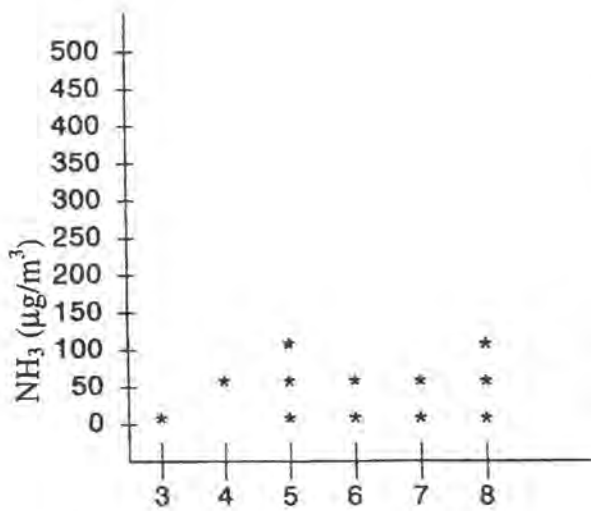


6 = 1985-89

7 = 1990-94

8 = 1995-99

Kuva 25: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu eri viisivuotisjaksoilla valmistuneissa rivitaloissa (n=462).



0 = 1955-59

1 = 1960-64

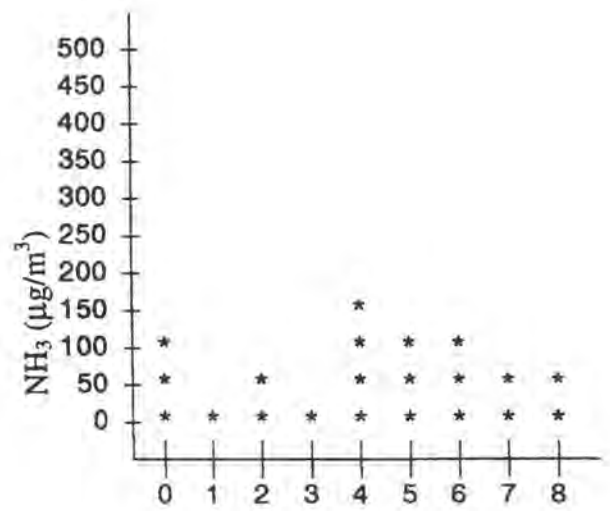
2 = 1965-69

3 = 1970-74

4 = 1975-79

5 = 1980-84

Kuva 26: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu eri viisivuotisjaksoilla valmistuneissa paritaloissa (n=108).



6 = 1985-89

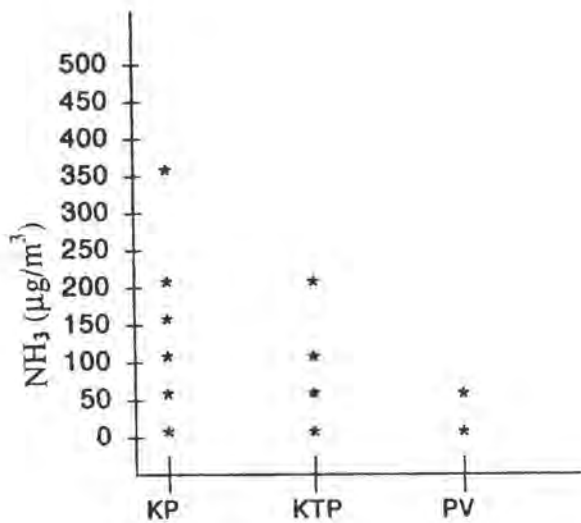
7 = 1990-94

8 = 1995-99

Kuva 27: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu eri viisivuotisjaksoilla valmistuneissa omakotitaloissa (n=164).

3.2.2. Kattopinnoitteen ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Kun tutkittiin eri kattopinnoitteiden ja ilmanvaihtojärjestelmien yhteisvaikutusta sisäilman ammoniakkipitoisuuteen havaittiin, että tilastollisesti merkitsevää eroa eri iv-järjestelmien suhteen muodostui vain sellaisissa tapauksissa, kun kattopinnoite oli maalaamaton tasoite. Tuossa tapauksessa ryhmien KP ja PV välillä sekä KTP ja PV välillä oli merkitsevä ero (kuva 28). Toisaalta ryhmässä PV havaintojen määrä oli vähäinen. Todellisuudessa siis kattopinnan ja iv-järjestelmien yhteisvaikutus olikin vain näennäistä.



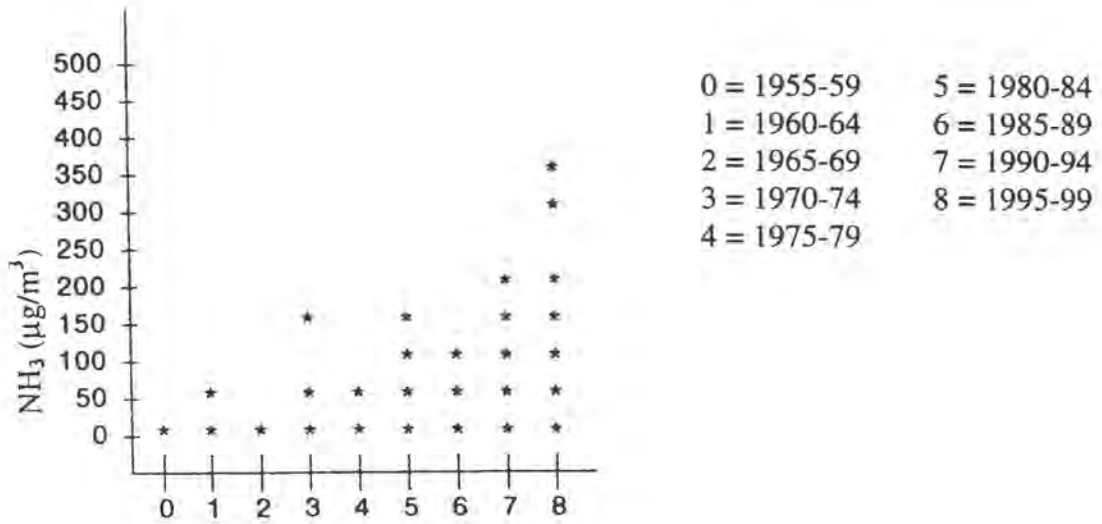
KP = koneellinen poistoilmanvaihto
PV = painovoimainen ilmanvaihto

KTP = koneellinen tulo- ja poisto
ilmanvaihto

Kuva 28: Asuntojen ammoniakkipitoisuudet eri iv-järjestelmien mukaan, kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite (n=1043).

3.2.3. Kattopinnoitteen ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tutkittaessa asuntojen ammoniakkipitoisuuksia ottaen huomioon yhtäaikaaisesti sekä eri kattopinnoitteet että talojen valmistumisvuodet havaittiin, että tilastollisesti merkitsevää eroa ammoniakkipitoisuuksien välillä oli vain siinä tapauksessa, kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite. Tuolloin asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa oli havaittavissa nouseva suuntaus asuntojen valmistumisvuoden kasvaessa kohti uusimpia asuntoja (kuva 29).

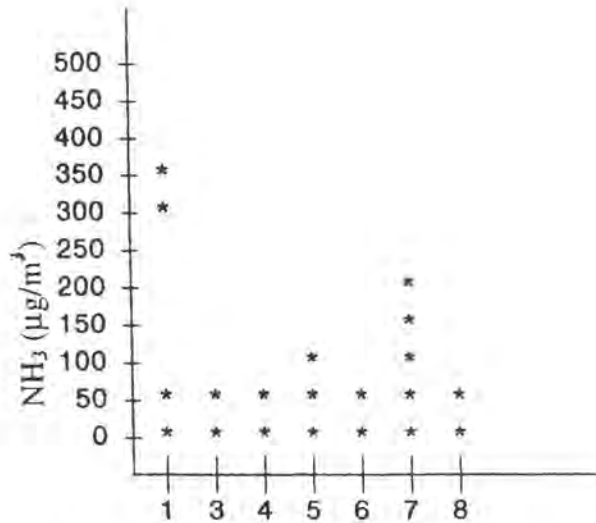


Kuva 29: Eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite (n=1473).

3.2.4. Seinä- ja lattiapinnoitteen sekä talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tarkasteltaessa ammoniakkipitoisuuksia ottaen huomioon samanaikaisesti sekä seinä- että lattiapinnoitteet ja talon valmistumisvuodet havaittiin, että lattiapinnoitteen ollessa muovimatto ja seinäpinnoitteen maalaamaton tasoite, tilastollisesti merkitsevä ero ammoniakkipitoisuuksissa havaittiin jaksoilla 1970-74 ja 1995-99 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksien välillä. Kun seinäpinnoitteena oli maali, havaittiin useiden eri valmistumisen viisivuotisjaksojen välillä olevan merkitsevää eroa.

Kun lattiapinnoitteena oli muovimatto ja seinäpinnoitteena oli maalin ja tapetin yhdistelmä, vuosina 1990-94 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa oli eniten suuria arvoja (kuva 30).



1 = 1960-64

3 = 1970-74

4 = 1975-79

5 = 1980-84

6 = 1985-89

7 = 1990-94

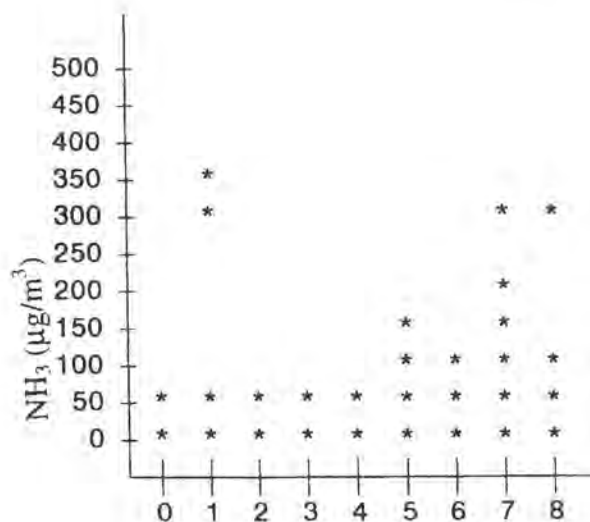
8 = 1995-99

Kuva 30: Eri viisivuotiskausajaksilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun lattiapinnoite oli muovimatto ja seinäpinnoite oli maalin ja tapetin yhdistelmä (n=117).

3.2.5. Katto-, seinä- ja lattiapinnoitteen sekä talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite ja lattiapinnoitteena muovimatto ja asuntojen ammoniakkipitoisuuksia tarkasteltiin eri valmistumisvuosijaksojen mukaan, havaittiin, että eniten suuria ammoniakkipitoisuuksia esiintyi vuosina 1990-94 (jakso 7) valmistuneissa asunnoissa (kuva 31).

Tarkasteltaessa tapauksia, joissa ammoniakkipitoisuudet olivat suuria (yli 70 µg/m³) havaittiin eniten suuria pitoisuuksia asunnoissa, joissa kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite ja seinäpinnoitteena oli maali, kun tarkastelun kohteena olivat pelkästään eri katto- ja seinäpintayhdistelmät. Edelleen katto- ja lattiapinnoitteiden yhdistelmästä maalaamaton tasoite kattopinnoitteena ja muovimatto lattiapinnoitteena oli suurimpina ryhminä tuloksissa. Seuraavaksi eniten, mutta vain noin viidesosa edellisestä, oli yhdistelmää, jossa kattopinnoitteena oli maali ja lattiapinnoitteena muovimatto.



0 = 1955-59

1 = 1960-64

2 = 1965-69

3 = 1970-74

4 = 1975-79

5 = 1980-84

6 = 1985-89

7 = 1990-94

8 = 1995-99

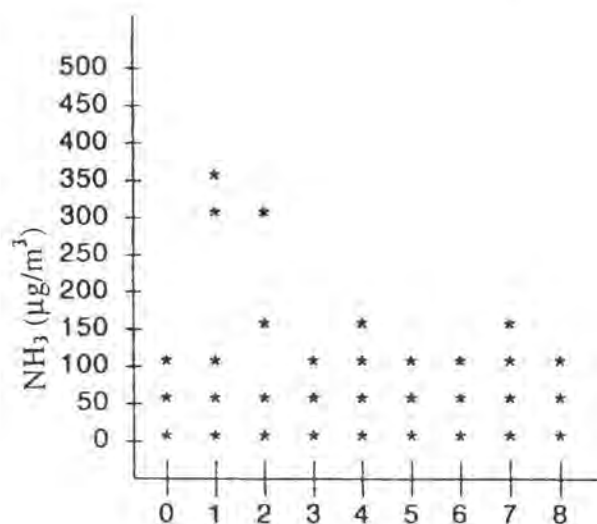
Kuva 31: Eri viisivuotiskausajaksilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun kattopinnoite oli maalaamaton tasoite ja lattiapinnoite oli muovimatto (n=1034).

3.2.6. Eri tekijöiden poissulkemisella saatu vaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Kun havaintoaineistosta poistettiin havainnot, joissa kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite ja tarkasteltiin tilannetta muiden kattopinnoitteiden osalta eri valmistumisvuosijaksoilla, havaittiin, että ammoniakkipitoisuudet olivat muutamaa havaintoa lukuunottamatta korkeintaan 150 µg/m³ kaikilla viisivuotiskausajaksilla valmistuneissa asunnoissa (kuva 32).

Kun havaintoaineistosta poistettiin havainnot, joissa lattiapinnoitteena oli muovimatto ja tarkasteltiin tilannetta muiden lattiapinnoitteiden osalta eri valmistumisvuosijaksoilla, havaittiin, että ammoniakkipitoisuudet olivat korkeintaan 100 µg/m³ kaikilla eri viisivuotiskausajaksilla valmistuneissa asunnoissa (kuva 33). Lisäksi ennen vuotta 1980 valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat korkeintaan 50 µg/m³.

Jos asunnossa oli samanaikaisesti lattiapinnoitteena muovimatto ja kattopinnoitteena maalaamaton tasoite, ammoniakkipitoisuudet olivat korkeita.



0 = 1955-59

3 = 1970-74

6 = 1985-89

1 = 1960-64

4 = 1975-79

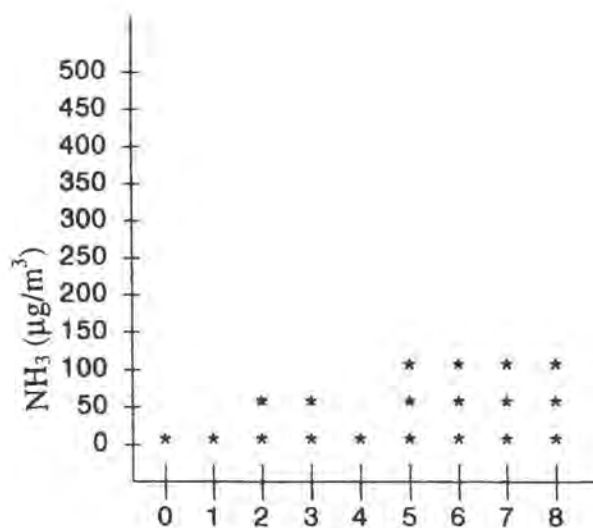
7 = 1990-94

2 = 1965-69

5 = 1980-84

8 = 1995-99

Kuva 32: Eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun kattopinnoite oli muu kuin maalaamaton tasote (n=951).



0 = 1955-59

1 = 1960-64

2 = 1965-69

3 = 1970-74

4 = 1975-79

5 = 1980-84

6 = 1985-89

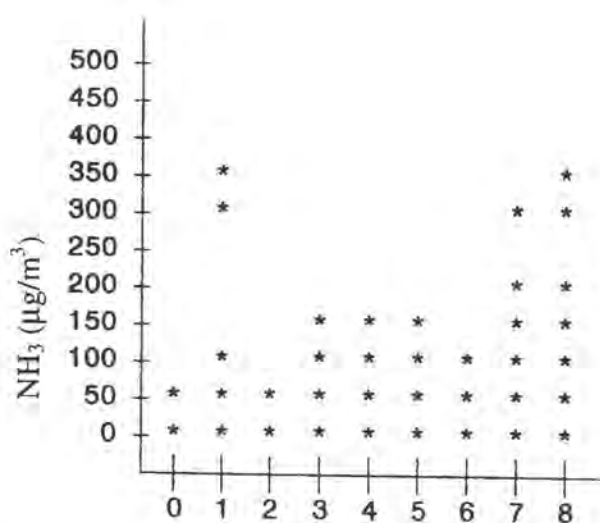
7 = 1990-94

8 = 1995-99

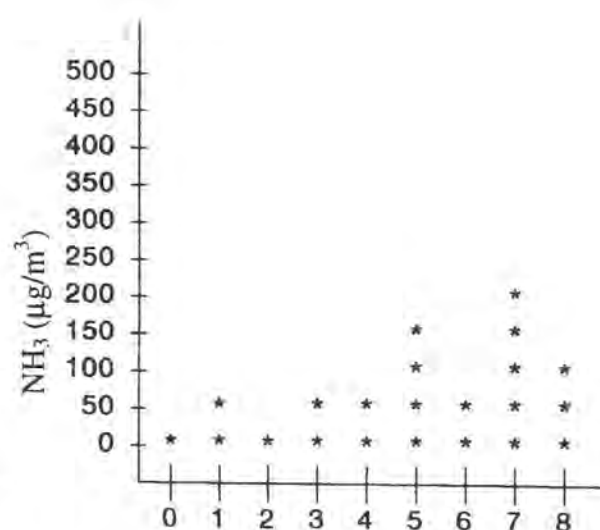
Kuva 33: Eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun lattiapinnoite oli jokin muu kuin muovimatto (n= 207).

Seuraavaksi seurattiin ammoniakkipitoisuuden muuttumista, kun aluksi tarkasteltiin vain asuntoja, joiden lattiapinnoitteena oli muovimatto ja jatkossa tarkasteluun lisättiin muita tekijöitä. Kun lattiapinnoitteena oli muovimatto, havaittiin, että eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa oli nouseva suuntaus kohti uudempia asuntoja maksimiammoniakkipitoisuuden ollessa noin $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 34).

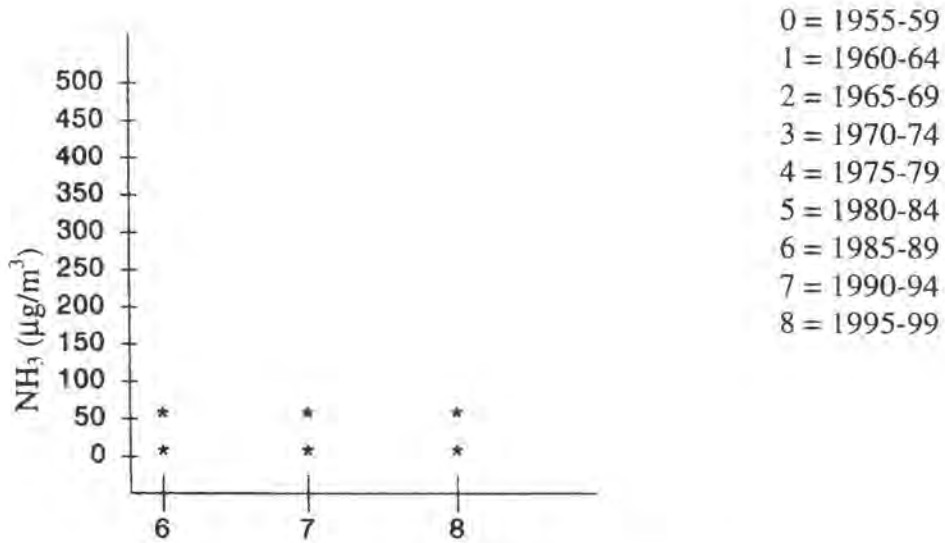
Kun edellistä havaintojoukkoa rajattiin ottamalla mukaan vain kohteet, joissa seinäpinnoitteena oli maali, havaittiin edelleen samansuuntainen suuntaus, mutta ammoniakkipitoisuudet olivat maksimissaan noin $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 35). Rajattaessa havaintojoukkoa vielä kohteisiin, joissa edellisten lisäksi kattopinnoitteena oli maalattu tasoite, eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet laskivat edelleen siten, että uusimpien asuntojen ammoniakkipitoisuudet olivat korkeintaan $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kuva 36).



Kuva 34: Eri viisivuotisjaksoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuudet, kun lattiapinnoite oli muovimatto (n=1401).



Kuva 35: Sama tilanne kuin kuvassa 34, mutta lisäksi seinäpinnoitteena oli maali (n=463).

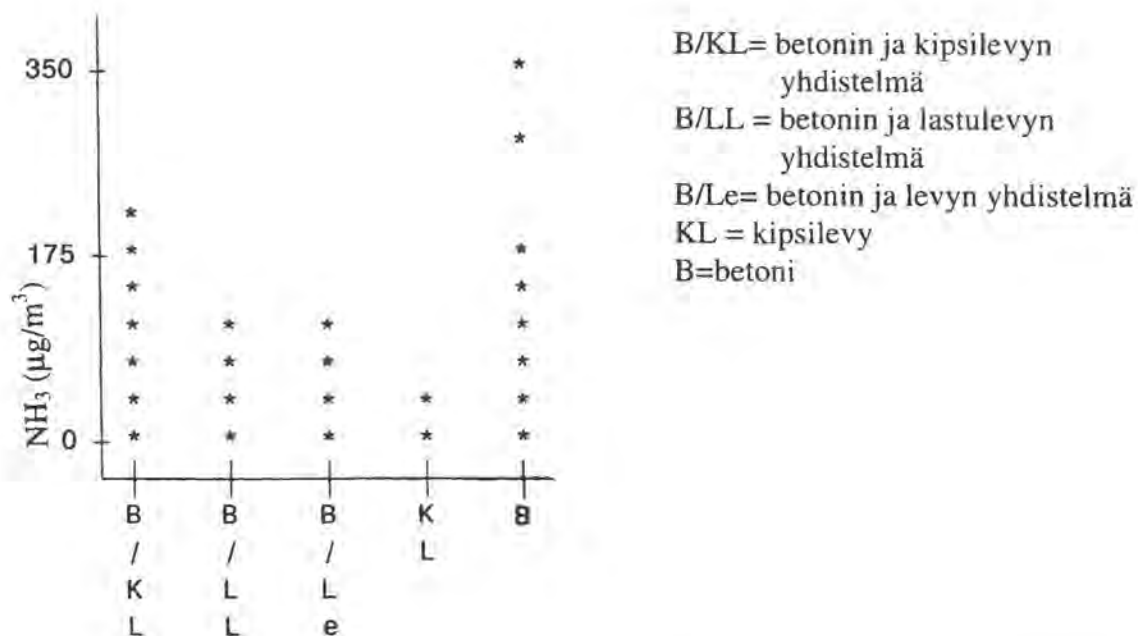


Kuva 36: Sama tilanne kuin kuvassa 35, mutta lisäksi kattopinnoitteena oli maalattu tasoite (n=47).

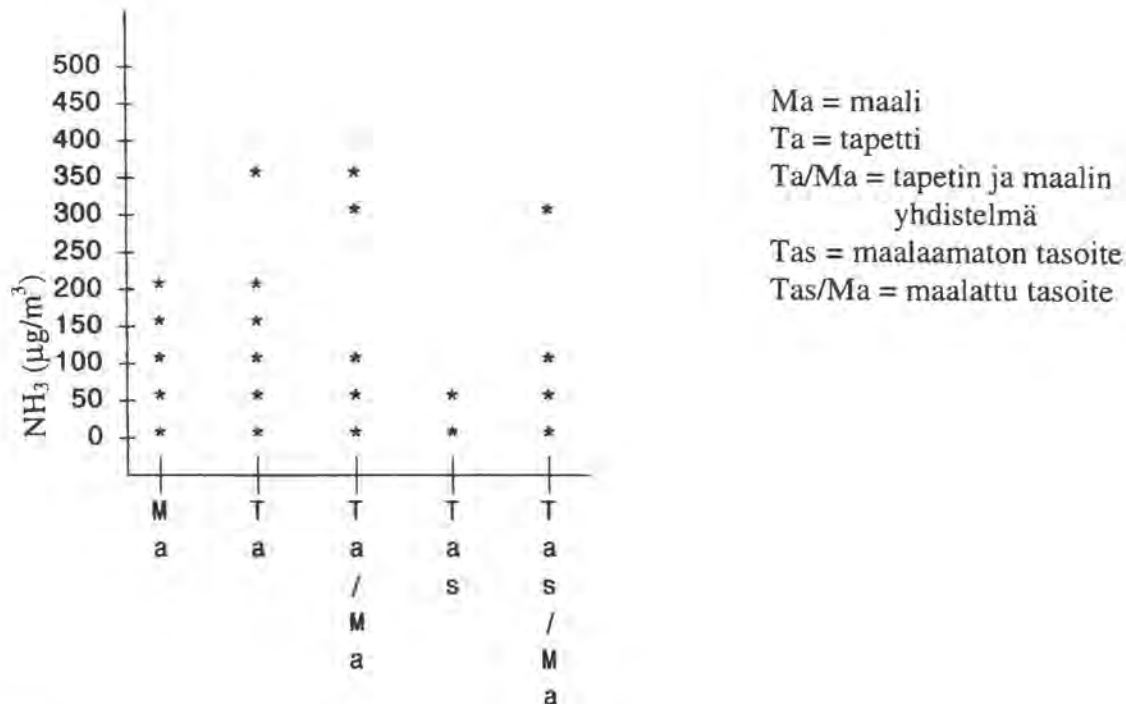
3.2.7. Eri rakenteiden yhteisvaikutukset ammoniakkipitoisuuteen

Tarkasteltaessa eri rakenteiden yhteisvaikutuksia sisäilman ammoniakkipitoisuuteen havaittiin, että vain katto- ja seinärakenteilla oli yhteisvaikutusta. Vaikutus ilmeni silloin, kun kattorakenteena oli betoni, seinärakenteista betonin ja kipsilevyn yhdistelmän (B/KL) ja betonin ja lastulevyn yhdistelmän (B/LL) havaittiin eroavan toisistaan merkittävästi. Näissä tapauksissa ammoniakkipitoisuudet olivat merkittävästi suuremmat ensin mainitun yhdistelmän kohdalla verrattuna jälkimmäiseen yhdistelmään. Muiden seinärakenteiden välillä tilastollisia eroja ei havaittu.

Kun tarkasteltiin ammoniakkipitoisuuksia tapauksissa, joissa kattorakenteena oli betoni, havaittiin, että betoniseinäisten asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa oli suurimpia arvoja (kuva 37). Edellä mainitusta havaintojoukosta poimittiin betoniryhmän tulokset, ja niitä tarkasteltiin eri seinäpinnoitteiden mukaan (kuva 38). Kuvan 38 suurten arvojen (yli $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lähemmässä tarkastelussa havaittiin asunnoissa olevan lattiapinnoitteena muovimatto ja kattopinnoitteena joko maalaamaton tai maalattu tasoite.



Kuva 37: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu seinärakenteen mukaan, kun kattorakenteena oli betoni (n=927).

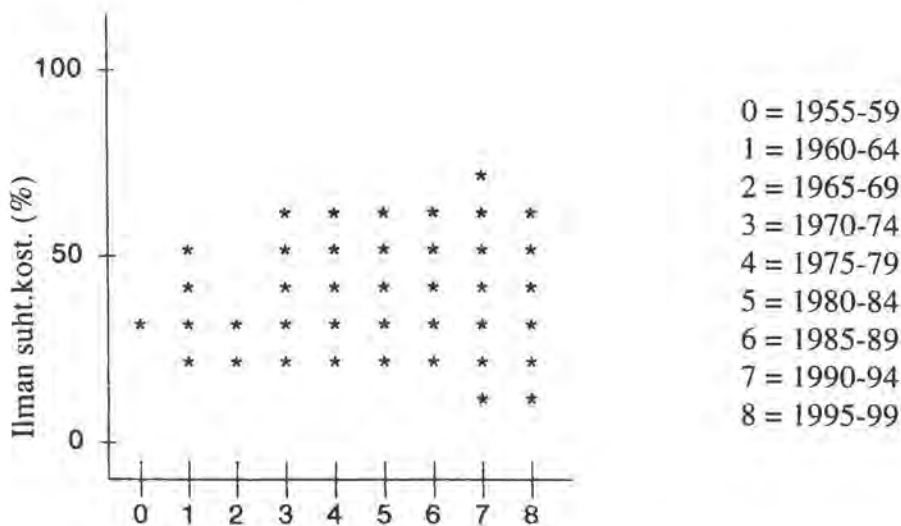


Kuva 38: Ammoniakkipitoisuuden vaihtelu seinäpinnoitteen mukaan, kun sekä seinäettä kattorakenteena oli betoni (n=374).

3.2.8. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja talon valmistumisvuoden yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tarkasteltaessa tilannetta, missä oli samanaikaisesti otettu huomioon sisäilman suhteellinen kosteus ja asuntojen valmistumisvuodet, havaittiin, että jaksolla 1990-94 valmistuneiden asuntojen sisäilman suhteelliset kosteudet olivat suurimmat. Kuvassa 39 on esitetty sisäilman suhteelliset kosteusprosentit asuntojen valmistumisvuoden mukaan, kun lattiapinnoitteena oli muovimatto.

Vuonna 1990-94 valmistuneiden asuntojen katto-seinäpinnoitteiden yhdistelmästä ylivoimaisesti suurin (64 %) oli maalaamaton tasoite kattopinnoitteena ja maali seinäpinnoitteena. Kaikkiaan maalaamaton tasoite kattopinnoitteena em. jaksolla valmistuneista asunnoista oli 88 %:ssa.



Kuva 39: Sisäilman suhteelliset kosteusprosentit valmistumisvuoden mukaan, asunnoissa, joissa lattiapinnoitteena oli muovimatto (n= 711).

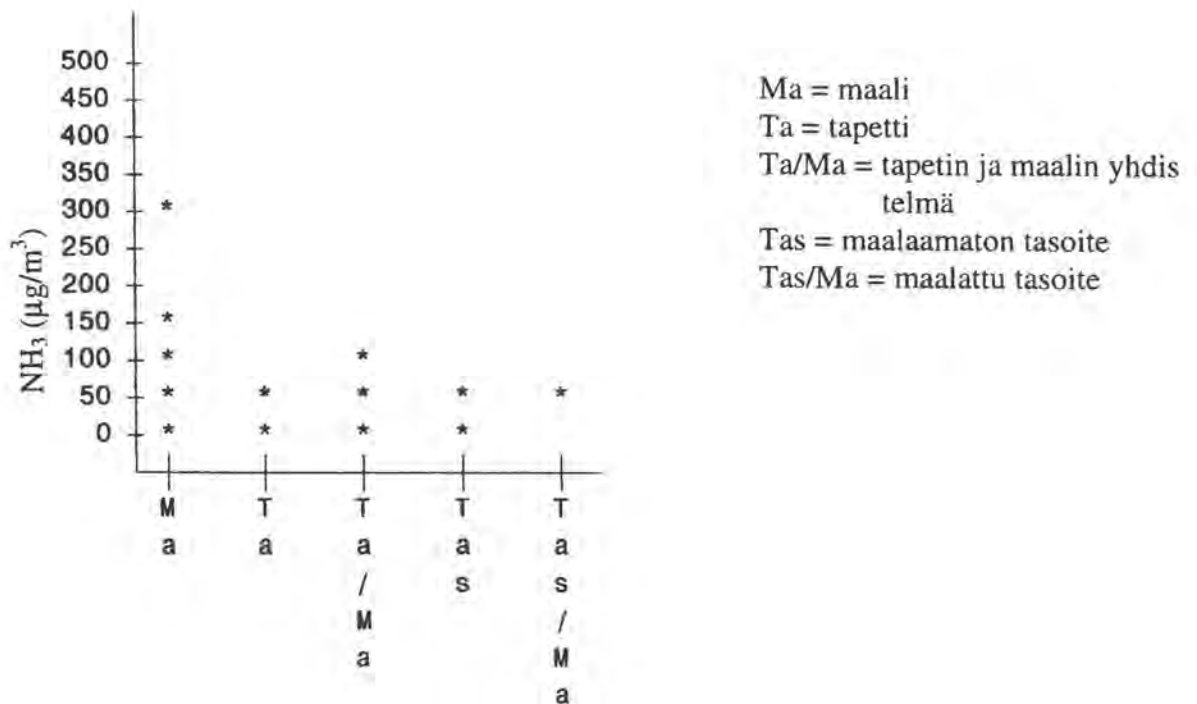
3.2.9. Tupakoinnin ja seinäpinnoitteen yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Tupakoinnin ja seinäpinnoitteen yhteisvaikutusta tutkittaessa käytävissä oli havain-toja vain asunnoista, joissa seinäpinnoitteena oli maali. Näissä tapauksissa ammoniakkipitoisuudet olivat merkittävästi suuremmat niissä asunnoissa, joissa tupakoitiin, kuin niissä, joissa ei tupakoitu sisällä (n=385).

Kattopinnoitteista niin ikään vertailua varten oli riittävästi havaintoaineistoa vain tapauksista, joissa pinnoite oli maalaamaton tasoite. Tuolloin ammoniakkipitoisuudet olivat jälleen merkittävästi suuremmat asunnoissa, joissa tupakoitiin verrattuna niihin, joissa ei tupakoitu (n=367).

3.2.10. Kotieläinten ja eri pintojen yhteisvaikutus ammoniakkipitoisuuteen

Eri pintojen ja kotieläinten suhteen havaittiin yhteisvaikutusta vain kotieläinten ja seinäpinnan välillä. Yhteisvaikutus ilmeni siten, että asunnoissa, joissa oli kotieläin ja seinäpinnoitteena oli maali, ammoniakkipitoisuudet olivat korkeammat kuin muiden seinäpinnoitteiden tapauksissa. (Kuva 40.)



Kuva 40: Ammoniakkipitoisuuksien vaihtelut seinäpinnoitteen mukaan asunnoissa, joissa on kotieläin (n=128).

4. KIRJALLISUUSKATSAUS ULKOMAISIIN TUTKIMUKSIIN

Sisäilman ammoniakkiongelmaan liittyvää ulkomaista kirjallisuutta löytyi suhteellisen vähän. Kirjallisuushaku tehtiin sekä STN:n avulla että normaalia internet-hakua käyttäen. STN (The Scientific and Technical Information Network) on kansainvälinen tieteen ja tekniikan tietopankki. Se sisältää yli 200 tietokantaa, joista suurin tietokanta sisältää 40 miljoonaa dokumenttia.

Eniten löytyi ruotsalaisia tutkimusjulkaisuja. Seuraavassa on esitetty tiivistetyssä muodossa kirjallisuudessa esiintyneitä sisäilman ammoniakkiongelmaa käsitteleviä julkaisuja. Ammoniakianalytiikkaan liittyvää kirjallisuutta ei otettu huomioon lainkaan.

Ruotsalaisessa Internet-julkaisussa kerrotaan huokoisista materiaaleista, jotka ovat tulleet esiin emissio-ongelmien yhteydessä. Huokoinen materiaali adsorboi epäpuhtauksia huokostensa kautta. Tyypiesimerkki on betoni. Kuivassa standardibetonissa materiaalin tilavuudesta noin 16 %:a on ilman täyttämiä huokosia eli kuutiometristä on ilmahuokosia 160 litraa. Koska huokokset ovat hyvin pieniä, huokospinta ja samalla adsorptiopinta on suuri. (Åkerlind 1999.)

Epäpuhtauksia voi kertyä materiaaliin ainakin kahdella mekanismilla, jotka ovat pinta-adsorptio ja materiaalin sisältämään kosteuteen liukeneminen. Esim. mattoliimojen alkaalisen hajoamisen yhteydessä hajoamistuotteet vaeltavat alas betoniin ja varastoituvat betonin huokossysteemiin. Myös tuuletuskanavien epäpuhtaudet voivat samalla tavoin adsorboida kanavapinnoille. (Åkerlind 1999.)

Japanilaiset ovat keksineet patentoidun seinärakenteen, joka vähentää sisäilmassa esiintyviä, haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja muita haitallisia kaasuja. Tuo seinärakenne on monikerroksinen, ja siinä on harmittomia kaasunsitoja-aineita sisältäviä kerroksia. Ne pystyvät sitomaan kemiallisesti haitalliset kaasut sisäilmasta. Rakenne soveltuu ammoniakkin, formaldehydin ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden sitomiseen. Kaasunsitojakerros voi sisältää savimateriaaleja, aromaattisia tai alifaattisia primäärisiä amiineja tai niiden suoloja, piidioksidia, veteen liukenemattomia tetraavalenssisia metallifosfaatteja ja divalenssisten metallien hydroksideja. (Kawaji ym. 1999.)

Ruotsalaisessa julkaisussa on pohdittu, miten ihmiset yrittävät löytää ”sairaita materiaaleja” ja väärin toimivia ilmastointilaitteita etsiessään syytä oireiluilleen. Tavallisimmin syy sille, että materiaalista tulee ”sairas”, on sen altistuminen liian suurelle kosteudelle. (Kumlin ym. 1996.)

Usein unohdetaan se tosiasia, että kaikki rakennukset ovat olleet rakennusvaiheessa enemmän tai vähemmän kosteita. Varsinkin, jos kosteus on liian korkea, se saa aikaan eriaisia ongelmia. Rakenne tehdään usein siten, että rakennekosteus pidemmällä aikavälillä voi kuivua, esimerkiksi välipohjapalkit ja oikein kosteusmitoitettu maanvarainen betonilaatta, jossa on alapuolinen lämmöneristys. Rakennus ei enää välttämättä ole kostea, kun sisäilmaongelma havaitaan, vaan riittää, että rakennus on joskus ollut kostea. Tällainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun havaitaan ammoniakkin värjäämä parkettilattia kaseiinipitoista tasoitetta käytettäessä. (Kumlin ym. 1996.)

Kemialliset emissiot saavat alkunsa kosteudesta ja emäksisyydestä eli kosteasta betonista. Julkaisun kirjoittajien kokemuksen mukaan yksittäisen materiaalin kokonaisemissioilla (TVOC eli haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus) on vähän mielenkiintoa. Sen sijaan tietyillä aineilla tai aineyhdistelmillä on suurempi merkitys. Esimerkkinä ovat mikrobien tuottamat hiilivedyt (MVOC), jotka jo hyvin pieninä pitoisuuksina aiheuttavat sisäilmaongelmia. (Kumlin ym. 1996.)

Ruotsalaisissa rakennuksissa parhaiten tunnettuja kemiallisia rakennusvaurioita ovat kaseiinipitoisen, nestemäisen tasoitteen aiheuttama ongelma ja pehmitinaineiden emissio PVC -matoista käytettäessä liimaa tai ilman sitä. Näissä tapauksissa on kosteustasolla ja alla olevan betonin ja/tai tasoitteen emäksisyydellä ratkaiseva merkitys siinä, vahingoittuuko materiaali vai ei. Mitä suurempia kosteustaso ja pH-arvo ovat, sen suurempi on

riski, että materiaalit vahingoittuvat näiden seurauksena syntyvien emissioiden myötä. (Kumlin ym. 1996.)

Erilaisten kemiallisten vaurioiden tutkimuksen yhteydessä ovat hyvin tavalliseksi ongelmarakenteeksi paljastuneet välipohjapalkit. Niiden kuivuminen on hyvin hidasta, kun päälle laitetaan tiivis päällyste. Toinen ongelmallinen rakenne on maanvarainen betoni-laatta, josta kosteus ei oikeastaan koskaan poistu. (Kumlin ym. 1996.)

Ongelmallista on se, että suurin osa vahingoittuneesta materiaalista peräisin olevista emissioista kulkeutuu alas betoniin. Siitä johtuen betoni saa ikään kuin emissiotartunnan lattiapinnoitteesta. Käytännössä se tarkoittaa, ettei vahingoittuneen lattiapinnoitteen ja tasoitekerroksen tai lattianpäällysrakenteen poistaminen useinkaan riitä. On olemassa riski, että betonissa olevien hajonneiden epäpuhtauksien tulo sisäilmaan jatkuu myös sen jälkeen, kun emissiolähde on poistettu. (Kumlin ym. 1996.)

Skotlantilaisessa tutkimuksessa on mitattu erilaisten asuinhuoneiden ja julkisten rakennusten ammoniakkipitoisuuksia passiivikeräimen avulla. Pitoisuudet yhden asunnon eri huoneissa vaihtelivat 6 - 53 ppb:n eli 5 - 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n välillä. Viiden asunnon olohuoneissa pitoisuudet vaihtelivat 7 - 63 ppb:n eli 5,0 - 44,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:n välillä ja näistä suurimmat pitoisuudet havaittiin tupakoivien asukkaiden huoneissa. Toimistorakennusten osalta havaittiin, että huoneissa, joissa oleskeltiin eniten, oli myös suurimmat ammoniakkipitoisuudet. Tutkimuksessa todettiin, että pitäisi tutkia tarkemmin tekijöitä, jotka kontrolloivat ammoniakkilähteitä ja sink-vaikutuksia (pintoihin imeytyneiden aineiden takaisin vapautuminen), joihin sisältyisi myös tupakan osuus. (Tidy 1993.)

Ruotsalaisessa julkaisussa on selvitetty lattian alla olevan ammoniakkin, tasoitteen sisältämän kaseiinin ja betonilattiarakenteen suhteellisen kosteuden vaikutusta sisäilman amiini- ja ammoniakkipitoisuuteen. Tutkimuksessa käytettiin kolmenlaista tasoitetta : kaseiinipohjaista, tyyppihyväksyttyä ja kaseiinitonta. Betonin suhteellinen kosteus oli joko yli 80 %, 70 - 80 % tai alle 70 % ja ammoniakikonsentraatio vaihteli ollen joko yli 10 ppm, 1 - 5 ppm tai 0 ppm. (Samuelsson ja Bornehag 1993.)

Kaikki tutkimuksessa otetut näytteet sisäilmasta sisälsivät ammoniakkia välillä 0,01 - 0,2 ppm eli 7 - 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Asunnoissa, joissa oli kostea lattiarakenne (yli 80 % RH) ja korkea ammoniakkipitoisuus lattiapinnan alla (≥ 10 ppm eli ≥ 7640 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), ammoniakkipitoisuus sisäilmassa oli 0,04 - 0,2 ppm eli 28 - 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Samuelsson ja Bornehag 1993.)

Huoneistoissa, joissa oli kuiva lattiarakenne (< 70 % RH) tai suhteellinen kosteus oli välillä 70 - 80 % RH ja lattiapinnan alla ammoniakkipitoisuus oli alhainen tai nolla, sisäilman ammoniakkipitoisuus oli 0,01 - 0,05 ppm eli 7 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tämä osoittaa, että sisäilman ammoniakkin taustapitoisuus on 0,01 - 0,05 ppm eli 7 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ riippumatta lattiapinnan alla olevasta ammoniakikonsentraatiosta. (Samuelsson ja Bornehag 1993.)

Ruotsalaisen julkaisun (Bornehag 1991) mukaan Ruotsissa on käytetty vuosina 1977 - 83 proteiinipitoista, itsestään tasoittuvaa tasoiteainetta. Tutkimuksissa oli havaittu, että nuo kaseiinia sisältävät, itsestään tasoittuvat tasoitteet vapauttavat ammoniakia altistuessaan pitkän ajan kuluessa liialliselle kosteudelle, yli 75 - 85 % RH. Kohonnut

ammoniakkikonsentraatio (>5 ppm eli yli 3,53 mg/m³) lattiapinnan alla osoittaa proteiinin hajonneen. Ammoniakki ilmenee parketin värjäytymisenä ja hajuna. Korjauskeino on käytetty pilaantuneen tasoiteaineen kuorimista pois ja korvaamista kaseiinittomalla tasoitteella. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että jos lattia/sisäkattorakenne jää kosteaksi (suhteellinen kosteus ylittää 80 - 85 % RH), kohonneita ammoniakkipitoisuuksia esiintyy silti edelleen lattiapinnan alla. Alkuperäisestä tasoitteesta peräisin oleva ammoniakki diffusoituu alas betoniin ja jälkeen päin diffusoituu ylös uuden, itsestään tasoittuvan tasoitekerroksen läpi kohottaen pitoisuuksia lattiapinnan alla. (Bornehag 1991.)

Puolassa on kehitetty ja patentoitu tiettyihin laasteihin käytettävä lisäaine. Tämä lisäaine sisältää rasvahappoja, kaseiinia, ammoniakkipitoista vettä. Tuote on vesiliukoinen ja sitä voidaan helposti lisätä laastin sekaan vahvistamaan sitä, antamaan sille veden ja jääty-
misen kestävyyttä ja lisäämään materiaalien sisäistä koheesiota. (Rydz ja Turowski 1989.)

Ruotsalaisessa julkaisussa on kerrottu, että epäpuhtaiden rakennusmateriaalien, etenkin itsestään tasoittuvan lattiatasoitteen, käyttö on johtanut erilaisiin rakennusvirheisiin. On havaittu kupruja matoissa, tummia läikkiä epätasaisesti levittyneenä lattiapinnan yli ja erittäin epämiellyttävän hajun kehittymien. Vaurioit olivat tavallisesti syntyneet tai lisääntyneet, kun lattian kosteustaso oli ollut korkea. Tutkijoiden aikaisempi havainto oli ollut, että nämä vauriot johtuivat emästä sietävän (alkali-tolerantin) Clostridium-bakteerin kasvamisesta. Kaasukromatografisissa tutkimuksissa ilmanäytteissä oli havaittu trietyyliamiinia, pyrrolidiinia, di-isobutyliamiinia, 2-etyyliheksyyli-amiinia ja n-oktyyliamiinia. Monoamiinien yhteydessä oli havaittu myös ammoniakkaa. Havaittujen amiinien pitoisuudet olivat olleet alle virallisten raja-arvojen. (Karlsson ym. 1989.)

5. TIEDUSTELUT EUROCITEISTÄ

Euroopan unionin alueella toimii jäsenmaiden suurkaupungeista koostuva järjestö nimeltä Eurocities. Järjestöön päästäkseen kaupungin täytyy olla kansainvälisesti ja seudullisesti merkittävä, demokraattisesti johdettu ja yli 250 000 asukkaan kokoinen. Järjestön tavoitteena on edistää monipuolisesti jäsenmaiden välistä yhteistyötä eri osa-alueilla.

Tämän tutkimuksen yhteydessä lähetettiin tiedustelut muutamiin Eurociteihin, jotta saatiin tietoa mahdollisesta ammoniakkiongelmasta Suomen ulkopuolella. Tiedustelut lähetettiin kunkin kohteen Eurocities-koordinaattorille, jonka kautta saatiin yhteys kaupungin ympäristöhallinnon johtajaan tai kaupunginjohtajaan.

Tiedusteluissa kysyttiin, onko maassa sisäilman ammoniakkiongelmaa, tehdäänkö ammoniakkimittauksia asunnoissa, millä tasolla pitoisuudet ovat ja olisiko heillä mahdollisesti selitystä esiintyvälle ammoniakkipitoisuuksille. Lisäksi tiedusteltiin, oliko tullut esiin joitakin rakennusmateriaaleja, jotka aiheuttaisivat ammoniakkiongelmaa. Vastaukset tiedusteluihin saatiin Tukholmasta, Göteborgista, Kööpenhaminasta, Wienistä ja Münchenistä. Eurocities-järjestön ulkopuolisena kohteena mukana oli myös Oslo.

5.1. Tukholma ja Göteborg

Tukholmasta kerrottiin, että Ruotsissa ammoniakkiongelmaa on tutkittu vain rajoittuen itsestään tasoittuviin, kaseiinipohjaisiin tasoitteisiin. Tukholmasta viitattiin tämän tutkimuksen kirjallisuusosassa esiteltyyn Samuelssonin ja Bornehagin kirjoittamaan julkaisuun. Julkaisussa todetaan muun muassa, että sisäilman ammoniakkin taustapitoisuus on 0,01 - 0,05 ppm eli 7 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ riippumatta lattiapinnan alla olevasta ammoniakkipitoisuudesta.

Göteborgista vastattiin, ettei siellä tehdä yleisiä sisäilman ammoniakkimittauksia, koska Ruotsin viranomaiset eivät suosittele niitä tulosten ja ammoniakkin terveysvaikutusten vaikean arvioitavuuden vuoksi.

5.2. Kööpenhamina

Kööpenhaminasta ilmoitettiin, ettei siellä mitata sisäilman ammoniakkipitoisuuksia. Siellä ammoniakkia ei ole koettu sisäilman pilaajaksi ollenkaan.

5.3. Oslo

Oslostasta vastattiin, ettei Norjassa ole onnettomuuksia lukuun ottamatta sisäilman ammoniakkiongelmaa, eikä mittauksia näin ollen tehdä. Sieltä kerrottiin, että Norjassa on käytössä joitakin tiskiaineita ja vessojen siivoussuihkeita, jotka sisältävät pieniä määriä ammoniakkia. Ihmiset, jotka ovat yliherkkiä kemikaaleille ja hajuille, reagoivat niihin, mutta mitään altistustasomittauksia ei ole tehty.

Oslon vastauksessa kuitenkin mainittiin mahdollisia tapauksia, joissa kosteusvaurioituneiden, itsestään tasoittuvien tasoitteiden ja liimojen proteiinien hajotessa olisi muodostunut ammoniakkia tai amiineja. Lisäksi mainittiin tapaukset, joissa ammoniakki oli peräisin viallisista jääkaapeista.

5.4. Wien

Wienistä vastattiin, ettei siellä vielä tutkita ammoniakkia sisäilman epäpuhtautena. Rakennusmateriaaleja ja sisustuskalusteita tutkiva työryhmä ei ole siellä havainnut mitään aihetta ammoniakkipitoisuusmittauksiin. Wienissä on tullut esiin vain taitamattomasta kemikaalien käsittelystä tai ammoniakkia sisältävistä jäähdytyslaitteista johtuvia sisäilman ammoniakkiongelmia.

5.5. München

Münchenistä tullessa vastauksessa kerrottiin, ettei siellä tutkita sisäilman ammoniakkia, eikä ammoniakista ole myöskään havaittu olevan ongelmaa. Yksittäinen tapaus oli ollut, kun teollisuuslaitoksen jäähdytysjärjestelmä oli vuotanut ja vaikutus oli ulottunut naapuristoon. Ammoniakkia ei ole niin ikään ollut aiheena Saksan viimeaikaisissa sisäilmaongelmia käsittelevissä konferensseissa.

6. LOPPUPÄÄTELMÄT

Jotta ammoniakkimittaukset antaisivat oikeanlaista informaatiota ja olisivat keskenään vertailukelpoisia, tulisi mittaukset tehdä vasta sen jälkeen, kun ilmanvaihtoa koskevat ongelmat on korjattu.

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset eivät ole yleistettävissä koko suomalaiseen asuntokantaan, koska aineisto pääosin koostuu asunnoista, joissa on epäilty sisäilmaongelmia.

Tutkimuksen aineistossa tyypillinen asuinhuoneisto, jossa ammoniakkiongelmia oli epäilty, oli talotyyppiltään kerrostalo, jossa ilmanvaihtojärjestelmänä oli koneellinen poistoilmanvaihto, ja lattia-, sisäseinä- ja -kattorakenteina oli betoni. Asunnon lattiapinnoitteena oli muovimatto, seinäpinnoitteena maali ja kattopinnoitteena maalaamaton tasoite.

Aineistosta 60 % koostui 1990-luvulla valmistuneista asunnoista siten, että 34 % oli vuosina 1990-94 ja loput 26 % vuosina 1995-99 valmistuneita asuntoja. Materiaalipäästöjen aiheuttamat sisäilmaongelmat näyttävät keskittyvän uusiin asuntoihin.

Asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa havaittiin nouseva suuntaus kohti uusimpia asuntoja, kun kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite.

Maalaamaton tasoite kattopinnoitteena oli myös ratkaisevana tekijänä eri ilmanvaihtojärjestelmien yhteydessä esiintyviin ammoniakkipitoisuuseroihin. Lisäksi kattopinnoitteista ainoastaan maalaamattoman tasoitteen tapauksessa havaittiin merkitseviä eroja eri viisivuotiskauskoilla valmistuneiden asuntojen ammoniakkipitoisuuksissa.

Eri seinäpinnoitteiden välillä havaittiin eroja, kun lattiapinnoitteena oli muovimatto, mutta lattiapinnoitteen ollessa mikä tahansa muu, seinäpinnoitteiden välillä ei ollut eroja.

Tarkasteltaessa sisäilman ammoniakkipitoisuuksia lattiapinnoitteiden suhteen havaittiin muovimaton ja parketin välillä merkitsevä ero, kun seinäpinnoitteena oli maali. Kun seinäpinnoitteena oli joko tapetti tai tapetin ja maalin yhdistelmä, minkään lattiapinnoitteen välillä ei havaittu tilastollisia eroja.

Kun seinäpinnoitteena oli maali ja kattopinnoitteena maalattu tasoite, uusimmissa asunnoissa, joissa lattiapinnoitteena oli muovimatto, ammoniakkipitoisuudet olivat maksimissaan $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suuria ammoniakkipitoisuuksia (yli $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) esiintyi eniten asunnoissa, joissa kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite ja seinäpinnoitteena oli maali tai asunnoissa, joissa kattopinnoitteena oli maalaamaton tasoite ja lattiapinnoitteena oli muovimatto. Jos asunnossa oli samanaikaisesti muovimatto lattiapinnoitteena ja maalaamaton tasoite kattopinnoitteena, ammoniakkipitoisuudet olivat korkeat.

Rakenteiden yhteisvaikutuksista havaittiin, että sekä katto- että seinärakenteen ollessa betonia yli $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olevia ammoniakkipitoisuuksia esiintyi asunnoissa, joissa lattianpinnoitteena oli muovimatto ja kattopinnoitteena joko maalattu tai maalaamaton tasoite.

Vuosina 1990-94 valmistuneissa asunnoissa olivat suurimmat sisäilman suhteelliset kosteusprosentit. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja ammoniakkipitoisuuden välillä havaittiin positiivinen korrelaatio ($r=0,39$; $p=0,0050$), kun seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite.

Huoneen lämpötilan ja ammoniakkipitoisuuden välillä havaittiin niin ikään positiivinen korrelaatio ($r=0,25$; $p=0,0316$), kun seinäpinnoitteena oli maalaamaton tasoite. Korrelaatio havaittiin myös seinäpinnoitteen ollessa maali ($r=0,17$; $p=0,0001$).

Tupakoinnin ja pintamateriaalien välillä ei havaittu yhteisvaikutusta. Tupakointi yksistään aiheutti ammoniakkipitoisuuden kohoamisen. Sisällä tupakoivien asunnoissa havaittiin yli kaksi ja puoli kertaa suurempia sisäilman ammoniakkipitoisuuksia verrattuna asuntoihin, joissa ei tupakoitu.

Kotieläimet aiheuttivat noin puolitoista kertaa suurempia ammoniakkipitoisuuksia verrattuna asuntoihin, joissa kotieläimiä ei ollut. Eläinten lukumäärän ei havaittu kohottavan sisäilman ammoniakkipitoisuutta, kun kotieläimenä oli kissa tai koira. Muista eläimistä havaintoaineistoa ei ollut riittävästi testausta varten.

Asuntojen pintamateriaalien frekvenssejä (kuinka paljon kutakin materiaalia eri kohteissa) tarkasteltaessa havaittiin, että tapauksissa, joissa ammoniakkipitoisuus oli yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muovimatto oli lattianpinnoitteena 91 %:ssa ja maalaamaton tasoite kattopinnoitteena 78 %:ssa vuosina 1980-99 valmistuneista asunnoista.

Tässä tutkimuksessa ei tutkittu asukkaiden oireiden mahdollista lisääntymistä ammoniakkipitoisuuden kasvaessa, joten sosiaali- ja terveysministeriön asettamaan ohjearvoon, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ei voitu ottaa kantaa. Toisaalta tarkasteltaessa tämän, pääasiassa ongelmatapauksista koostuvan, aineiston jakaumaa todettiin, että lähes 70 % mittaustuloksista oli enimmillään $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lisäksi ottaen huomioon ammoniakkimääritysmenetelmän suuret virhemarginaalit etenkin pienissä pitoisuuksissa (5-30 %, kun ammoniakkipitoisuus $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ohjearvoa ei ainakaan tämän tutkimuksen pohjalta ole syytä muuttaa.

Tutkimuksen pohjalta olisi suositeltavaa, että suomalaisessa rakentamisessa harkittaisiin uudelleen aikatauluja siten, että rakenteiden annettaisiin kuivua paremmin ennen niiden pinnoittamista. Tutkimuksessa havaittiin selkeästi tiettyjen materiaalien käytön yhteydessä, että ammoniakkipitoisuus on asunnoissa vain lisääntynyt 1990-luvulla. Samaan aikaan ovat myös rakentamisen aikataulut kiristyneet. Sen lisäksi rakenteita ei rakennusvaiheessa suojata riittävästi sään aiheuttamalta kosteusrasitukselta.

Kosteuden hallintaan rakentamisvaiheessa tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Rakennuttajien olisi syytä vaatia esimerkiksi betonin kosteuden asianmukaista mittaamista lattianpäällystysvaiheessa. Lisäksi olisi syytä tarkistaa, ovatko nykyiset betonin rakennuskosteudelle annetut ohjearvot riittäviä varmistamaan, ettei pinnoitteiden alla pääse

tapahtumaan kosteudesta aiheutuva, mahdollisesti sisäilman ammoniakkipitoisuutta lisäävää materiaalien hajoamista.

LÄHDELUETTELO

- Aurola, R ja Välikylä, T (toim.). Asumisterveysopas. Pori. Vammalan kirjapaino Oy. 1997. 142 s. ISBN 952-9637-10-1.
- Bornehag, C-G. Indoor climate in Dalen. Physical measurements in 90 flats at Enskededalen, Stockholm. Stockholm: Byggnadsforskningens radet (BFR). 1991. 54 p. 1 p. refs. figs. tabs. ISBN 91-540-5370-6.
- Karlsson, S, Banhidi, Z.G, Albertsson, A.- C. Gas chromatographic detection of volatile amines found in indoor air due to putrefactive degradation of casein-containing building materials. Mater. Struct. v 22. n 129. May 1989. p. 163 - 169.
- Kawaji, T, Hori, O, et al. Interior wall structure for decreasing volatile organic compounds, Jpn. Kokai Tokkyo Koho, 4 pp. 1999. CODEN JKXXAF.
- Korhonen, M. SAS jatkokurssi. Tilastollinen analyysi. Helsingin yliopiston atk-keskuksen oppaat-Guides of Computing Centre. No 26. 1995.
- Kumlin, A, et al. 1996.
http://www.indoorair.se/kunskaps_torget/fuktiga_byggnader/index.html
- Mauranen, K, Puntila, E. Biostatistiikka. Kuopion yliopisto. 1995.
http://www.uku.fi/~mauranen/bis/bis1toc_.html
- Niiranen, J. Sisäilman laatu ja asukkaiden oireet nuorissa asunnoissa. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 11/1999. Helsinki. 21 s. ISSN 1235-9718. ISBN 951-718-380-1.
- Nummenmaa, T ym. Tutkimusaineiston analyysi. 1. painos. WSOY. Porvoo. 1997. 397 s. ISBN 951-0-21369-1.
- Rydz, Z, Turowski, R. Strengthening and hydrophobizing additive to building materials in particular plasters and grouts. Pol. 2 pp. 1989. CODEN POXXA7. Patent.
- Saarela, K. Rakennusmateriaalien orgaaniset päästöt ja niiden vähentäminen. Ympäristöministeriö. Kaavoitus- ja rakennusosasto. Selvitys 3/1992. 68 s. ISSN 0786-5228. ISBN 951-37-0909-4.
- Tidy, G, Cape, J. N. Atmospheric Environment, Part A: General Topics v 27A. n 14 Oct 1993. p 2235 - 2237. CODEN AEATEN. ISSN 0960-1686.
- Tuomainen, M, Forss, P ja Juvonen, P. Hengityssairas ja kodin sisäilma. Keuhkovammaliiton julkaisuja 4/1999. 68 s. ISBN 951-97457-5-0.
- Viljanen, M, Kettunen, A-V, Makkonen, M, Kangas, R ja Järnefelt, P. Rakennusratkaisut ja sisäilman laatu. 1990-Luvun asuinkerrostalotutkimus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 11/1998. Helsinki. 59 s. ISSN 1235-9718. ISBN 951-718-176-0.

Wallström, M, Puttonen, J ja Airo, J. Huoneilman ammoniakki. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 7/1996. Helsinki. 33 s. ISSN 1235-9718. ISBN 951-772-875-1.

Åkerlind, L-O, http://www.indoorair.se/kunskaps_torget/zink_effekt/index.html



Kuntien ja kuntayhtymien terveydensuojeluviranomaisille

VALTAKUNNALLINEN ASUNTOJEN SISÄILMAN AMMONIAKKITUTKIMUS

Esikysely

Kunta/kuntayhtymä _____
Kuntakoodi _____
Yhteyshenkilö _____ puh. _____
Sähköposti _____ fax. _____

1. Onko kunnassa tehty asuntojen sisäilman ammoniakki-ongelmaan liittyviä ammoniakkipitoisuusmittauksia?

Kyllä

Ei

2. Minä vuosina mittaukset on tehty? _____

3. Kuinka monessa asunnossa mittauksia on tehty? _____

4. Tulokset on saatavissa

Paperilla

Sähköisessä muodossa

5. Onko kunnassa tehty ammoniakkimittausten yhteydessä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) mittauksia?

Kyllä

Ei

6. Onko mittausten yhteydessä selvitetty asukkaiden oireilua?

Kyllä

Ei

LIITE 2

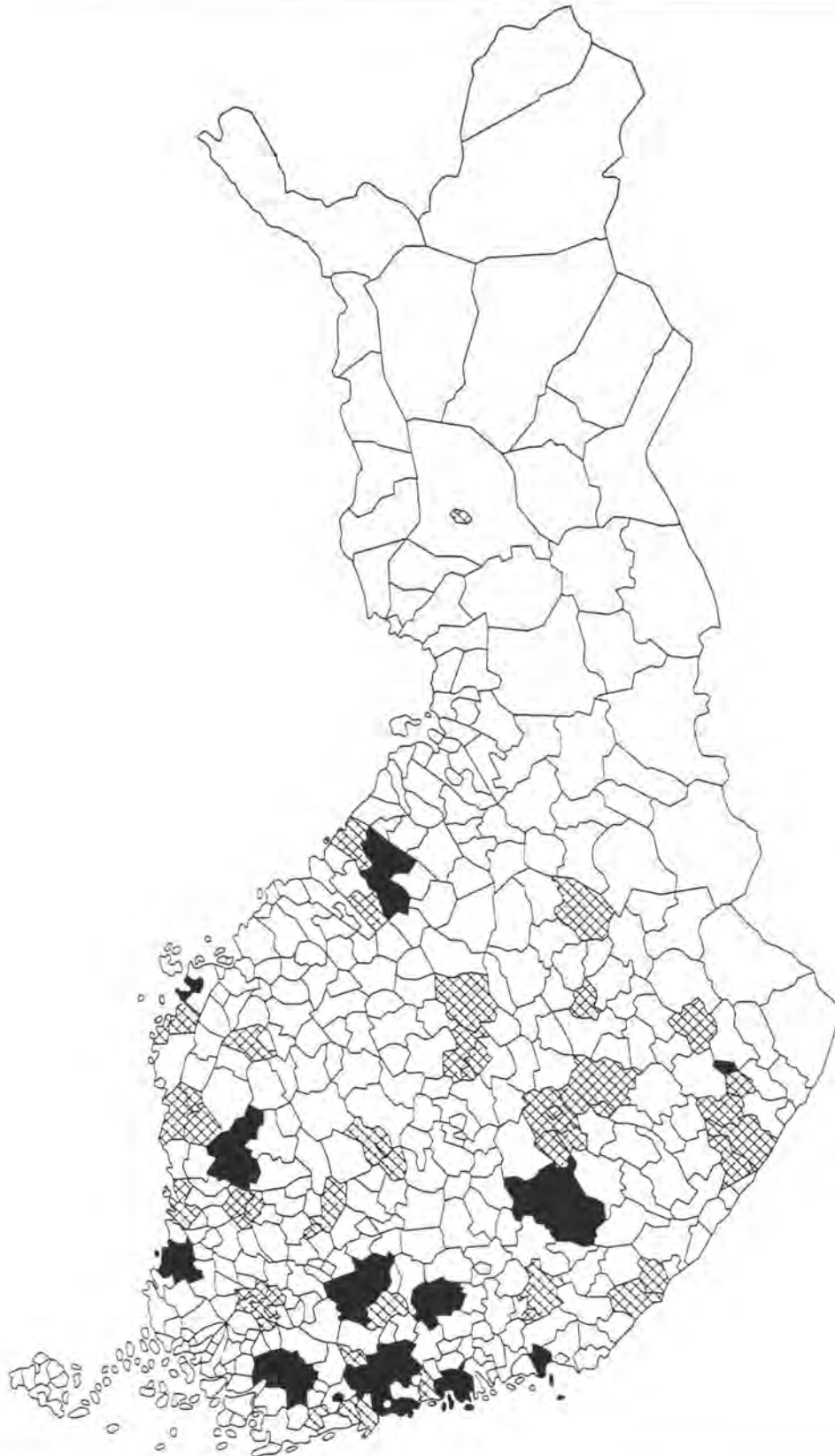
Kunnat, joissa tutkimuksen mukaan ammoniakkitutkimuksia on tehty:

Espoo	Mikkelin seudun ktt ky
Helsinki	Mäntän seudun ktt ky
Hyvinkää	Nurmijärvi
Hämeenlinnan seudun ktt ky	Pieksämäen seudun th ky
Ilmajoki	Pirkkala
Janakkala	Polvijärvi
Joensuu	Pori
Joutseno	Porvoo
Järvenpää	Pyhäselkä
Kalajoki	Rauman ktt ky
Kankaanpään ktt ky	Rovaniemi
Karjaa	Salon seudun ktt ky
Karkkila	Siilinjärvi
Keski-Karjalan ktt ky	Sipoo
Kiikoisten, Lavian ja Suodenniemen ktt ky	Sonkajärvi
Kirkkonummen ja Siuntion ktt ky	Tampere
Kotka	Tiirismaan ktt ky
Kouvolan-Valkealan ktt ky	Toholampi
Kristiinanseudun ktt ky	Tuusula
Lahti	Vaasa
Lappeenranta	Varkaus
Leppävirta	Vieskan thky
Lohja	Vihti
Loimaan seudun ktt ky	Viitasaari
Maalahden-Korsnäsin ky	Ääneseudun th ky

Tutkimuksessa mukana olleet kunnat:

Espoo	Mikkelin seudun ktt ky
Helsinki	Nurmijärvi
Hyvinkää	Porvoo
Hämeenlinnan seudun ktt ky	Rauman ktt ky
Joensuu	Salon seudun ktt ky
Järvenpää	Tiirismaan ktt ky
Kankaanpään ktt ky	Tuusula
Kotka	Vaasa
Lahti	Vieskan th ky
Lohja	Vihti

	1. mittaus	2. mittaus	3. mittaus	4. mittaus
Perustiedot				
Kunta				
Kohde (osoite)				
Rakennusvuosi				
Talotyyppi				
Huoneiston kokonaispinta-ala (m2)				
Näytteenottopäivä				
Huone				
Ilmanvaihtosysteemi				
Materiaalitiedot				
Lattiarakenne				
Lattiapintamateriaali				
Seinärakenne				
Seinäpintamateriaali				
Sisäkattorakenne				
Sisäkaton pintamateriaali				
Mittaustiedot				
NH3 (ug/m3)				
Huoneen suhteellinen kosteus (%)				
Huoneen lämpötila mittaushetkellä (C)				
Määrittymenetelmä				
Laboratorio, jossa määrittys tehty				
Miksi NH3-pitoisuus on mitattu				
Ammoniakkimittaus tehty ennen/ jälkeen korjausremonttia vai sen aikana (E/J/A)				
Muita tietoja				
Tupakoidaanko asunnossa sisällä				
Onko kotieläimiä, mitä?				
VOC -mittaus tehty (K/E)				
Tutkimustodistus liitteeksi				
Korjausremontit (mitä tehty, minä vuonna ammoniakkipitoisuuden vähentämiseksi)				

**AMMONIAKKIMITTAUKSET KUNNITTAIN**

- Mukana tässä tutkimuksessa
- ▨ Tehty ammoniakkitutkimuksia
- Ei tehty ammoniakkitutkimuksia

KUVAILULEHTI/ PRESENTATIONSBLAD/ DOCUMENTATION PAGE

Tekijä(t)/Författare/Author(s)

Kaisa Hiltunen

Nimike/Publikation/Title of publication

*Sisäilman ammoniakki suomalaisissa asunnoissa
Ammoniak i inomhusluften i bostäder i Finland*

Julkaisija/Utgivare/Published by

*Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsingfors stads miljöcentral
City of Helsinki, Environment Centre*

Julkaisu-aika/Utgivningsår/Publication year

2000

Sivumäärä/Sidantal/Pages

50

Liitteet/Bilagor/Appendices

4

Sarjan nimike/Seriens namn/Series (key title)

*Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja
Helsingfors stads miljöcentralers publikationer
Publications by City of Helsinki Environment Centre*

Numero/Nummer/No.

2/2000

ISSN

1235-9718

ISBN

951-718-415-8

Kieli/Språk/Language

Koko teos/Hela verket/The work in full

fin

Yhteenveto/Sammandrag/Summary

fin, swe

Taulukot/Tabeller/Tables

fin

Kuvatestit/Bildtexter/Captions

fin

Avainsanat/Nyckelord/Keywords

*asunnot, sisäilma, ammoniakki, rakennusmateriaalit, tupakointi, kotieläimet
bostäder, inomhusluft, ammoniak, byggmaterial, rökning, sällskapsdjur*

Lisätietoja/Närmare upplysningar/Further information

*Markku Viinikka, puh./tfn/Tel. +358-9-7312 2756, +358 50 599 4916,
e-mail markku.viinikka@ymk.hel.fi**Jukka Puttonen, puh./tfn/Tel. +358-9-7312 2773, e-mail jukka.puttonen@ymk.hel.fi
Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Helsinginkatu 24, 00530 Helsinki*

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1998

1. *Pakkala T, Tiainen J, Pitkänen M. Helsingin lintuatlas. Pesimälinnusto 1996 - 97*
2. *Vuori T (toim.) Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 1998*
3. *Mikkola-Roos M, Oesch T. Viikki-Vanhankaupunginlahti. Ekologinen tila, kunnostus- ja hoitosuunnitelma*
4. *Pesonen L (toim.) Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1997*
5. *Pönkä A, Saari S, Hämäläinen M-R, Janatuinen P, Mattila K, Holopainen M. Kaupunkilaisten näkemys ympäristöterveydenhuollon merkityksestä ja järjestämisestä Helsingissä*
6. *Ruth O. Mätäjäjoki - nimeään parempi. Kaupunkipuron virtaama, aineskuljetus ja veden laatu sekä valuma-alueen virkistyskäyttö*
7. *Ketola T. Veden laatu ja ainekuljetus Mellunkylänpurossa, Itä-Helsingissä*
8. *Levonen L, Kurtti A, Seimola T. Helsingiläisten Harakka*
9. *Partanen T, Ahonen S, Aminoff I, Huglund B, Jämsen P, Siltanen I, Weber T, Pönkä A. Päiväkoti-ikäisten lasten ravinnonsaanti päiväkodissa ja kotona*
10. *Pyy V, Lyly O. PCB elementtitalojen saumaussmassoissa ja pihojen maaperässä*
11. *Viljanen M, Kettunen A-V, Makkonen M, Kangas R, Järnefelt P. Rakenneratkaisut ja sisäilman laatu. 1990-luvun asuinkerrostalonakimukset*
12. *Pellikka K, Viljamaa H. Eläinplankton Helsingin merialueella 1969 - 1996*
13. *Pönkä A, Pitkälä A, Aminoff I, Kalso S. Jauheliinan laatu helsinkiläisissä vähittäismyymälöissä*
14. *Kuhmonen A, Aminoff I, Pitkälä A, Raussi V, Niiranen M. Silakkajalosteet Helsingin Silakkamarkkinoilla 1986 - 1997*
15. *Pyrylä R. Saastuneen maa-alueen kunnostuskustannukset*
16. *Koskimies P. Östersundomin lintuvesien linnusto ja suojele*
17. *Koskimies P. Östersundomin lintuvesien käyttö- ja hoitosuunnitelma*

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1999

1. *Pönkä A, Pitkälä A, Kalso S, Niiranen M. Savusilakan ja savusiian mikrobiologinen ja aistinvarainen laatu Helsingissä vuosina 1995 - 1998*
2. *Lyly O. Sisäilman VOC-arvot. Ehdotus sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden viitearvoiksi*
3. *Korpinen P, Silfverberg K. The State of the Environment in Helsinki. Summary Report*
4. *Haapunen E. Menneisyyden Helsingin eläimet. Pääkaupungin nisäkkäät, matelijat ja sammakkoeläimet arkistolähteissä vuosina 1850 - 1980*
5. *Lehtimäki M. Internet osallistumisen välineenä. Helsingin paikallisagenda 21-prosessin Internet-osallistumisen analyysi*
6. *Jalonen P (toim.) Helsingin kaupungin ympäristöohjelma 1999 - 2002*
7. *Jalonen P (red.) Helsingfors stads miljöprogram 1999 - 2002*
8. *Pietilä H. Helsingin eläinatlasi. Nisäkkäät, matelijat ja sammakkoeläimet*
9. *Piilo T. Pohjaveden pilaantumiskäsit Helsingissä. Vuosaaren, Kallahden, Tattariharjun ja Vartiokylänlahden pohjavesialueet*
10. *Ranta E-L. Helsingin viljelyspalsta-alueiden raskasmetallipitoisuudet*
11. *Niiranen J. Sisäilman laatu ja asukkaiden oireet nuorissa asunnoissa*
12. *Pönkä A, Lindström P-C, Pitkälä A, Kalso S, Rantti P, Tarkkonen T. Pintahygieniatutkimusmenetelmien soveltuvuus elintarvikehuoneistojen seurantaan*
13. *Suominen P, Rantti P, Blomqvist R, Aronen K, Pitkälä A, Pönkä A. Helsingin tarjoilukioskeissa ja katukeittiöissä tarjottavien ruokien mikrobiologinen laatu sekä hygieeniset olosuhteet vuonna 1998*
14. *Tikkanen P, Savola T, Pönkä A. Biogeeniset amiinit tonnikalassa ja soijakastikkeissa*
15. *Salla A. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet Helsingissä. Eräiden alkuaineiden ja orgaanisten yhdisteryhmien luontaisten ja ilmaperäisten pitoisuuksien summat Helsingin maaperän pintakerroksissa*

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 2000

1. *Kemikaalionnettomuustyöryhmä. Vaarallisten aineiden onnettomuuksiin varautuminen*
2. *Hiltunen K. Sisäilman ammoniakki suomalaisissa asunnoissa*