

ILMANVAIHTOSANEERAUKSEN VAIKUTUS SISÄILMAN LAADUSSA

SisäilmaCenter Oy

Sami Pekuri

Opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Sami Pekuri	Vuosi	2020
Ohjaaja(t)	Maria Tikka		
Toimeksiantaja	SisäilmaCenter Oy		
Työn nimi	Ilmanvaihtosaneerauksen vaikutus sisäilman laadussa		
Sivu- ja liitesivumäärä	38 + 0		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tutkimus, mitä muutoksia sisäilman laadussa tapahtui, kun kiinteistöön tehtiin ilmanvaihtuvuutta tehostava remonti. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi sisäilmamittauksia- ja remonteja tekevä SisäilmaCenter Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, minkälainen hyöty sisäilman vaihtuvuuden tehostamisella voidaan saada huoneistoon.

Opinnäytetyössä analysoitiin SisäilmaCenter Oy:ltä saatuja sisäilman mittaustuloksia sekä selvitettiin, miten sisäilman laatu muuttui saneerauksen jälkeen. Sisäilman laadun selvittämisessä käytettiin mittauslaitetta, mikä sijoitettiin annettujen ohjeiden mukaisesti huoneeseen. Laite antoi tietoa sisäilman laadusta, mitä voitiin hyödyntää ennen ja jälkeen remontin tehtyjen mittaustulosten vertailussa. Kiinteistön omistajalle tehtiin myös haastattelu, missä vertailtiin hänen tuntemuksia sisäilman laadusta ja remontin vaikutuksista.

Mittauksista saadut tulokset osoittivat, että ilmanlaatu muuttui paremmaksi kiinteistössä tehdyn remontin jälkeen. Lisäksi haastattelun tuloksen perusteella ilmanlaatu parani kiinteistön omistajan mielestä. Tämän perusteella voitiin todeta, että ilmanvaihtoremontilla oli vaikutusta sisäilman laatuun.

Avainsanat

Sisäilma, Ilmanvaihto, Sisäilmastoluokat, Ilmanvaihtomenetelmät, Sisäilman vaikutukset terveyteen

Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Sami Pekuri	Year	2020
Supervisor	Maria Tikka		
Commissioned by	SisäilmaCenter Oy		
Subject of thesis	Effect of House Ventilation Renovations on Indoor Air Quality		
Number of pages	38 + 0		

The aim of the thesis was to find the changes in indoor air quality after improving the performance of ventilation with suitable renovation methods. The thesis was commissioned by SisäilmaCenter Oy, which is specialized in indoor air quality and renovations. The purpose was to explore the benefits that can be obtained in an apartment by increasing the efficiency of indoor air ventilation

The research analyzed the indoor air quality measurements before and after the renovations. The data was provided by SisäilmaCenter Oy, which measured the quality of indoor air. A device was placed at a determined spot inside the room where the air quality was measured. The data provided by the device could be utilized when comparing the measurement results before and after renovation to determine how the indoor air was changed after the renovation. Additionally, the property owner was interviewed for further information about the air quality.

According to the measurements results the measured indoor air quality was improved after the renovations. Moreover, the property owner expressed in the interview that the indoor air quality was improved. Thus, the results showed that improving the performance of ventilation has a positive impact on indoor quality.

Key words indoor air quality, indoor air classes, ventilation, effects of indoor air on health

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PUUTTEELLISEN SISÄILMAN VAIKUTUS ARKIELÄMÄSSÄ.....	8
2.1	Puutteellisen sisäilman aiheuttamat oireet ihmisessä	8
2.2	Puutteellisen sisäilman laadun toteaminen ja toimenpiteet.....	8
2.3	Nosebo-ilmiö	9
2.4	Ympäristöyliherkkyys	10
2.5	Sisäilmaan vaikuttavat tekijät	10
2.6	Sisäilman laadun tavoitteet.....	12
2.6.1	Sisäympäristön laadun tavoitearvot.....	12
2.6.2	Ilman liikenopeuden tavoitearvio.....	13
2.6.3	Operatiivisen lämpötilan tavoitearvio	14
2.7	Sisäilmastoluokat	15
2.7.1	S1: Yksilöllinen sisäilmasto	15
2.7.2	S2: Hyvä sisäilmasto	15
2.7.3	S3: Tyydyttävä sisäilmasto.....	16
3	ILMANVAIHTOMENETELMÄT	17
3.1	Painovoimainen ilmanvaihto.....	17
3.2	Koneellinen poistoilmanvaihto	18
3.3	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.....	19
4	SISÄILMAREMONTIN TOTEUTTAMINEN	20
4.1	Alipaine- vai ylipaine	20
4.2	Rakennusmateriaalien vaikutus sisäilman laadussa	20
4.3	Talon rakennusmateriaalien päästöluokat	21
4.4	Tulevaisuuden ilmanvaihtoratkaisut	21
5	SANEERAUKSEN KOHTEET	23
5.1	Kohteiden valinta.....	23
5.2	Saneeraus vaihtoehdot.....	23
5.2.1	Fresh Air Omega	23
5.2.2	Fresh Air Alfa	24
5.2.3	Fresh Air Delta.....	25

5.2.4	Fresh Air Beeta.....	25
5.3	Ennen ja jälkeen mittaukset.....	26
5.4	Kohde 1	26
5.4.1	Remontin toteutus	27
5.4.2	Mittaustulokset.....	27
5.4.3	Mittaustulosten analysointi	28
5.4.4	Asiakkaan kommentit	29
5.5	Kohde 2.....	29
5.5.1	Mittaustulokset.....	30
5.5.2	Mittaustulosten analysointi	31
6	POHDINTA	34
7	LÄHTEET.....	36

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

THL	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
VOC	Kaasumaisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (sisäilmassa)
LTO	Lämmöntalteenotto (laite)
CO ₂	Hiilidioksidi
ppm	parts per million (miljoonasosa)(pitoisuus)

1 JOHDANTO

Valitsin opinnäytetyön aiheen sen ajankohtaisuuden vuoksi. Sisäilmaongelmat ovat yksi yleisistä ongelmista vanhoissa, että uusissa kiinteistöissä. Talojen rakentaminen on muuttunut jonkin verran vuosien saatossa, minkä vuoksi rakentamiseen liittyvien eri ratkaisujen toteuttaminen on muuttunut ajanjaksojen välillä. Ilmastoinnin eri ratkaisujen hyvät ja huonot puolet näkyvät tänä päivänä selkeämmin 1900-luvulla rakennetuissa taloissa, minkä vuoksi huonoja ratkaisuja joudutaan korjaamaan tai tehostamaan jälkikäteen.

Opinnäytetyö käsittelee hyvän sisäilman merkitystä ja sen vaikutusta ihmisen terveyteen. Työssä pohditaan myös asioita, mitä ilmanvaihtosaneerauksessa tulisi ottaa huomioon. Opinnäytetyöhön on valittu kaksi kappaletta SisäilmaCenter Oy:n saneerauskohteita, joihin on tehty sisäilman mittauksia. Mittauksen jälkeen toiseen kiinteistöön on suunniteltu remontti sisäilma-asiantuntijan kanssa, mikä palvelee kuluttajaa parhaalla mahdollisella tavalla.

Tutkimusosuudessa analysoidaan mittaustuloksia sekä selvitetään, miten sisäilman laatu muuttuu saneerauksen jälkeen. Sisäilman mittauksessa käytetään mittauslaitetta, joka antaa tietoa sisäilman laadusta, minkä ansiosta tuloksia voidaan vertailla keskenään. Kohteen 1 asukkaalle tehtiin puhelinhaastattelu, missä pyydettiin jälkikäteen arvioimaan tuntemuksia lähtötilanteen ja sisäilmaremontin jälkeiseen ilmanlaatuun.

2 PUUTTEELLISEN SISÄILMAN VAIKUTUS ARKIELÄMÄSSÄ

2.1 Puutteellisen sisäilman aiheuttamat oireet ihmisessä

Ihminen hengittää noin 7000–15 000 litraa ilmaa päivässä, joten hyvän ja raikkaan sisäilman varmistaminen on tärkeää, kun kiinteistön ilmanvaihtoa aletaan suunnittelemaan. Puutteellinen tai haitallinen sisäilma voi aiheuttaa ihmisessä monenlaisia eri oireita. Oireet voivat olla väliaikaisia tai pidemmällä aikavälillä jopa pysyviä ja voivat aiheuttaa pitkäaikaissairauksien riskin. Yleisimmät väliaikaisten sisäilmaongelmien aiheuttamat oireilut ovat yleisoireita, kuten päänsärky, hengitystie- ja ärsytys oireita kurkussa, silmissä ja kasvoissa. Hengitysoireiden ja erityisesti astmasta kärsivien henkilöiden oireet voivat pahentua sisäilman ollessa huono (THL 2020 A ; Suomi rakentaa 2018.)

Oireilu on aina yksilöllistä ja siihen vaikuttavat epäpuhtauksien lisäksi myös monet muut seikat, kuten ikämme, sukupuolemme, persoonamme ja terveydentilamme sekä erilaiset kuormittavat ja stressiä aiheuttavat tekijät. On myös hyvä pitää mielessä, että samankaltaisia oireita aiheuttaa myös moni muukin tekijä, minkä vuoksi on tärkeä tehdä sisäilmaan liittyviä tutkimuksia ja selvittää oireiden syyt (Lampi & Pekkanen 2018.)

2.2 Puutteellisen sisäilman laadun toteaminen ja toimenpiteet

”Teollistuneissa maissa ihmiset viettävät 60–90 % ajastaan sisätiloissa, herkäät ihmisryhmät (lapset, vanhukset, kroonisesti sairaat) jopa yli 90 %. Myös ulkoilman saasteille altistuminen tapahtuu pääosin sisätiloissa” (Huttunen 2015, 4.)

Mahdollisten pitkäaikaisten ja pysyvien oireiden ehkäisemisen vuoksi puutteellisen sisäilman tutkiminen ja toteaminen on tärkeää hyvissä ajoin. Kun oireita alkaa ilmaantumaan tai epäillään mahdollisia sisäilma- ja/tai kosteusvaurioita, tulee ensimmäisenä ottaa yhteyttä talo- tai kiinteistöyhtiön edustajaan, joka yleensä on isännöitsijä. Henkilön ollessa kiinteistössä vuokralla, vuokranantaja on vastuussa asian eteenpäin viemisessä oikeille henkilöille. Jos jostain syystä asioiden vieminen kiinteistössä ei lähde etenemään on mahdollista olla yhteydessä ympäristöterveydenhuoltoon tai asukkaalla on lainsäädännön mukaan oikeus tilata asiantuntija-apua selvittämään ongelmaa.

Terveysturvaviranomaisella on oikeus velvoittaa kiinteistön omistajaa toimenpiteisiin ja ottamaan vastuu sisäilman- ja kosteuden parantamiseen liittyvissä asioissa. Jos asiakas tilaa itse asiantuntija-apua selvittämään sisäilman laatua, kulut tulevat tilaajalle ja mittauksien tekeminen rajoittuu siihen, että muutoksia tai avauksia seiniin ja rakenteisiin ei voida suorittaa (Sisäilmayhdistys 2020.)

2.3 Nosebo-ilmiö

Nosebo-ilmiöllä tarkoitetaan sitä, kun ihminen tekee ennako-odotuksien perusteella, tässä tapauksessa sisäilman laatuun olettamuksen. Tämä voi vaikuttaa tuntemuksiin, mitä henkilö kokee kiinteistössä. Oletamus on yleensä vielä vahvempi tapauksissa, joissa siihen liittyy negatiivisia tunnereaktioita, kuten esimerkiksi mahdollista tunkkaisuutta, hajuja, lämpöä tai ilmankosteutta (THL B 2020.)

Uskon, että huonoon sisäilmaan liittyvien asioiden pinnalla oleminen mm. varuskunnissa, kouluissa ja virastoissa vaikuttaa merkittäväällä tavalla ihmisten tietoisuuteen ja ajattelutapaan sisäilman laatuun ja kosteuteen liittyvissä ongelmissa. Vastaavia omakohtaisia kokemuksia itseltäni löytyy muutamasta eri julkisesta kohteesta, missä olen tuntenut päänsärkyä, uupuneisuutta sekä yleistä huonovointisuutta. Oireet olen automaattisesti yhdistänyt mahdollisiin sisäilmaongelmiin, vaikka oloita on voinut myös johtua jostain muusta syystä, mikä omalla kohdallani tukee Nosebo-ilmiötä.

Sisäilmaan ja kosteuteen liittyvät asiat on hyvä ottaa huomioon, kun mietitään oman kiinteistön ostoa. Sisäilman- ja kosteudenkartoitus on suositeltavaa suorittaa mahdollisten ongelmien varalta. Median uutisointi sisäilmaongelmista ja kosteusvaurioista on lisännyt tietoisuutta mahdollisista riskitekijöistä asuntoa ostaessa. Joissain tapauksissa talokauppoja ja siihen liittyviä korvauksia käsitellään oikeudessa, mikä pahimmillaan voi olla pitkä ja raskas prosessi. Näissä tilanteissa jopa hieman kriittisesti sisäilman laatuun suhtautuminen voi olla järkevää tai sen vaikuttaminen mahdollisiin jatkotutkimuksiin voi olla asunnon ostajan kannalta hyvä asia.

2.4 Ympäristöyliherkkyys

Ympäristöyliherkyydestä kärsivä henkilö tuntee oireilua ulko- ja/tai sisäilmasta, mikä voi haitata merkittävästi normaalia elämää. Tässä tapauksessa ulko- ja sisäilman fysikaaliset, kemialliset ja biologiset tekijät eivät ole välttämättä ratkaisevassa roolissa oireiluun. Pahimmillaan tämä voi aiheuttaa merkittävää toimintakyvyn vajavuutta. Ympäristöyliherkkyys on luokiteltu ICD-tautiluokituksen nimikkeellä R68.81 ja oireita tulee käsitellä lääkärin kanssa. Oireita tulisi pyrkiä kontrolloimaan ja helpottamaan niin, että yliherkkyuden vaikutukset haittaisivat mahdollisimman vähän henkilön normaalia elämää. THL pitää ympäristöyliherkkyteen liittyvissä asioissa tilastoja yllä ja useat eri viranomaiset ja asiantuntijalaitokset tekevät työtä oireiden lisätutkimisen parissa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2020.)

2.5 Sisäilmaan vaikuttavat tekijät

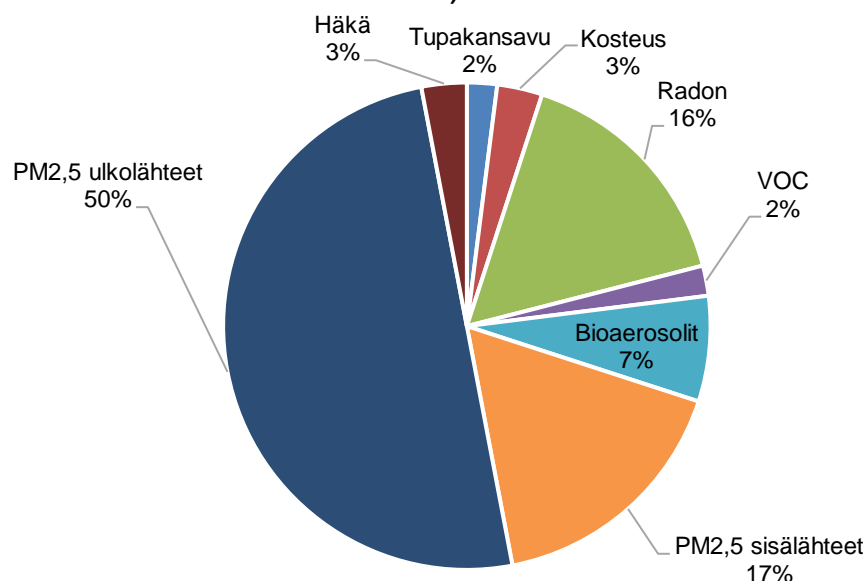
Sisäilmaan vaikuttavat tekijät voidaan jakaa neljään eri kategoriaan (Taulukko 1), jotka ovat fysikaaliset tekijät, kaasumaiset epäpuhtaudet, bioaerosolit ja ilmassa olevat hiukkaset. Haitalliset epäpuhtaudet tulevat rakennukseen sisään maaperästä, rakennuksen rakenteista, ulkoilmasta sekä rakennus- ja sisustusmateriaaleista. Sisäilman laatu voidaan jakaa RT-kortiston sisäilmastoluokitus 2018 mukaisesti kolmeen eri luokkaan, mitkä määrittävät sen laadun. Tämä perustuu mittauksista saataviin arvoihin johon kuuluvat mm. lämpötila, hiilidioksidi määrä, radon, ammoniakki ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Huttunen 2015 ; RT 2018.)

Taulukko 1. Sisäilmaa haittaavat tekijät (Jorma Säteri & Mervi Ahola 2018)

Fysikaaliset tekijät	Kaasumaiset epäpuhtaudet	Bioaerosolit	Hiukkaset
<ul style="list-style-type: none"> • Lämpöila • Kosteus • Veto • Melu • Säteily • Radon 	<ul style="list-style-type: none"> • Haihtuvat orgaaniset yhdisteet • Typpiyhdisteet • Rikkiyhdisteet • Hiilimonoksidi • Hiilidioksidi • Otsoni • Radon 	<ul style="list-style-type: none"> • Eläinpöly • Siitepöly • Pölypunkit • Viherkasvit • Homeet • Bakteerit • Virukset • Alkueläimet 	<ul style="list-style-type: none"> • Pienhiukkaset • Kuidut • Huonepöly • Tupakansavu

Alla olevasta taulukosta (Kuvio 1) nähdään miten vuonna 2013 sisäilmaston tautitaakka on jakautunut raportin mukaan, minkä THL on laatinut. Sisäilmaa haittaavat tekijät tulevat enimmäkseen rakennuksen ulkopuolelta. PM2,5 ulkolähteillä tarkoitetaan lähinnä polttoprosessissa muodostuvia haitallisia yhdisteitä kuten pakokaasuja. Tämän vuoksi rakennusvaiheessa on hyvä suunnitella tarkoin, miten ulkoa tulevat haitat saadaan mahdollisimman pieneksi käyttäen oikeanlaista rakennustapaa, materiaaleja sekä suodattimia. Maaperästä irtoava Radon säteily on myös yleistä Suomessa. Radon säteily altistaa ihmisen keuhkosyövälle, jonka riski on esimerkiksi suurempi kuin tupakoivilla ihmisillä (THL 2020 A ; Sisäilmayhdistys Ry B 2018.)

Sisäilmaston tautitaakka (THL raportti 2/2013)



Kuvio 1. Sisäilmaston tautitaakka (Sisäilmayhdistys Ry 2018 B)

2.6 Sisäilman laadun tavoitteet

Sisäilman laadulla voi olla merkittäviä vaikutuksia sisätilojen viihtyvyyteen kiinteistössä, joten sen suunnitteluun ja toteuttamiseen tulisi perehtyä huolella jo rakennusvaiheessa. Raikas sisäilma voi lisätä mm. työpaikoilla ihmisten tehokkuutta ja vähentää sairaspöissaoloja, joten varsinkin toimistorakennukset ja paikat joissa ihmiset viettävät paljon aikaa tulisi mitoittaa niin, että sisäilma vaihtuu vähintään kerran kahdessa tunnissa. Kun ilmanvaihto on toteutettu oikein ja sen säädöt asetettu toimivaksi voidaan optimoida viihtyvyys (RT 2018.)

Sisäilmastoluokitus 2018 on määrittänyt tietyt sisäilmastoluokat, joihin päästään täyttämällä tietyt vaatimukset sisäilman laadussa. Taulukoissa (Taulukko 2, Taulukko 3, Taulukko 4 ja Kuva 1) näkyy lukemia tavoitearvoista, minkä mukaan sisäilma luokat S1, S2 ja S3 määräytyvät.

2.6.1 Sisäympäristön laadun tavoitearvot

Sisäympäristön laadun tavoitearvoihin on merkitty selkeästi arvot minkä avulla voidaan määrittää mihin sisäilmaluokkaan ilmanlaatu kuuluu (Taulukko 2).

Hiilidioksidipitoisuudella tarkoitetaan ihmisperäistä hiilidioksidia ja määriä tarkastellaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla. Radonpitoisuus määritellään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä. PM_{2,5}-hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan pölyä, jonka hiukkasten aerodynaaminen halkaisija alittaa alle 2,5µm. Ilman suhteelliselle kosteudelle ei ole laitettu tavoitearvoa, koska kovien pakkasten aikana se voi laskea erittäin alhaiseksi. Kosteus ei silti saa aiheuttaa vaurioita rakenteisiin (kosteus- ja mikrobivauriot). Jos kiinteistössä käytetään ilmankostuttimia, tulee varmistaa, että ne eivät aiheuta ilmaan epäpuhtauksia (RT 2018.)

Taulukko 2. Sisäympäristön laadun tavoitearvot (RT 2018)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä* [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m ³]	< 100	< 100	< 200
PM _{2,5} [µg/m ³]	< 10	< 10	< 25
PM _{2,5} sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	–
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	–	–	–
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	–
asunnot	90 %	80 %	–

*suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

2.6.2 Ilman liikenopeuden tavoitearvio

Ilman liikenopeuden tavoitearvoissa (Taulukko 3) lämpötilalla t_{ilma} tarkoitetaan liikkuvan ilman lämpötilaa tarkastelu pisteessä, liikenopeudella tarkoitetaan kolmen minuutin keskiarvoa työpisteessä. Mittaus tapahtuu suuntariippumattomalla anemometrillä standardin SFS EN 12599 mukaisesti (RT 2018.)

Taulukko 3. Ilman liikenopeuden tavoitearvot (RT 2018)

	S1	S2	S3
Vetoa aistivien osuus, draft rate (DR) [%]	10	15	
Ilman liikenopeus [m/s]			
$t_{ilma} = 21\text{ °C}$	< 0,15	< 0,15	0,2 (talvi)
$t_{ilma} = 23\text{ °C}$	< 0,15	< 0,20	
$t_{ilma} = 25\text{ °C}$	< 0,20*	< 0,25*	0,3 (kesä)*

*Paikallisesti voidaan hyväksyä korkeampia ilmannopeuksia termisen viihtyvyyden lisäämiseksi, kun käytössä ei ole koneellista jäähdytystä.

2.6.3 Operatiivisen lämpötilan tavoitearvio

Operatiivisen lämpötilan tavoitearvioilla eri sisäilmaluokissa (Taulukko 4 ja Kuva 1) Ulkoilmalämpötila t_u tarkoitetaan ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopaikalla. Lämpötilan tulee olla tavoitearvon sallitun vaihteluvälin alueella olosuhteiden pysyvyyden edellyttämä aika laskettuna rakennuksen suunnitellusta käyttöajasta. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa suunnitellulla käytöllä alittaa vähimmäisarvoja tai ylittää niitä. Operatiivinen lämpötila mitataan esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin korkeudelta. Pintojen lämpötilat voivat poiketa ilman lämpötilasta eri syistä, jolloin operatiivinen lämpötila määritetään laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mittaamalla esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin SFS EN 1599 mukaisesti (RT 2018.)

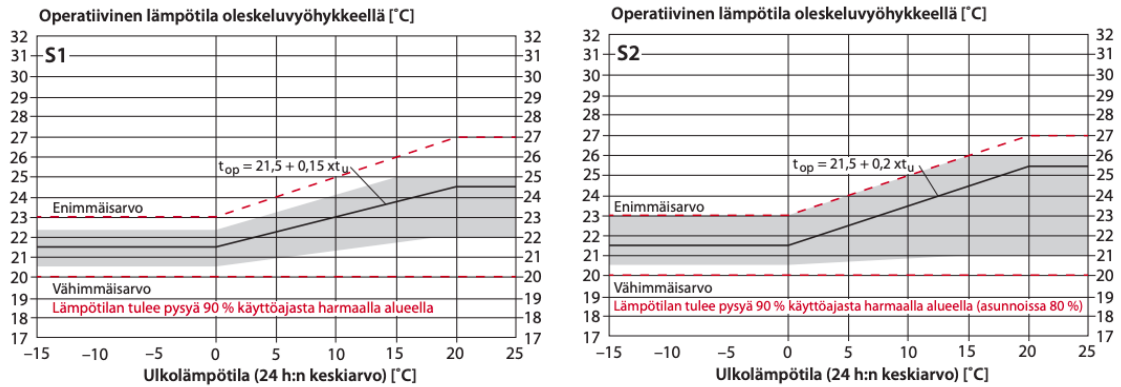
Taulukko 4. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmaluokissa (RT 2018)

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 ¹⁾	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ ¹⁾	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 ¹⁾	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	$< 22,5 + 0,166 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$> 20,5 + 0,075 \times t_u$	$> 20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$< 23 + 0,2 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) ²⁾
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) ²⁾
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) ²⁾
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttöajasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

¹⁾ S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitetyjä tavoitearvoja.

²⁾ Suluissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Alla olevassa kuvassa (Kuva 1) tummennetulla alueella kuvataan tavoitearvoaluetta minkä sisälle lämpötilan tulisi sijoittua.



Kuva 1. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot (Tavoitelämpötila + lämpötilan sallittu vaihteluväli) (RT 2018)

2.7 Sisäilmastoluokat

Sisäilmaluokitus on kolmitasoinen: laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmaluokassa S1 päästään todennäköisimmin käyttäytyvyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Tavoitteen asettaminen sisäilmatiloille edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä heikentävien ongelmien syntymisen riskiä (RT 2018.)

2.7.1 S1: Yksilöllinen sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavissa hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.” (RT 2018.)

2.7.2 S2: Hyvä sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.” (RT 2018.)

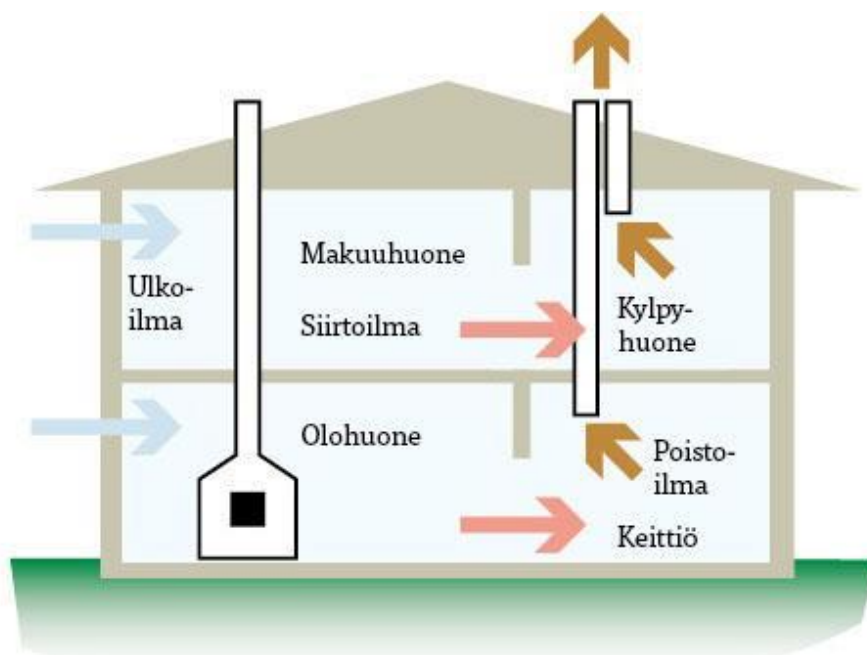
2.7.3 S3: Tyydyttävä sisäilmasto

”Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäytön- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Asetusten vaatimusten täyttäminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi. Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. Tarvittaessa jonkin suureen arvo voidaan määrittää tapauskohtaisesti.” (RT 2018.)

3 ILMANVAIHTOMENETELMÄT

3.1 Painovoimainen ilmanvaihto

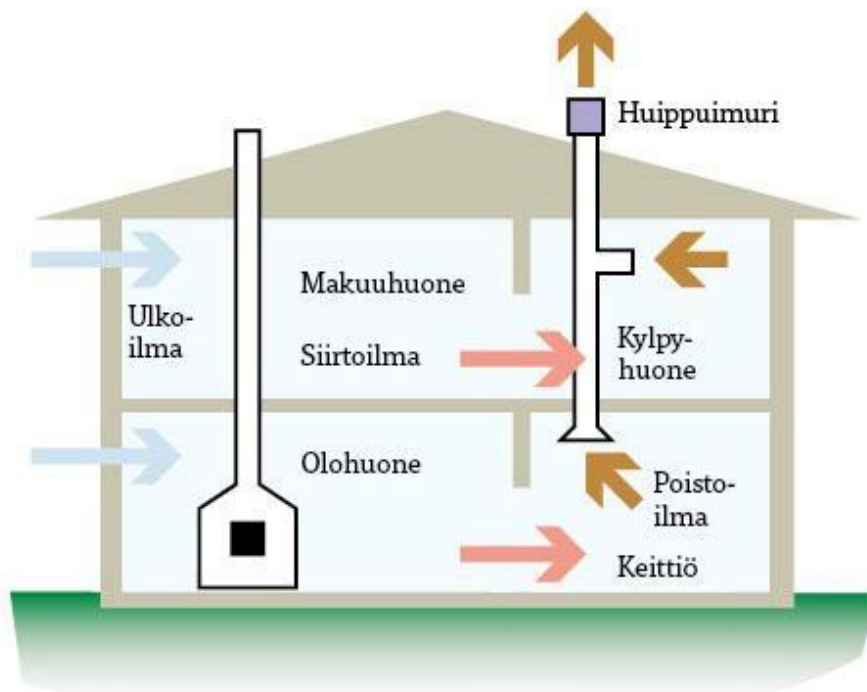
Painovoimaisessa ilmanvaihtomenetelmässä hyödynnetään lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin ulko- ja sisäilman välillä. Ilmanvaihdossa raikas korvausilman johtaminen rakennukseen suunnitellaan niin, että korvausilma tulee korvausilmaventtiilien kautta hallittuja reittejä pitkin, jolla vältetään korvausilman tuleminen rakenteiden kautta sisäilmaan. Poistoilma johdetaan poistoventtiilin kautta ilmanvaihtokanaviin paine-eron avulla, mikä kuljettaa ilman vesikaton yläpuolelle. Kanavat tulee suunnitella niin, että ilma pääsee helposti liikkumaan, joten pitkät vaakasuorat siirtymät ja mutkat ilmastointikanavissa on hyvä pitää vähäisinä. Painovoimaisen ilmanvaihdon heikkous tulee vastaan kesällä, kun tuuli ja lämpötilaerot eivät välttämättä ole tarpeeksi suuret ulko- ja sisäilman välillä. Tässä tapauksessa riskinä on, että ilmavaihto jää turhan pieneksi ja samalla kosteus voi nousta asunnossa liian suureksi. Riskinä on myös se, että pahimmillaan ilma voi alkaa virtaamaan väärään suuntaan, minkä seurauksena sisäilmaan voi tulla hygieenisiä haittoja. Joissain vanhoissa kiinteistöissä on painovoimainen ilmanvaihto on suunniteltu niin, että korvausilmaa saadaan rakennuksen rakenteiden läpi, mikä voi tuoda sisäilmaan epäpuhtauksia (Hengitysliitto 2020 A ; Rakentaja.fi 2020.)



Kuva 1. Painovoimainen ilmanvaihto (Hengitysliitto 2020 A)

3.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

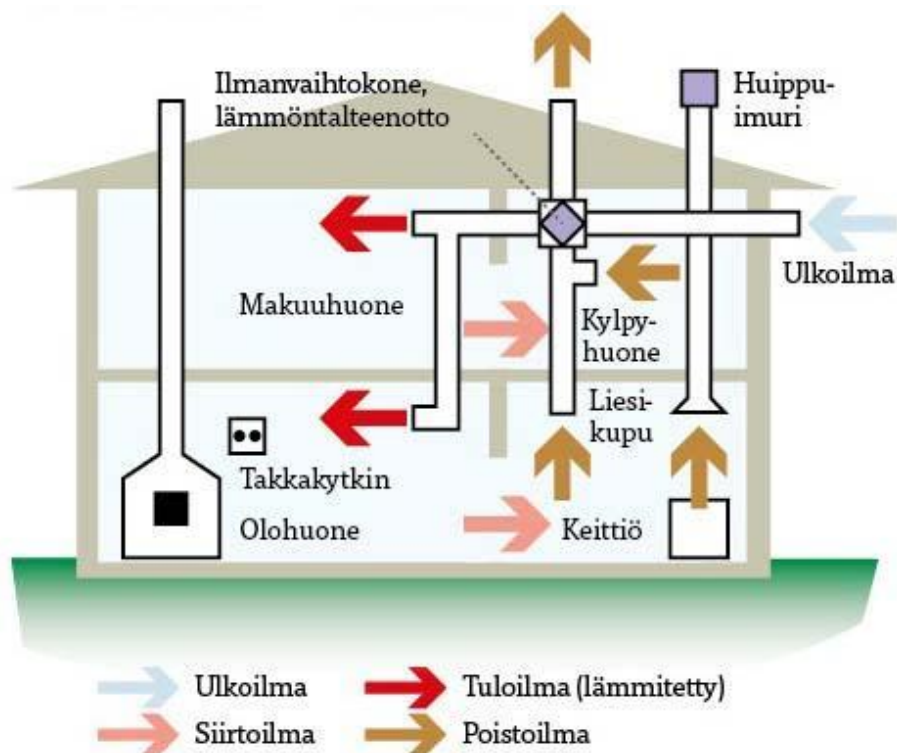
Koneellisessa poistoilmanvaihdossa tuloilma johdetaan venttiilien avulla rakennukseen samalla tavalla kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Ilman vaihtuvuutta tehostetaan huippuimurilla, joka sijaitsee yleensä asuinrakennuksen katolla, minne ilmanvaihtokanavat ohjataan. Huippuimuri säädetään niin, että ilmanvaihtuvuus pysyy vakiona, minkä vuoksi se toimii paremmin kuin painovoimainen ilmanvaihto eikä ole riippuvainen sääolosuhteista. Ilmavirtaus voi aiheuttaa jonkin verran asunnossa vedontunnetta huippuimurin liikuttaessa poistoilmaa ulos rakennuksesta. Korvausilman määrä tulee olla myös tarpeeksi suuri tai muuten huippuimuri imee korvausilman talon rakenteiden ja liitosten kautta eikä ilma ole tällöin puhdasta. Puhaltimeen voidaan myös halutessa asentaa katkaisin tai kosteusanturi, jolloin puhallin käynnistyy tietyn kosteudentason ylittyttyä, mikä vähentää energian kulutusta ja on ympäristölle ystävällinen (Hengitysliitto 2020 A.)



Kuva 2. Koneellinen poistoilmanvaihto (Hengitysliitto 2020 A)

3.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilman vaihtuminen toimii täysin koneellisesti. Tuloilma johdetaan koneellisesti puhaltimella LTO-laitteen läpi rakennuksen sisään, mikä mahdollistaa rakennuksen vaipan tekemisen tiiviiksi. Poistoilma johdetaan koneellisesti ulos kanavien kautta LTO-laitteen läpi. Tämä mahdollistaa ilman vaihtumisen säätämisen manuaalisesti halutun laiseksi sekä tehokkaan ilmansuodatuksen ja jo mainitun lämmöntalteenoton poistoilmasta, mitä voidaan hyödyntää tuloilman lämmittämässä ja nostaa energiatehokkuutta (Hengitysliitto 2020 A.)



Kuva 3. Koneellinen tulo- ja poistoilman vaihto (Hengitysliitto 2020 A)

4 SISÄILMAREMONTIN TOTEUTTAMINEN

4.1 Alipaine- vai ylipaine

Talojen rakentaminen on toteutettu eri tavoin eri aikakausina, millä on vaikutusta ilmavaihdossa tehtyihin suunnitteluratkaisuihin. On tärkeää pitää huoli, että asunnon paine-erot on säädetty oikein, jolloin ilmavaihto toimii oikein. Väärin suunniteltu ja säädetty ilmanvaihto aiheuttaa todennäköisesti ongelmia rakennuksessa. Rakennus, missä höyrynsulku ei ole kunnossa iän tai muun syyn takia, ei kannata asentaa järjestelmää joka muodostaa liian suuren alipaineen huoneistoihin. Pahimmillaan voimakas alipaine imaisee epäpuhtauksia talon rakenteista, minkä seurauksena ne leviävät sisäilmaan ja samalla aiheuttavat terveydelle haitallisia vaikutuksia sisäilman laatuun. Liian suuren alipaineen tunnistaa mm. siitä, että takan hormi ei toimi oikein tai ulko-ovien avaaminen tuntuu vaikealta. Kyseisissä tilanteissa korvaavaa ilmaa ei siirry talon sisälle samaa tahtia kuin sitä poistuu (SisäilmaCenter 2020 A.)

Kun rakennuksessa vallitsee ylipaine ulkoilmaan nähden, kostea ja lämmin sisäilma pyrkii ulos ilmapuottojen ja talon rakenteiden kautta ja tämän seurauksena esim. rakennuksen sisälasin sisäpinnat huurtuvat. Ylipaineen haittavaikutuksina ilmankosteus voi tiivistyä rakenteisiin ja aiheuttaa mikrobivaurioita varsinkin pidemmällä aikavälillä. Tämän seurauksena talo voi kärsiä mm. homevaurioita, minkä vuoksi ilmanvaihdon olisi hyvä olla mieluummin alipaineinen (SisäilmaCenter 2020 A.)

4.2 Rakennusmateriaalien vaikutus sisäilman laadussa

Rakennusvaiheessa rakennuksen materiaalien valintaan kannattaa kiinnittää erityisesti huomiota. Jotkut rakennusmateriaalit ja niiden pinnat voivat päästää varsinkin kastuessaan erilaisia VOC-kaasu yhdisteitä, jotka voivat olla haitallisia ihmiselle. Yleensä päästöt tulevat liuotin- ja raaka-ainejäämistä sekä reaktio- ja hajoamistuotteista. VOC-kaasujen määrään vaikuttavat mm. rakennuksen ikä, rakennusmateriaalit, ilmanvaihdon toimivuus, kiinteistön sisällä huonelämpötilat ja niiden kosteus, hajusteet ja puhdistusaineet. Varsinkin uudisrakennuksissa

päästöt voivat olla normaalia suuremmat, mutta kunnollisella ilmanvaihdolla ne laskevat ensimmäisen vuoden aikana (Hengitysliitto 2020 B ; Valvira 2016.)

4.3 Talon rakennusmateriaalien päästöluokat

Talon rakenteita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon rakenteiden materiaalit. Materiaaleiksi tulisi valita vain vähäpäästöisiä pintamateriaaleja, mitkä eivät pilaa sisäilmaa. Tämän vuoksi rakennusmateriaaleille on asetettu päästöluokitus, mitä ylläpitää Rakennustietosäätiö. Päästöluokat lajitellaan kolmeen eri pääluokkaan, jotka ovat M1, M2 ja M3 sen perusteella kuinka paljon ne päästävät haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, formaldehydiä, ammoniakkia, karsinogeeniä sekä hajuja. M1 luokka on luokista vähäpäästöisin, joita suositellaan käytettäväksi rakentamisessa. Sisäverhoukset, lattiapäällysteet, lakat, maalit ja tapetit on hyvä valita M1 päästöluokkaan koska ne ovat suorassa kosketuksessa sisäilmaan (Hekkanen, Kilpeläinen & Seppälä, 2006.) Myös talon kalusteilla ja sisustusmateriaaleilla on vaikutusta sisäilman laatuun ja nämä lasketaan myös samojen päästöluokkien piiriin kuin muut materiaalit (Sisäilmautiset 2015.)

4.4 Tulevaisuuden ilmanvaihtoratkaisut

”Uskon, että tulevaisuuden ilmanvaihtoon liittyvät ratkaisut tulevat painottumaan erityisesti energiatehokkuuden maksimoimisen ympärillä. Ajatukset ja asenteet energiansäästöä ovat muuttuneet ajan saatossa. Nykyisin puhumme energiansäästön sijaan energiatehokkuudesta. On saatava enemmän vähemmällä energiamäärällä” (Harjula 2015.)

Jokaiseen rakennettuun taloon on hyvä suunnitella oma yksilöllinen ilmanvaihtoratkaisu, joka toimii juuri kyseisessä kiinteistössä oikealla tavalla ja antaa parhaan mahdollisen sisäilman käyttäjälle. Liian voimakkaasti toimiva huippuimuri voi tuoda vedontunnetta huoneisiin ja samalla se myös kuluttaa enemmän energiaa. On myös hyvä ajatella asennus ratkaisuja ja säästöjä pidemmällä aikavälillä, eikä hankkia euromääräisesti halvinta vaihtoehtoa, koska säästöt voivat syntyä pidemmällä aikavälillä. Käytännössä energian kulutus koostuu huippuimurin puhaltimen, tuloilman lämmittämisen tai jäähdyttämisen,

poistoilman mukana poistuvan ja ilman kuivattamiseen tai kosteuttamiseen käytetystä energiasta (Lingren 2018.)

Nykyään uusiin rakennuksiin harvemmin rakennetaan painovoimaista ilmanvaihtoa sen epävarman toimivuuden vuoksi, joten koneellisen poisto- ja tuloilman tai pelkän poistoilma olisi hyvä asentaa energian säästämisen näkökulmasta niin, että se toimii katkaisimella, anturilla tai on etäohjattavissa. Kiinteistöä rakennettaessa eri rakennustekniset asiat vaikuttavat ilmanvaihtoon. Massiiviset ikkunat voivat olla esteettisesti hienon näköiset, mutta samalla ne voivat aiheuttaa vedontunnetta varsinkin ikkunoiden lähellä (Hekkanen, Kilpeläinen, & Seppälä, 2006.)

5 SANEERAUKSEN KOHTEET

5.1 Kohteiden valinta

Mittaustulokset ovat SisäilmaCenterin vanhoista kohteista, mitkä on tehty vuoden 2019 aikana. Vanhoja mittaustuloksia ei normaalisti säilötä pitkäksi aikaa SisäilmaCenter Oy:n järjestelmään, minkä vuoksi hyödynnettävää tietoa ei ollut paljoa. Uusia mittauksia ei pystytty toteuttamaan vuoden 2019 lopun Korona pandemian vuoksi, minkä vuoksi alkuperäinen suunnitelma, missä tutustuminen kohteisiin olisi ollut perusteellisempaa ei onnistunut. Kiinteistöjä valittiin tutkimukseen yhteensä kaksi kappaletta, minkä avulla voidaan vertailla saatuja tuloksia ja nähdä konkreettisesti remontin vaikutus sisäilman laatuun. Toisen kiinteistön omistajalle tehtiin pienimuotoinen puhelinhaastattelu, missä pyrittiin selvittämään sisäilman laadun tuntemuksia ennen ja jälkeen remontin.

5.2 Saneeraus vaihtoehdot

SisäilmaCenter tarjoaa neljä eri ratkaisua ilmavaihtoremontin toteuttamiseen. Ennen saneerausvaihtoehdon päättämistä tehdään kartoitus asukkaan kanssa, jossa käydään läpin asiakkaan toiveet, budjetti sekä arvio, mikä tarjolla olevista vaihtoehdoista antaisi parhaan mahdollisen lopputuloksen sisäilman laadun parantamiseen.

5.2.1 Fresh Air Omega

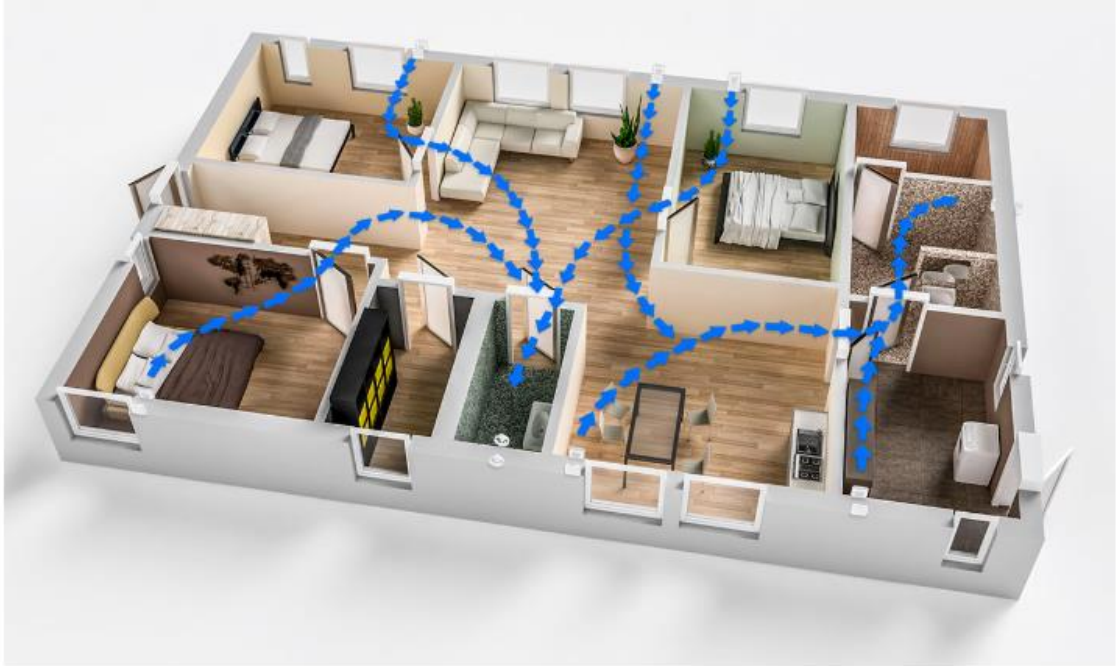
Ilmanvaihtojärjestelmä joka vie tunkkaisen ilman ulos ja tuo puhdasta ulkoilmaa sisätiloihin. Huomaamaton laite, jota ei tarvitse huoltaa, mutta suodatin tulee vaihtaa säännöllisin väliajoin. Koneellisesti toimiva raikasilmaventtiili tuo sisälle ulkoilmaa 70 sekunnin ajan, jonka jälkeen venttiilin suunta kääntyy ja järjestelmä poistaa vanhaa huoneilmaa 70 sekunnin ajan pois rakennuksesta. Laite ottaa poistoilmasta lämmön talteen hunajakennorakenteella, minkä avulla sisään virtaava ilma voidaan lämmittää uudelleen. Tässä menetelmässä lämmönottojärjestelmä hyödyntää jopa 89% lämmitysenergiasta ja samalla pienentää talon energiankulutusta ja vedon tunnetta (SisäilmaCenter 2020 C.)



Kuva 4. Fresh Air Omega toimintaperiaate (SisäilmaCenter 2020 C)

5.2.2 Fresh Air Alfa

Älykäs ilmastointijärjestelmä, jossa asennetaan suodattimilla varustetut kiertoilmalaitteet puhtaisiin tiloihin (makuu- ja olohuone). WC ja kylpyhuonetiloihin asennetaan poistoilmapuhaltimet, joita voidaan ohjata etänä puhelimen tai tabletin avulla. Korvausilma sekoittuu laitteessa lämpimän huoneilman kanssa ja puhalletaan katon rajaan. Ilma sekoittuu lämpimään ilmaan, jonka jälkeen se virtaa alaspäin. Tällä menetelmällä saadaan hyödynnettyä huoneessa oleva hukkalämpö. Raitis ilma ohjataan sisään talon seinään asennettujen tuloilmalaitteiden kautta. Menetelmä on kehitetty Suomessa ja se on edullisempi kuin perinteinen putkitettu LTO-laitteisto (SisäilmaCenter 2020 D.)



Kuva 5. Fresh Air Alpha toimintaperiaate (SisäilmaCenter 2020 D)

5.2.3 Fresh Air Delta

Järjestelmä säättää automaattisesti huippuimurin toimintaa saatujen mittaustulosten perusteella. Raitista ilmaa tuodaan kiertoilmalaitteilla rakennukseen sisään aiheuttamatta vedontunnetta. Järjestelmä tunnistaa jos sisäilman hiilidioksidi- tai kosteuspitoisuudet nousevat, minkä jälkeen järjestelmä tehostaa automaattisesti talon ilmanvaihtoa niin, että sisäilma pysyy raikkaana ja kosteus ei pääse tiivistymään rakenteisiin. Ominaisuuksiin kuuluu myös ilmanvaihdon tehon pienentäminen kun talossa ei ole ihmisiä tehostaen näin energiatehokkuutta (SisäilmaCenter 2020 E.)

5.2.4 Fresh Air Beeta

Tässä ilmanvaihtojärjestelmässä ikkunoiden tuuletusluukkuihin tai seiniin asennetaan mekaaniset korvausilmaventtiilit sekä ilmansuodattimet. Järjestelmän avulla pystytään minimoimaan kylmällä vedon tunne ja samalla varmistaa, että taloon saadaan raitista ilmaa. Fresh Air Beeta on tarjolla olevista vaihtoehdoista halvin ja sen asentaminen kiinteistöön on vähentynyt uusien energiatehokkaimpien järjestelmien vuoksi (SisäilmaCenter 2020 B.)

5.3 Ennen ja jälkeen mittaukset

Mittaukset toteutettiin sijoittamalla Fresh Air CO₂ monitor -mittari makuuhuoneeseen mittaamaan ilman laatua. Mittauslaite vähentää automaattisesti ulkoilman CO₂ pitoisuuden (350 ppm) mittaustuloksesta, joten saatu tulos on suoraan vertailukelpoinen. Laite on ohjeistettu asentamaan noin metrin korkeudelle lattiasta niin, että se ei ole sijainnut ikkunan tai tuloilmaventtiilin alla. Makuuhuoneen ovea on suositeltu pidettäväksi suljettuna yön aikana. Laite lähettää mittaustuloksia puolentunnin välein ja tuloksia on voitu seurata helposti kännykän tai tabletin avulla (SisäilmaCenter 2020 G.)

SisäilmaCenter ohjeistaa, että mittaustuloksista pidetään päiväkirjaa, jolla varmistetaan tulosten paikkaansa pitävyys. Päiväkirjaan merkitään huoneessa nukkuneiden henkilöiden määrä sekä nukkumaan meno- ja heräämisaika. Mittarin ollessa olohuoneessa henkilöiden määrällä päivän aikana ja takan käytöllä on vaikutusta mittaustuloksiin. Mittauksen jälkeen mittausraportti on käyty läpi sisäilma-asiiantuntijan kanssa ja raportista on tehty yhteenveto. Tämän jälkeen asiakkaan kanssa on käyty läpi eri saneerausvaihtoehdot ja valittu näistä toimivin ratkaisu asiakkaan näkökulmasta ajateltuna (SisäilmaCenter 2020 G.)

5.4 Kohde 1

Kohde on vanha 1900-luvun aikainen kolmessa kerroksessa oleva rintamamiestalo. Neliöitä kohteesta löytyy noin 180 m² ja ne ovat jakautuneet tasaisesti niin, että jokaisessa kerroksessa on noin 60m². Kiinteistön alimmassa kerroksessa sijaitsee saunaosasto sekä pyykkitupa. Keskikerrokseen on sijoitettu iso eteinen, keittiö, ruokailusali ja WC. Ylimmästä kerroksesta löytyy kaksi makuuhuonetta, WC sekä iso aula. Asuntoon on tehty laajempaa saneerausta savuvahingoista johtuen, minkä vuoksi korjaustöitä on jouduttu tekemään muultakin kuin ilmanvaihdon osalta mm. vaihtamalla uusi runko. Saneerauksen jälkeen uusien materiaalien ja maalien tuoksu jäi häiritsemään omistajaa, minkä vuoksi ilman vaihtuvuutta haluttiin tehostaa. Asukas kärsii myös uniapneasta, mitä haluttiin helpottaa parantamalla makuuhuoneessa sisäilman laatua.

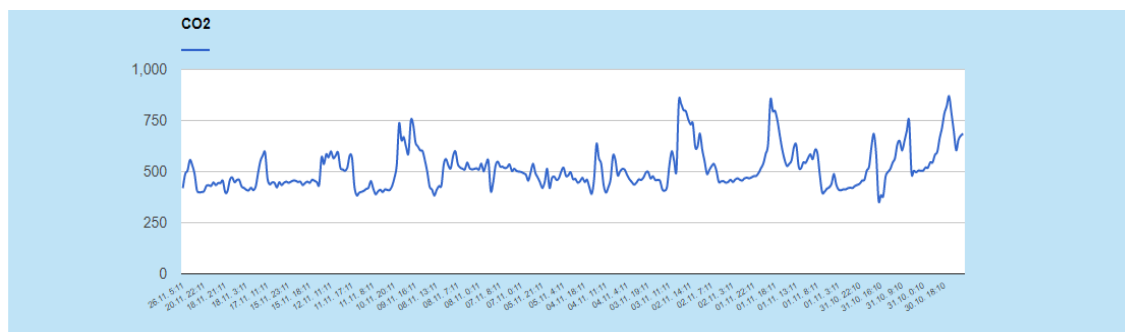
5.4.1 Remontin toteutus

Kohde on remontoitu 24.9.2019 ja remonttiin kului aikaa yksi päivä. Taloon asennettiin 4 kpl Fresh Air Omega laitteita tehostamaan sisäilman vaihtumista sekä kosteisiin tiloihin poistopuhallin kosteuden hallitsemiseen. Seinään porattiin 180 mm aukko, minkä läpi asennettiin ilmanvaihtoputki. Putken sisällä oleva keraaminen kenno kerää osan poistoilman mukana tulevasta lämmöstä talteen, mitä voidaan hyödyntää kun uutta korvausilmaa puhalletaan samaa reittiä huoneeseen. Laite puhaltaa 70 sekuntia ilmaa pois rakennuksesta, minkä jälkeen puhallussuunta vaihtuu toisin päin. Laitteet on synkronoitu keskenään, joten asuntoon ei pääse muodostumaan yli- eikä alipainetta. Tämän lisäksi kohteessa asennettiin kosteisiin tiloihin automaattisesti säätävä poistopuhallin, minkä avulla kosteus saadaan halutuista paikoista hallitusti ulos. Remontissa toteutettu menetelmä on selitetty paremmin kohdassa 5.2.1.

5.4.2 Mittaustulokset

Saaduista mittaustuloksista selvisi sisäilman CO₂ tasojen olevan 1100 ppm luokkaa ennen remonttia ja remontin jälkeen 600 ppm. Kohteen ilmanlaatua seurattiin remontin jälkeen. Mittaustulokset on näytetty aikavälillä 30.10-26.11.2019 noin 2 kk remontin jälkeen alla olevassa kuvassa (Kuva 7). Mittaustulosten käyrä heittelee noin 800 ppm ja 300 ppm välillä, mutta jälkeen päin on vaikea tarkentaa, milloin mittari on ollut kiinteistössä ja missä huoneessa. Mittaustuloksen ja käyrää tarkastellessa voidaan olettaa, että jälkimittaukset kyseisessä kiinteistössä on tehty ajanjaksolla 10.11-26.11, koska mittaustulokset eivät ylitä 600 ppm.

Ilmankosteuksista saadut tulokset olivat ennen remonttia noin 50-60% ja mittausten jälkeen 30-50%. Ilmankosteuden poistamisessa on luultavasti ollut tärkein saada ilma vaihtumaan kosteista tiloista niin, että se ei jää rakenteisiin. Talon saunaosasto sijaitsee rakennuksen kellarissa, minkä vuoksi kosteuden nouseminen on ollut hyvä minimoida poistopuhaltimen avulla.



Kuva 7. Mittaustulokset CO₂

5.4.3 Mittaustulosten analysointi

Ennen remonttia tehtyjen mittaustulosten perusteella saatiin selville, että sisäilman laatu huoneistossa ei ollut suositusten mukainen. Mittauksista saatu CO₂ arvo oli 1100 ppm ja suositusten mukainen arvo tulisi olla alle 1000 ppm. Ilmanvaihdon tehostamisen jälkeen sisäilman CO₂ arvot laskivat 600 ppm. Tämän perusteella nykyinen sisäilma kuuluu sisäilmastoluokkaan S3, minkä raja on < 800 ppm. Sisäilmastoluokkaan S2 tarvitaan < 550 ppm, mikä on lähellä saatua mittaustulosta. Mittauksista saatujen tulosten luotettavuutta voidaan hieman kyseenalaistaa. Mittaustuloksiin voi vaikuttaa, mihin huoneeseen mittari on sijoitettu. Mittarin sijoituksesta mittausvälillä ei ole tarkkaa tietoa mittausjaksolla, joten tämä tulee huomioida tuloksia analysoitaessa. Myös vuodenaika milloin mittaus on tehty ja sääolosuhteet voivat vaikuttaa saattuihin arvoihin (SisäilmaCenter 2020 F.)

Ilmankosteuden analysoinnissa on haastavaa tehdä johtopäätöksiä sisäilmaremontin vaikutuksista saattuihin mittaustuloksiin, koska saadut arvot eivät vaihtelee merkittävästi toisistaan. Sisäilman kosteuteen voi vaikuttaa moni tekijä, kuten saunatilojen käyttö, ruuan laittaminen tai pyykkien kuivaus. Myös ihmisten määrä voi vaikuttaa mittaustuloksiin. Mittaus on toteutettu alkutalvesta, milloin ilmankosteus on normaalisti noin 40% ja kovimmilla pakkasilla, jopa 20% luokkaa. Sisäilman kosteus voi paikoittain nousta hieman korkeammaksi, mutta pidemmällä aikavälillä se voi aiheuttaa talon rakenteisiin kosteusvaurioita (Hengitysliitto 2020 C.)

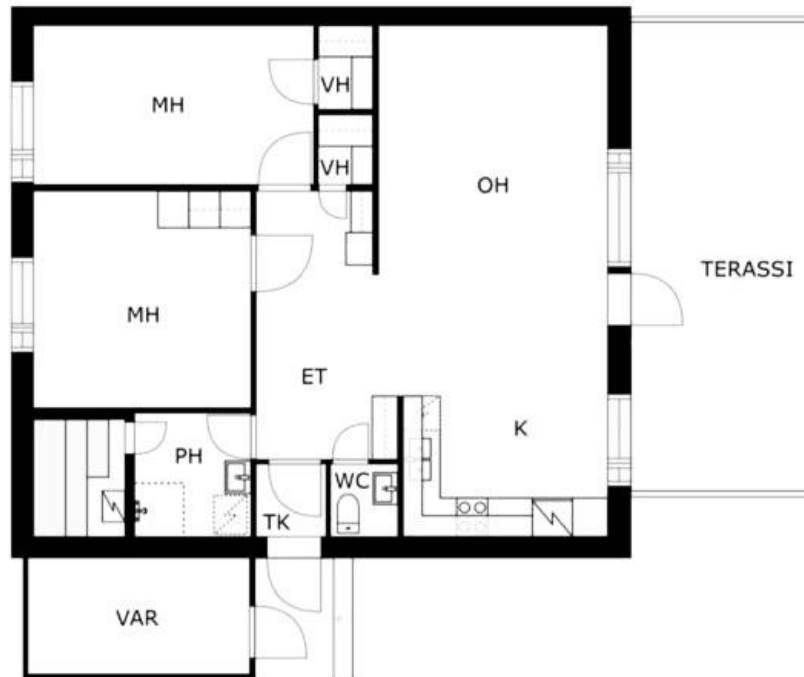
5.4.4 Asiakkaan kommentit

Asiakkaalle tehtiin lyhyt haastattelu puhelimitse, missä selvitettiin hänen tuntemuksia sisäilman laadusta ennen ja jälkeen sisäilmaremontin. Haastattelussa ilmeni, että sisäilman laatu arvioitiin tasolle 4/10 ennen remonttia, mikä ei haastattelun perusteella vastannut heidän toiveitaan. Kiinteistön omistaja mainitsi, että savuvaurioiden takia asuntoon tehty saneeraus on mahdollisesti aiheuttanut sisäilman laatuun heikentymistä ja hajuja. Omistaja epäili, että tämä on mahdollisesti johtunut remontissa käytetyistä materiaaleista, minkä vuoksi ilmanvaihtoa on haluttu tehostaa.

Remontin jälkeen tehdyt havainnot ilman laadusta olivat huomattavasti paremmat kuin aikaisemmin. Tunkkaisuus ja hajut olivat vähentyneet merkittävästi ja sisäilman laaduksi arvioitiin 9/10. Remontti toteutettiin asiakkaan mielestä ammattitaitoisesti. Ilmanvaihto suunniteltiin niin, että ilma pyrittiin kierrättämään vapaasti huoneiden välillä remontissa tehtyjen oviaukkojen suurentamisen avulla. Asennettujen Fresh Air Omega -laitteita ei ole jouduttu huoltamaan remontin jälkeen. Asiakkaan vastuulle kuuluu vaihtaa suodattimet laitteisiin 6kk välein.

5.5 Kohde 2

Kiinteistö on paritalo joka sijaitsee Vantaalla ja se on rakennettu 1980-luvulla. Pinta-alaa rakennuksella on hieman yli 100 m² ja ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti. Kiinteistössä on kaksi makuuhuonetta, iso keittiön ja olohuoneen yhdistelmä sekä tilava eteinen ja vessa (kuva 6).



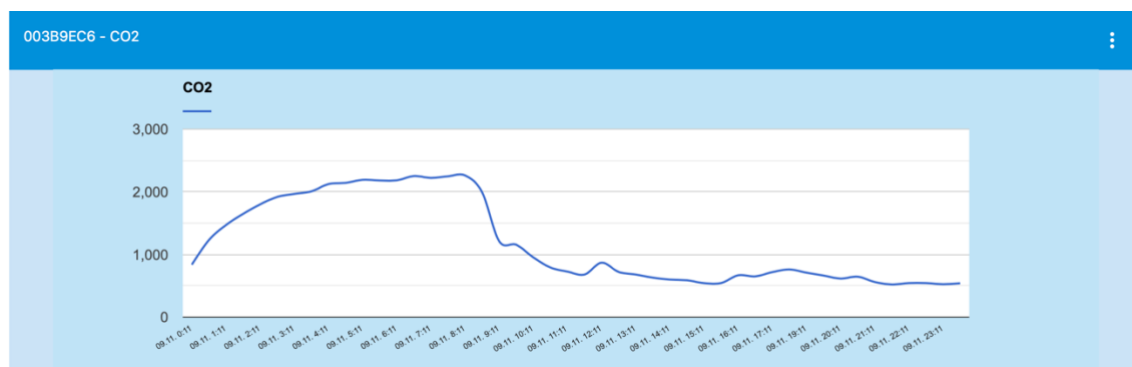
Kuva 6. Pohjapiirustus

Talon asukkaat tunsivat huonovointisuutta, päänsärkyä, hengenahdistusta, väsymystä sekä nukkumisvaikeuksia. Kiinteistössä epäiltiin olevan kosteusvaurioita, minkä vuoksi huoneisiin tehtiin sisäilman laadun mittaus. Mittaustulosten perusteella pystyttiin todentamaan, että painovoimainen ilmanvaihto ei toiminut asunnossa riittävällä tasolla, mikä aiheutti ongelmia ilman laadussa ja samalla pystyttiin paikantamaan kosteusvaurioiden syyt. Kyseiseen kohteeseen ei ole tehty sisäilmaremonttia, minkä vuoksi saatavilla oli ainoastaan yhden mittaustulokset.

5.5.1 Mittaustulokset

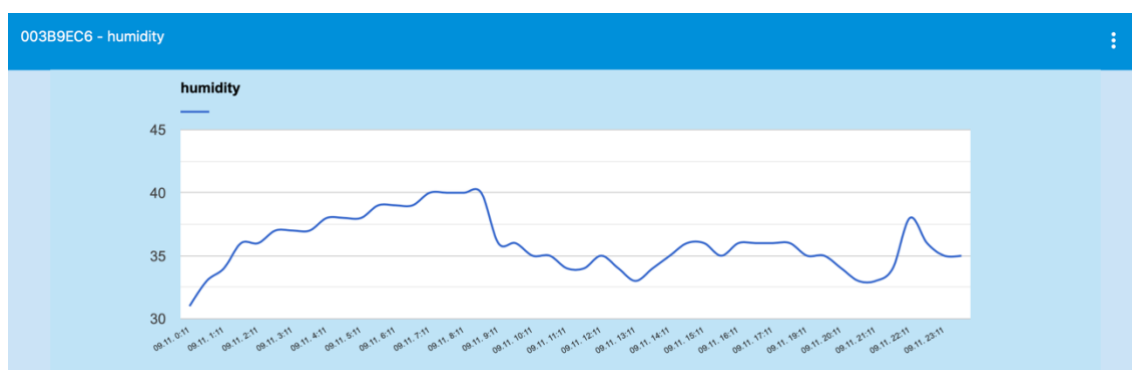
Saadut mittaustulokset (Kuva 9) osoittavat sisäilman laadun olevan annettujen rajojen sisällä päiväsaikaan, kun makuuhuone ei ole suurella käytöllä. Käyrän perusteella kuitenkin pystytään olettamaan, että asukkaat ovat menneet makuuhuoneeseen noin kello 23:00 aikaan, minkä seurauksena hiilidioksidin määrä ilmassa alkaa tasaisesti nousemaan yli sallittujen lukemien. Kello 01:11 jälkeen voidaan todeta, että sisäilman laatu on heikentynyt merkittävästi ja käyrä on noussut yli suositusten. Käyrän ylittäessä yli 1500 ppm huoneen ilman laatu on jo ylittänyt kriittisen pisteen (Kuva 10), joka saavutetaan melko varhaisessa vaiheessa mittausta. Aamulla kello 8:11 aikaan tulokset ovat jo yli 2200 ppm,

minkä jälkeen voidaan olettaa, että henkilöt poistuvat huoneesta ja samalla ilman laatu alkaa paranemaan huoneessa. Päivän aikana hiilidioksidin määrä tasaantuu ja pysyy 500-1000 ppm välissä iltaan saakka.



Kuva 9. Mittaustulokset CO₂

Ilmankosteuden mittaustulos (Kuva 10) noudattaa samanlaista trendiä kuin CO₂ mittaukset. Käyrä nousee voimakkaasti kello 0:11-2:11 välisenä aikana, minkä jälkeen nousua tapahtuu tasaisemmin kello 8:11 asti, milloin ilmankosteus ylittää 40 %. Kuten CO₂ mittausten (Kuva 9) perusteella voitiin olettaa, asukkaat poistuvat huoneesta ja samalla myös ilmankosteus laskeutuu merkittävästi huoneessa. Päivän aikana mittaustulokset heittelevät 35 % molemmin puolin.

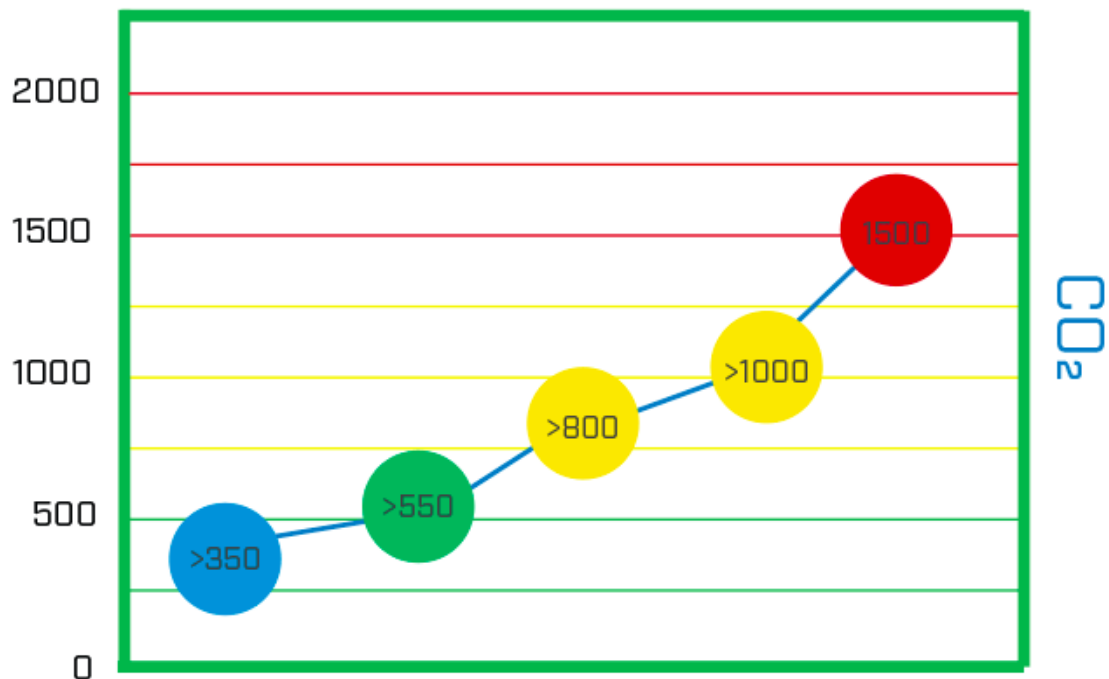


Kuva 10. Mittaustulokset ilmankosteus.

5.5.2 Mittaustulosten analysointi

Tehtyjen mittausten perusteella voidaan todeta, että ilmanlaatu täyttää määrätyt arvot vain silloin kun asukas ei vietä pidempiä aikoja makuuhuoneessa. Sisäilman laadun tavoitearvo S3 kohdalla on alle 800 ppm, mikä mahdollisesti ylitetään myös päivällä mittaustuloksen (Kuva 9) perusteella klo: 12:11 aikaan.

Alla olevasta taulukosta (Kuva 11) nähdään hiilidioksidiluokituksen mukaiset sisäilman enimmäisarvot, josta selkeästi voidaan päätellä, että yöllä sisäilman laatu laskee reilusti alle suositusten. Mittaustuloksia voidaan käsitellä hieman kriittisesti ja kyseenalaistaa niiden tarkkuutta, koska eri tekijät vaikuttavat saatuun tulokseen, mutta tässä tapauksessa ilman CO₂ tasot ylittävät alla olevan kuvan taulukon arvot (Kuva 11). Talon ilmavaihtoa tulisi ehdottomasti tehostaa varsinkin makuuhuoneessa. Voidaan olettaa, että sisäilman huonolla laadulla on kyseisessä tapauksessa vaikutusta ainakin yöunien laatuun sekä mahdollisesti myös muita terveydellisiä vaikutuksia (SisäilmaCenter 2020 F.)



Kuva 11. Hiilidioksidiluokituksen mukaiset sisäilman enimmäisarvot (SisäilmaCenter 2020 F)

Mittauksesta (kuva 10) saadut ilmankosteuden arvot eivät poikkea merkittävästi suosituksista. Mahdolliset muutokset ilmankosteudessa voivat aiheutua mm. ruuan laitosta ja pyykin pesemisestä, mutta tässä tapauksessa näillä ei todennäköisesti ole ollut suurta vaikutusta tuloksiin. Asunnosta löydettiin kosteusvaurioita, vaikka mittaustulokset eivät näyttäneet ilmankosteudessa hälyttäviä merkkejä. Osasyynä tähän voi olla mittauksen ajankohta. Talvella huoneilman on hieman kuivempaa kuin kesällä ja ilmankosteus on noin 40% luokkaa. Kovilla pakkasilla ilmankosteus voi laskea jopa alle 20%. Kesällä

ilmankosteus on korkeampi ja osuu yleensä 50-70% välille. Rakenteisiin on hyvä tehdä tarkempia mittauksia, jos niissä epäillään olevan kosteusvaurioita. Mittaukset voidaan suorittaa pintamittauksina tai rakenteiden sisältä. (Hengitysliitto 2020 C.)

6 POHDINTA

Sisäilmaan laatuun ja sen terveysvaikutuksiin liittyvät asiat ovat mielestäni erittäin ajankohtainen aihe, minkä kehittämiseen tullaan varmasti tulevaisuudessa panostamaan paljon. Ilmaston muuttuessa lämpimämmäksi ja samalla myös ilman saasteiden aiheuttamat vaikutukset pakottavat tutkijoiden suhtautumaan vakavasti asiaan, että tulevaisuudessakin voidaan varmistaa terveellinen sisäilman laatu ja mahdollisimman hyvät asumisolosuhteet. Huono sisäilman laatu voi vaikuttaa varsinkin riskiryhmien, kuten hengityssairauksista kärsivien ihmisten elämään merkittävästi.

Opinnäytetyössä kohteiksi valittujen rakennusten mittaustulokset osoittavat, että ilmanvaihdon tehostamisella voidaan vaikuttaa sisäilman laatuun. Talon omistajalle tehdyn kyselyn mukaan sisäilman laatu on parantunut remontin jälkeen rakennuksessa ja remontin jälkeen on oltu tyytyväisiä. Aikaisemmin kohteissa on jouduttu tuulettamaan huoneita, koska ilman vaihtuminen ei ole ollut riittävää ennen remonttia. Tehdyn haastattelun mukaan talossa asuvien henkilöiden oireet, kuten päänsärky, huonovointisuus, nukkumiseen liittyvät vaikeudet ovat vähentyneet. Ilmanvaihdon heikkouteen rakennuksissa voi olla eri syitä, mutta mitä molempia kiinteistöjä yhdistää on se, että ilmanvaihto on suunniteltu alun perin painovoimaiseksi.

Tutkimustyötä tehdessä suuria ongelmia aiheutui Koronan aiheuttamista seurauksista. SisäilmaCenter Oy:n työkanta väheni merkittävästi juuri sillä hetkellä, kun tarkoitukseni oli alkaa tekemään tutkimuksia kohteista. Tämän vuoksi jouduin tekemään tutkimukset SisäilmaCenter Oy:n vanhoista kohteista, mistä tietoa löytyi erittäin vajavaisesti. Alun perin tarkoitus oli käydä tutustumassa kohteisiin paikan päällä ja dokumentoida remontin alku- ja loppuvaihe sekä analysoida mittaukset ennen ja jälkeen remontin. Myös haastattelun toteuttaminen kasvotusten asiakkaan kanssa olisi mahdollisesti antanut tarkemman kuvan lähtötilanteesta ja lopputuloksesta. Ensimmäisen kohteen remontti on toteutettu vuonna 2019, minkä seurauksena tuntemukset ilman laadusta ovat voineet muuttua alkuperäisestä.

Ensimmäisestä kohteesta saatu mittaustulos (Kuva 7) on epäselkeä verrattuna kohteen kaksi (Kuva 9 ja Kuva 10) tuloksiin. Kohteen kaksi mittaustuloksista on helpompi lukea, kuinka mittaustulokset ovat vaihdelleet yhden vuorokauden sisällä. Ensimmäisen kohteen pitkä aikaväli sekä suuret heitot käyrässä vaikeuttavat sen tulkitsemista. Tuloksesta ei voitu saada varmuutta, missä vaiheessa mittauslaite on ollut kiinteistössä. Alkuperäinen tarkoitus oli saada samanlainen taulukko kuin kohteen kaksi mittauksissa kiinteistöistä minne on tehty ilmanvaihtoremontti. Tämän avulla tulosten vertaaminen olisi ollut selkeämpää.

Mahdollisia jatkotutkimuksia mietittäessä olisi hyvä panostaa mittauslaitteeseen, mikä antaa myös muita mittaustuloksia kuin CO₂ ja kosteusarvoja, kuten VOC -yhdisteitä ja radonarvoja. Tämän avulla saadaan enemmän vertailukohteita, mitä voidaan hyödyntää ennen ja jälkeen tehtävässä mittauksessa. Mittarin sijoituspaikka tulisi myös miettiä tarkasti, minkä avulla mittaustuloksista saadaan mahdollisimman paikkaansa pitävät. Myös mittaustulosten saaminen useammasta kohteesta antaisi paremmat lähtökohdat tulosten vertailuun. Sisäilmaremontin jälkeen on mahdollista laskea keskiarvoja kuinka paljon eri arvot ovat laskeneet kohteiden välillä ja miten suuri hyöty ilmanvaihdon tehostamisesta on saatu. Eri ilmanvaihtoratkaisujen avulla voidaan saada isompia vaikutuksia laadun parantamiseen, mikä antaisi tutkimuksien tekemiseen lisää vertailtavaa.

7 LÄHTEET

Harjula, L 2015. Millainen on energiatehokkuuden tulevaisuus? Varsinais-Suomi. Blogi 08.10.2015. Viitattu 8.3.2020
<https://www.varsinais-suomi.fi/fi/blogi/item/65-millainen-on-energiatehokkuuden-tulevaisuus>.

Hekkanen, M. Kilpeläinen, M. & Seppälä, P. 2006. Pientalon tekninen laatu. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hengitysliitto 2020 A. Ilmanvaihtojärjestelmät. Viitattu 17.03.2020
https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat?gclid=Cj0KCQjwjcfzBRCHARIsAO-1_OqjMCCNAZ4K0gWd7aCUscFHwmr90qJI5nbiGjOR1FAJ4PMAofB4pe8aAjTwEALw_wcB.

Hengitysliitto 2020 B. VOC yhdisteet. Viitattu 13.3.2020
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautudet/voc-yhdisteet>.

Hengitysliitto 2020 C. Sisäilman kosteus ja lämpötila. Viitattu 10.04.2020
<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/sisailman-kosteus-ja-lampotila>.

Huttunen, K 2015. Sisäilma ja terveys. Itä-Suomen Yliopisto: Ympäristötieteen laitos. Viitattu 10.3.2020
https://www.avi.fi/documents/10191/5004708/Kati+Huttunen_Jns.pdf/4e05f60b-2d3a-48d2-afee-b282ec1693e0.

Lampi, J. & Pekkanen, J. 2018. Terve ihminen terveissä tiloissa. Helsinki: Suomen Yliopistopaino Oy. Viitattu 25.02.2020
http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137064/THL_RAP2018_8_sis%c3%a4ilma%20ja%20terveys_WEB_250319pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Lingren, S. 2018. Tulevaisuuden rakentaminen. SAMK. Viitattu 11.3.2020
<https://tulevaisuudenrakentaminen.samk.fi/2018/12/19/rakennusten-ilmanvaihdosta-energiankulutuksen-nakokulmasta/>.

Rakentaja.fi 2020. Mitä on painovoimainen ilmanvaihto. Viitattu 25.04.2020
https://www.rakentaja.fi/artikkelit/14429/mita_on_painovoimainen_ilmanvaihto_suomen_terveysilma.htm.

RT 2018. Rakennustietosäätiön ohjetiedosto 07-11299. Sisäilmaluokitus 2018. Rakennustietosäätiö.

Sisäilmauutiset 2015. Katseet kalusteiden M1 luokitukseen. Viitattu 25.4.2020
<https://www.sisailmauutiset.fi/maaraykset/katseet-kalusteiden-m1-luokitukseen/>.

Sisäilmayhdistys Ry 2020. Epäiletkö sisäilmaongelmaa asunnossasi? Viitattu 10.3.2020

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Mista-apua-sisailmaongelmiin/Epäiletko-sisailmaongelmaa-asunnossasi>.

Sisäilmayhdistys Ry 2018 B. Sisäilmastoluokitus 2018. Viitattu 03.05.2020

<http://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/3950/25442/ver->.

SisäilmaCenter 2020 A. Alipaine vai ylipaine? Viitattu 15.3.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/kodin-sisailma-ja-ilmanvaihto/alipaine-vai-ylipaine>.

SisäilmaCenter 2020 B. Fresh Air Beeta. Viitattu 15.3.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/ilmanvaihtoremontti/fresh-air-beeta>.

SisäilmaCenter 2020 C. Fresh Air Omega. Viitattu 15.3.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/ilmanvaihtoremontti/fresh-air-omega>.

SisäilmaCenter 2020 D. Fresh Air Alfa. Viitattu 15.3.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/ilmanvaihtoremontti/fresh-air-alfa>.

SisäilmaCenter 2020 E. Fresh Air Delta. Viitattu 15.3.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/Ilmanvaihtoremontti/fresh-air-delta>.

SisäilmaCenter 2020 F. Hiilidioksidipitoisuus on yksi sisäilman mittareista.

Viitattu 10.4.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/kodin-sisailma-ja-ilmanvaihto/Hiilidioksidipitoisuus-on-yksi-sis%C3%A4ilmanlaadun-mittareista>.

SisäilmaCenter 2020 G. Fresh Air CO₂ käyttöopas. Viitattu 03.05.2020

<https://www.sisailmacenter.fi/application/files/9915/3725/9542/kaytto-ohjeet.pdf>.

Sosiaali- ja terveysministeriö 2020. Ympäristöyliherkkyydet. Viitattu 10.3.2020

<https://stm.fi/ymparistoherkkyydet>.

Suomi rakentaa 2018. Ilmanvaihto on talon keuhkot. Viitattu 28.03.2020

<https://www.suomirakentaa.fi/korjaaja/korjausrakentaminen-ja-suunnittelu/puhdas-sisailma-on-talon-tarkein-osa>.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020 A. Miten sisäilma vaikuttaa ihmisen terveyteen? Viitattu 9.3.2020

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/miten-sisailma-vaikuttaa-ihmisten-terveyteen->.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020 B. Sisäilmakyselyillä mitattuun oireiluun vaikuttavat monet tekijät Viitattu 7.3.2020

https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/miten-sisailma-vaikuttaa-ihmisten-terveyteen-/sisailmakyselyilla-mitattuun-oireiluun-vaikuttavat-monet-tekijat#Nissila_2019.

Valvira 2016. Sisäilman kemikaalit. Viitattu 2.3.2020

<https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit>.